

Análisis de dos canales principales y aproximación a la modelización mediante la utilización de HEC-RAS, en el sistema de riego del embalse Las Pirquitas en la provincia de Catamarca, Argentina

Analysis of two main channels and approach to modeling through the use of HEC-RAS, in the irrigation system of the Las Pirquitas reservoir in the province of Catamarca, Argentina

1

Pablo Enrique Demín

Resumen

En la provincia de Catamarca, una de las principales fuentes de agua es el dique de embalse Las Pirquitas, el cual posee un sistema de distribución de agua para riego mediante canales. Dos de los cuales son los más importantes. Uno de ellos es el canal Principal del Este y el otro es el canal que abastece a las colonias de riego. Estos canales, esquemáticamente se dividieron en tramos independientes entre sí, en los cuales se realizaron los aforos, permitiendo tener información hidrométrica de estos canales, como ser dimensiones de las secciones en los canales, velocidad del agua, caudales, etc. Complementariamente con esta información se realizó una aproximación a la modelización mediante el programa HEC-RAS en los tramos analizados. Como conclusiones, las velocidades del agua son importantes en el canal Principal del Este, a considerar para presurización por gravedad, principalmente en derivaciones a canales secundarios'. Por otro lado, el canal de las colonias el cual posee buenas condiciones para determinaciones hidrométricas, con la incorporación a futuro de una mayor cantidad de información en el programa HEC-RAS permitirá tener una adecuada modelización.

Palabras claves: agua, canales, riego, modelización

Abstract

In the province of Catamarca, one of the main sources of water is the Las Pirquitas reservoir dam, which has a water distribution system for irrigation through canals. Two of which are the most important. One of them is the Principal del Este canal and the other is the canal that supplies the irrigation colonies. These canals were schematically divided into sections independent of each other, in which the gauging was

carried out, allowing hydrometric information of these canals to be obtained, such as dimensions of the sections in the canals, water speed, flows, etc. In addition to this information, an approximation to modeling was carried out using the HEC-RAS program in the sections analyzed. As conclusions, water velocities are important in the Principal del Este canal, to be considered for pressurization by gravity, mainly in derivations to secondary canals'. On the other hand, the canal of the colonies, which has good conditions for hydrometric determinations, with the future incorporation of a greater amount of information in the HEC-RAS program, will allow for adequate modeling.

Keywords: water, canals, irrigation, modeling

Introducción

En la provincia de Catamarca, particularmente en la zona centro de la misma, una de las principales fuentes de agua es el dique de embalse Las Pirquitas, el cual regula los caudales del río Del Valle. Este dique posee un sistema de distribución de agua para riego mediante canales y está compuesto por tres canales principales, dos de los cuales son los más importantes por la superficie que riegan, por el caudal que transportan y por la longitud que poseen. Uno de ellos es el canal Principal del Este que posee 23 km, con una antigüedad de cincuenta y seis años y el otro es el canal que abastece a las colonias que posee 38 km y de construcción más reciente. Estos dos canales están revestidos en toda su extensión y en su trayecto atraviesan rutas, zonas rurales y urbanas.

Se puede comprender que en general, el desarrollo de las comunidades va acompañado de la evolución de tecnologías de conducción y otras obras hidráulicas. Correo Pacheco (2019), menciona la importancia del agua en la vida y en las sociedades, además de como el ser humano fue modificando los cauces naturales y construyendo obras hidráulicas para optimizar el uso del agua. Este autor señala también que durante siglos se desarrollaron complejos cálculos que permiten definir y estudiar la hidráulica y sus principios con minuciosidad.

Por lo tanto, dentro del estudio de los principios hidráulicos, el presente trabajo pretende aportar a la investigación mediante el análisis del comportamiento hidráulico de dos canales principales del sistema de riego mencionado anteriormente complementado con un avance en la modelización mediante la utilización del programa HEC-RAS.

Objetivo

3

Evaluación de las características hidráulicas e hidrométricas y utilización del programa HEC-RAS para una aproximación a la modelización hidráulica de los dos canales principales del sistema de riego del embalse Las Pirquitas, en la provincia de Catamarca.

Material y métodos

Ubicación

El canal Principal del Este (línea color rojo) inicia a $28^{\circ}17'31,99''$ de latitud sur y $65^{\circ}43'37,11''$ de longitud oeste, a partir del canal matriz, el cual capta el agua en el dique derivador ubicado en Pomancillo, a pocos kilómetros del dique de embalse Las Pirquitas. Esta zona corresponde al departamento Fray Mamerto Esquiú y su recorrido continúa hasta el departamento Valle Viejo, a los $28^{\circ}28'12,30''$ de latitud sur y $65^{\circ}44'38,69''$ de longitud oeste. Por otro lado, el canal que abastece a las colonias de riego (línea color amarillo) del departamento Capayán inicia en el dique derivador de Payahuayco, alrededor de 13 km aguas abajo del dique de embalse Las Pirquitas, a los $28^{\circ}23'07,64''$ de latitud sur y $65^{\circ}43'40,48''$ de longitud oeste, donde el agua es captada del río Del Valle (línea color azul) y conducida por este canal, el cual, posterior a atravesar el departamento Valle Viejo, finaliza en las colonias de riego en el departamento Capayán (Figura 1).

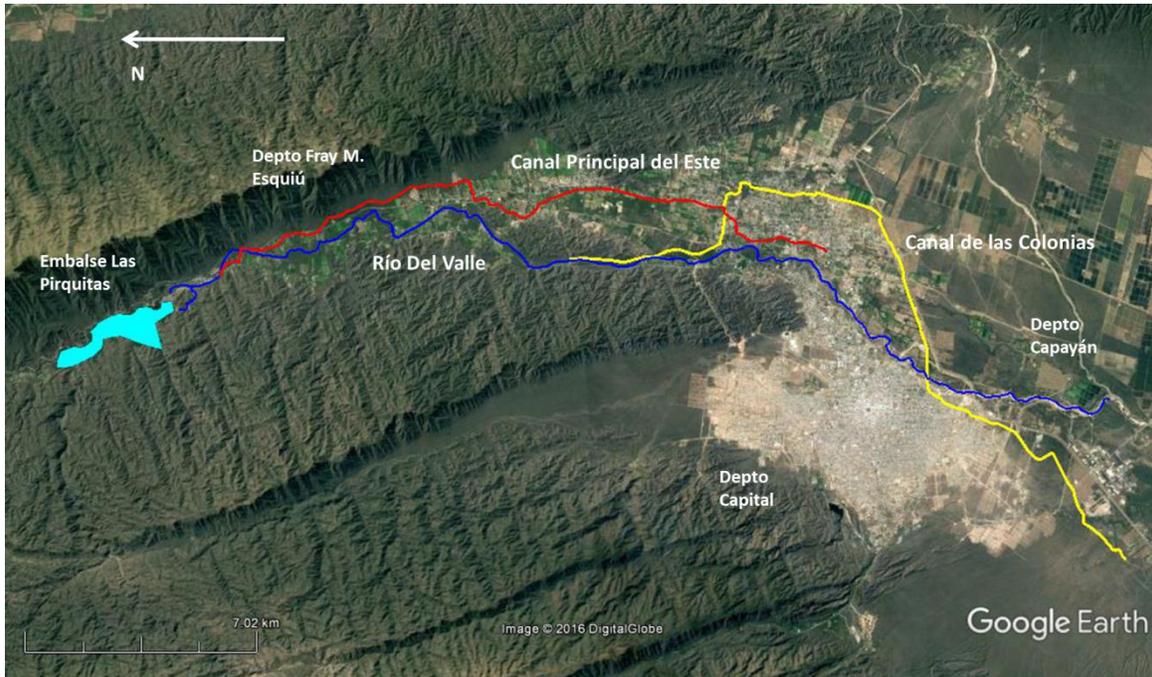


Figura 1. Ubicación de los dos canales principales del sistema de riego del embalse Las Pirquitas. Fuente: Elaboración propia a través de GoogleEarth

Esta zona, de clima árido posee una temperatura media anual de 21.4°, con una precipitación anual promedio de 300-400 mm concentrada en la época estival, correspondiendo la zona con mayor precipitación y una menor temperatura a la zona de captación que es en la serranía. La evapotranspiración potencial es de alrededor de 1600 mm (Karlin et al., 2013). Los suelos son francos, franco-arenosos o franco-limosos (Panigatti, 2010).

Mediciones

Como metodología para medir con una mayor precisión, considerando que estos canales poseen longitudes importantes (el canal Principal del Este con 23 km y el canal de las colonias con 38 km), se procedió a dividir esquemáticamente los dos canales en puntos y se consideró que dos puntos forman un tramo. Se tuvo en cuenta la precaución de que no existan incrementos de caudal o derivaciones hacia canales secundarios. En cada tramo se realizó la medición de caudales, considerando los tramos independientes entre sí.

Las mediciones de caudales se efectuaron con el método de cálculo de sección y velocidad (Basán, 2008), por vadeo, dividiendo

esquemáticamente cada sección del canal en subsecciones. El cálculo de la sección transversal del canal se realizó con ruleta y planchuela de hierro graduada (CVC, 2002), para utilizar como escala introduciéndola en el canal, con la previsión de dividir la sección del canal en varias subsecciones para tener mayor precisión, principalmente por la razón que los canales en esta zona comúnmente son de sección trapecial. La velocidad del agua se calculó con un velocímetro marca SIAP 373, previamente calibrado y en cada medición se utilizó la hélice correspondiente a la velocidad del agua del canal. Cada medición de velocidad del agua se repitió tres veces para utilizar un valor promedio de velocidad del agua.

En el canal Principal del Este la velocidad del agua se midió a la profundidad de 0.6 desde la superficie del agua, debido a que en general es un canal con una baja profundidad. A diferencia en el canal de la colonia que es de una mayor profundidad, se midió la velocidad de agua a 0.2 y a 0.8 desde la superficie para promediar ambas y comparar estos valores con la velocidad medida a la profundidad de 0.6 desde la superficie.

Esquema de la determinación del caudal por sección y velocidad en los puntos medidos

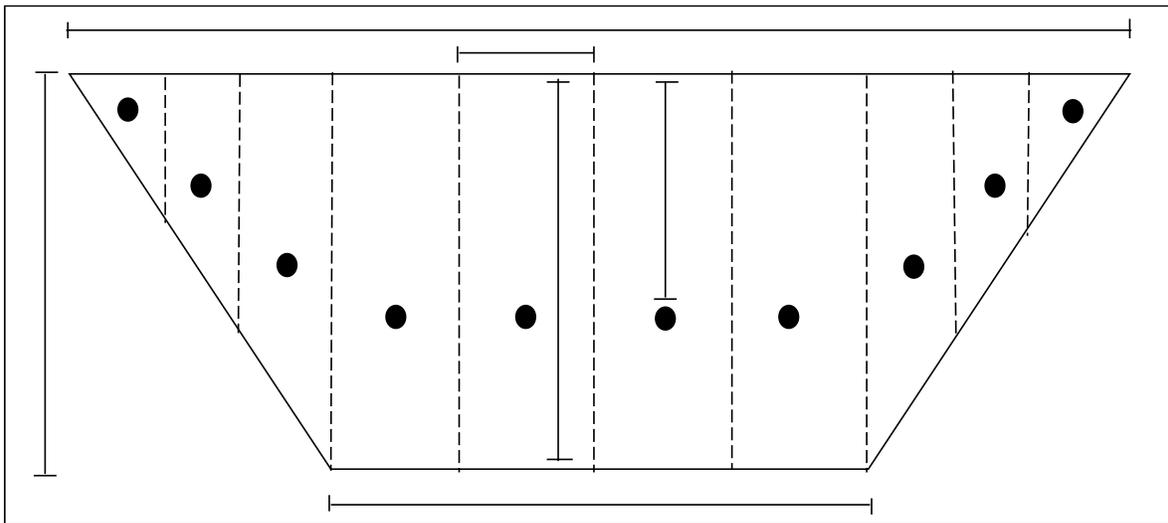


Figura 2. Mediciones de la velocidad a 0,6 de profundidad en cada punto de medición del canal Principal del Este (poco profundo)

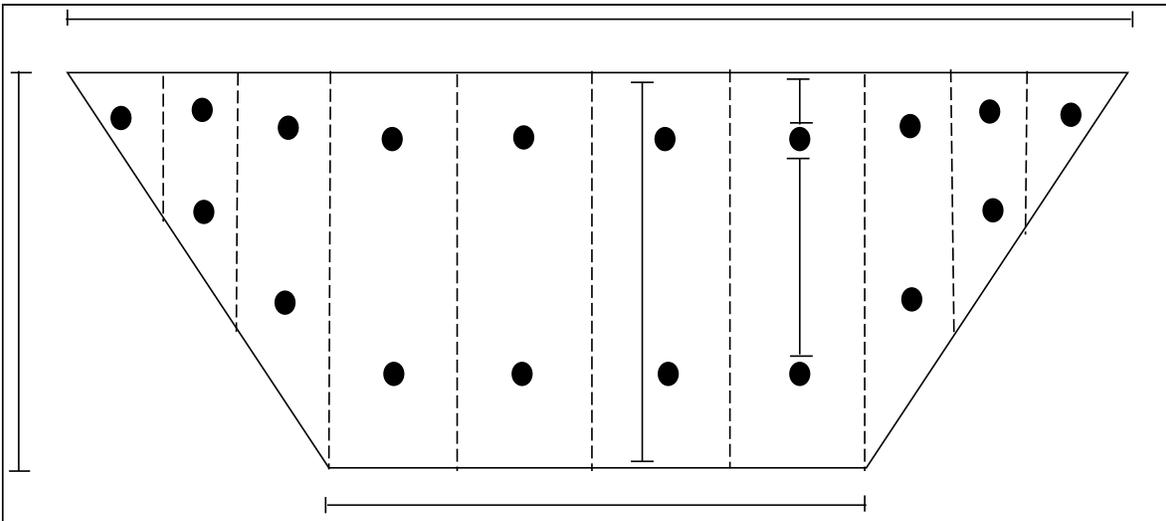


Figura 3. Mediciones de la velocidad a 0,2 y 0,8 de profundidad en cada punto de medición del canal de las colonias (canal más profundo)

Estos valores sirvieron además para utilizar en la modelización mediante el programa HEC-RAS analizando las secciones analizadas y por último para realizar una aproximación a la modelización en cada tramo estudiado, en este último caso se utilizaron los valores de caudal.

Modelización

En cada tramo de canal se realizó la modelización mediante el programa de simulación HEC-RAS. Esto se efectuó en todos los tramos de los dos canales principales

Se utilizaron los datos geométricos con sus respectivos datos de caudales necesarios para que pueda funcionar el programa HEC-RAS.

A continuación los parámetros introducidos en el programa, mencionadas, entre otros, por Sanchez San Román (2007).

Dibujo del canal

Secciones transversales que incluye:

Geometría del canal: las cotas del canal, los valores de n de Manning, distancia aguas abajo, pendiente.

Flujo: caudales, tipo de régimen.

Condiciones de contorno: Se utilizó altura de la superficie de agua conocida o en algunos casos se utilizó la profundidad crítica.

En la ejecución del programa, a lo largo de cada tramo de canal, debido al incremento o disminución de la pendiente, presencia de cambios de sección y de curvas, fue solicitado interpolar, por lo tanto se incrementó

el número de secciones transversales para poder ejecutar correctamente el programa.

Resultados y análisis

7

Resultados de las determinaciones in situ de velocidad media y de la sección del agua en los puntos de cada tramo, en los dos canales principales. En la simulación se utilizaron los valores obtenidos de caudales en la entrada de cada tramo ya que el programa permite un solo valor de caudal de caudales. Cabe aclarar que cada tramo no posee derivaciones a canales secundarios, por lo tanto los valores pueden ser debido a errores propios del método de determinación de caudal por sección y velocidad. Se adjunta también la determinación del número de Froude.

Tabla 1. Canal Principal del Este

Aforo en trayectos del canal Principal del Este					
	1	2	3	4	5
Latitud (Sur)	28°17'34,92"	28°21'28,55"	28°22'06,30"	28°23'22,14"	28°26'38,40"
Longitud (Oeste)	65°43'21,39"	65°42'17,36"	65°42'44,51"	65°42'18,87"	65°43'21,74"
Caudal (m ³ /seg)	1,681	1,018	1,081	0,861	0,738
Latitud (Sur)	28°21'12,49"	28°22'06,30"	28°23'13,21"	28°24'11,35"	28°27'31,38"
Longitud (Oeste)	65°42'08,79"	65°42'44,51"	65°42'19,54"	65°42'25,86"	65°43'37,93"
Caudal (m ³ /seg)	1,474	0,965	0,929	0,749	0,621
Distancia (Km)	6,8	1,7	2,4	1,6	1,8

Tabla 2. Resultados de las determinaciones de velocidad, sección y número de Froude en los puntos muestreados

Tramo		Velocidad media (m/s)	N° de Froude	Área de la sección (m²)	Régimen
1	Inicio	2.249	0.987	0.773	Crítico
	Final	0.868	0.388	1.752	Subcrítico
2	Inicio	1.733	1.06	0.546	Supercrítico
	Final	0.520	0.238	1.910	Subcrítico
3	Inicio	0.593	0.269	1.957	Subcrítico
	Final	0.498	0.239	1.826	Subcrítico
4	Inicio	0.968	0.563	0.918	Subcrítico
	Final	1.943	1.534	0.439	Supercrítico
5	Inicio	0.942	0.519	0.773	Subcrítico
	Final	0.946	0.535	0.600	Subcrítico

El régimen es estimado según las determinaciones en cada punto de medición, por lo tanto, con estas determinaciones no se puede conocer el régimen a lo largo de cada tramo.

Canal de las Colonias

El tramo 3 inicia en el mismo punto que el tramo 2 pero termina a una distancia mayor, es decir abarca más. El tramo 5 es general, es decir abarca a los otros. El tramo 4 inicia a la mitad del tramo 3 y finaliza en el mismo punto que el tramo 5

Tabla 3. Canal de las colonias

Aforo en trayectos del canal de las colonias					
	1	2	3	4	5
Latitud (Sur)	28°25'47,20"	28°27'33,92"	28°27'33,92"	28°29'04,70"	28°25'45,02''
Longitud (Oeste)	65°42'38,70"	65°42'31,78"	65°42'31,78"	65°45'12,40"	65°43'14,45''
Caudal (m ³ /seg)	1,955	1,637	1,486	1,757	1,566

Latitud (Sur)	28°27'33,9 2"	28°28'26,05' '	28°30'04,32" '	28°32'23,86 '	28°32'23,86'' '
Longitud (Oeste)	65°42'31,7 8"	65°42'55,55' '	65°46'58,10" '	65°49'44,10 '	65°49'44,10'' '
Caudal (m ³ /seg)	1,987	1,661	1,517	1,632	1,551
Distancia (Km)	3,9	5,7	9,8	11,3	21,3

9

Tabla 4. Resultados de las determinaciones de velocidad, sección y número de Froude en los puntos muestreados

Tramo		Velocidad media (m/s)	N° de Froude	Sección (m ²)	Régimen
1	Inicio	1.36	0.569	1.43	Subcrítico
	Final	0.83	0.303	2.47	Subcrítico
2	Inicio	0.81	0.309	2.15	Subcrítico
	Final	1.01	0.408	1.82	Subcrítico
3	Inicio	0.78	0.299	2.07	Subcrítico
	Medio	0.72	0.277	2.03	Subcrítico
	Final	0.81	0.329	1.89	Subcrítico
4	Inicio	0.74	0.274	2.43	Subcrítico
	Final	0.74	0.286	2.17	Subcrítico
5	Inicio	1.73	0.835	0.91	Subcrítico
	Medio	0.96	0.40	1.84	Subcrítico
	Final	0.92	0.382	1.69	Subcrítico

El régimen en este caso es estimado según las determinaciones en cada punto de medición, por lo tanto, con estas determinaciones no se puede conocer el régimen a lo largo de cada tramo.

Resultados de las simulaciones

Los resultados de la simulación permitieron modelizar las secciones de los extremos en cada tramo y además en forma general en el tramo. Cabe aclarar que los resultados de esta simulación sirven para tener

información complementaria del comportamiento del fluido acompañado de una aproximación a la modelización y no comparar los resultados de las mediciones con la modelización. Cabe aclarar, asimismo que debido a que a lo largo de los dos canales, al existir una elevada presencia de curvas, gran cantidad de cambios de sección y de cambios de pendiente, para modelizar en forma exacta sería necesario mayor cantidad de información.

Canal Principal del Este

En este canal, al simularlo por primera vez arroja estos mensajes: En el tramo 1 al ejecutarlo en supercrítico, el mensaje que arroja al principio puede ser posiblemente debido a cambio de régimen. Las otras alternativas que se realizaron como ser modificando las condiciones de contorno como calado crítico y calado normal no resultaron viables, arrojando errores también.

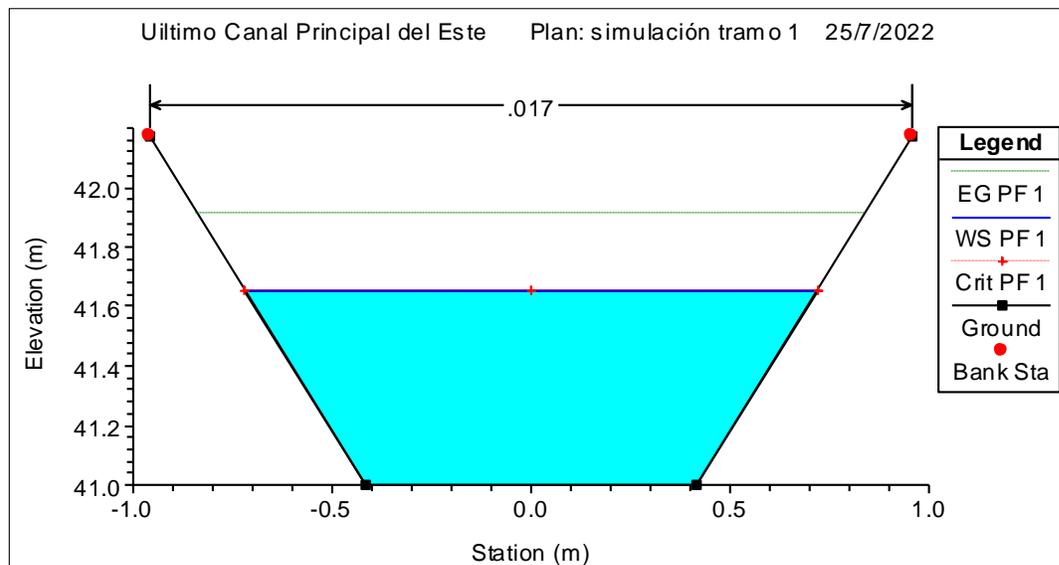


Figura 4. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

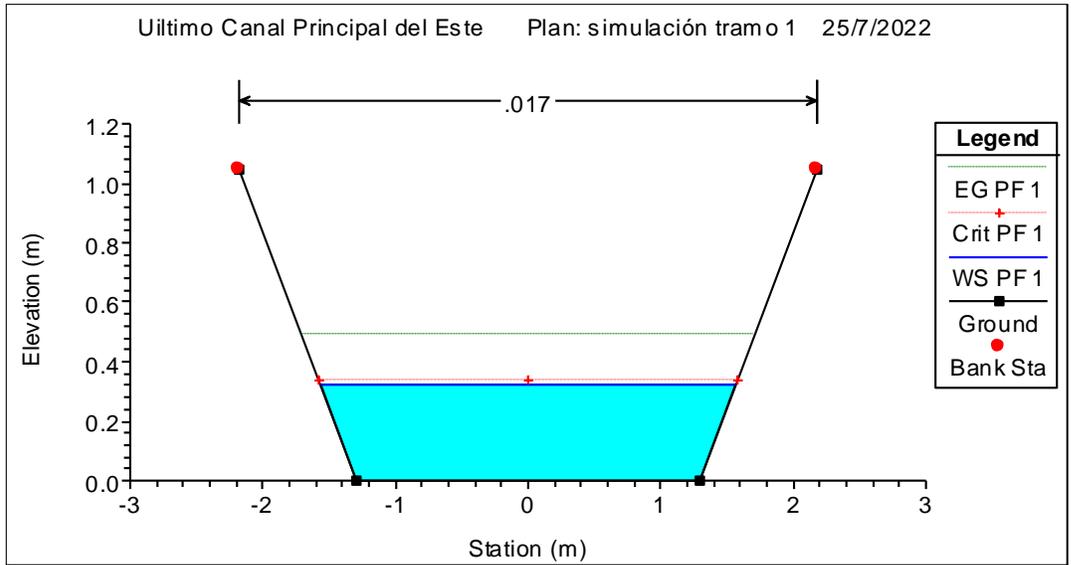


Figura 5. Datos geométricos de la sección final en el tramo

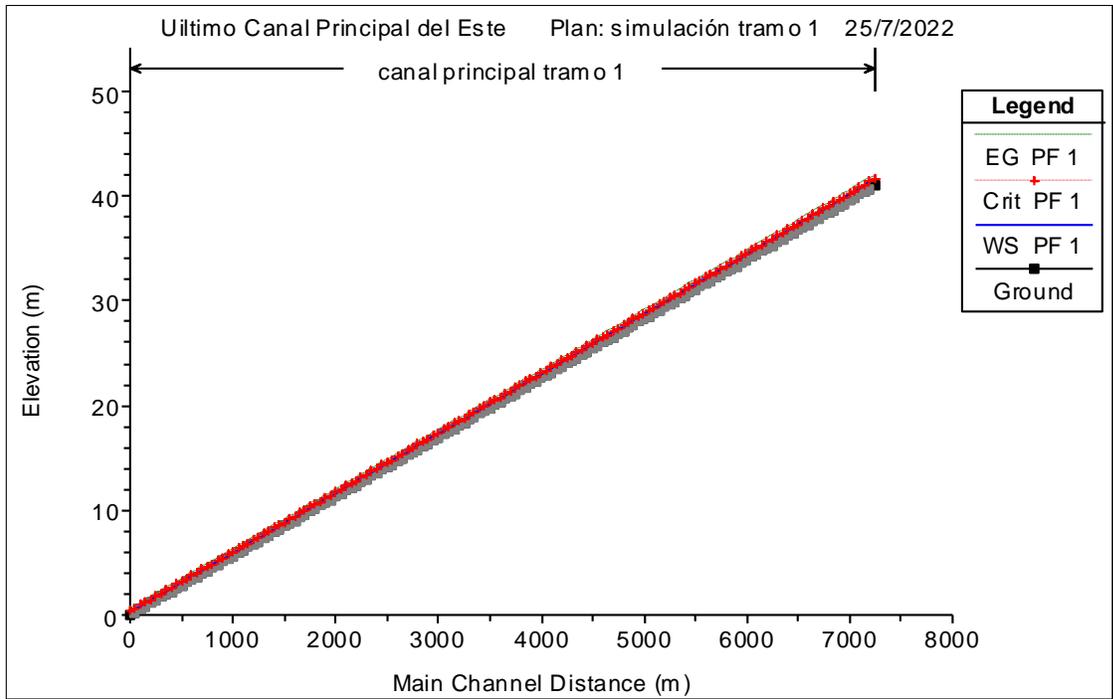


Figura 6. Perfil del nivel de agua

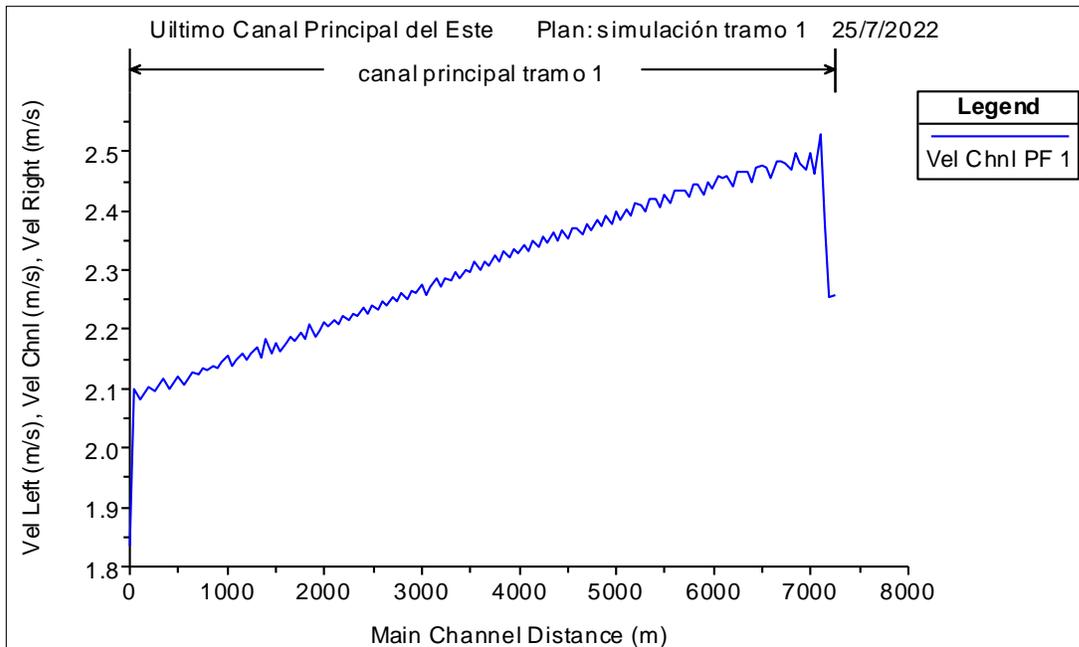


Figura 7. Perfil general-velocidades

En el tramo 2 al ejecutarlo en supercrítico solicita un mayor número de secciones. Con un mayor número de secciones muestra que continúan existiendo errores. Aquí en el programa se muestra que la profundidad del agua es de aproximadamente 20 cm cuando medida in situ el valor es de 63 cm, debido posiblemente a cambios en el régimen de flujo donde el programa por default produce este cambio.

Probando en régimen mixto y además agregando un mayor número de secciones demostró que existen errores como ser la presencia de un resalto hidráulico y que además necesita un mayor número de secciones, todo esto posiblemente a cambios en la diferencia de régimen.

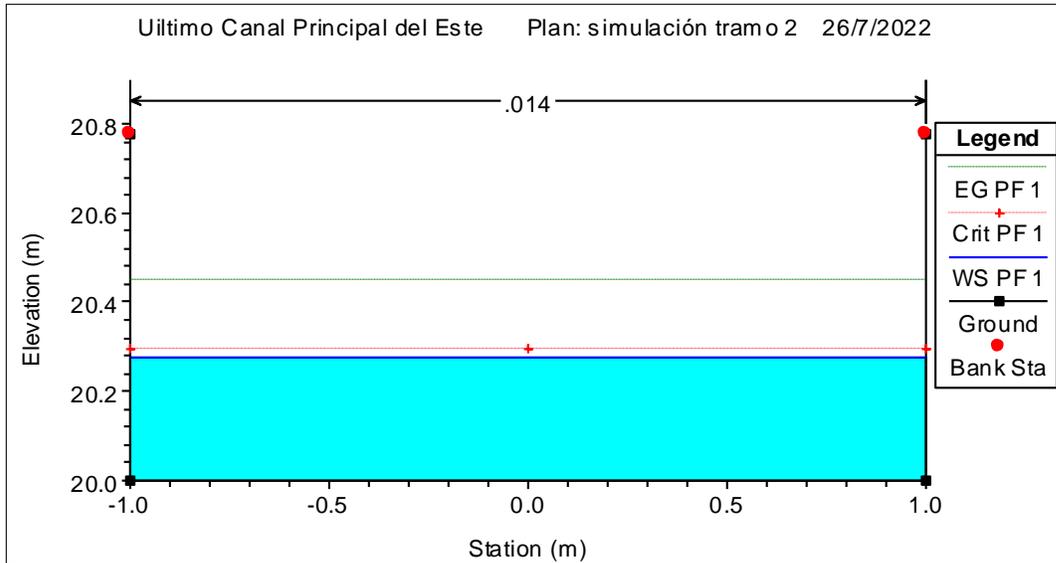


Figura 8. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

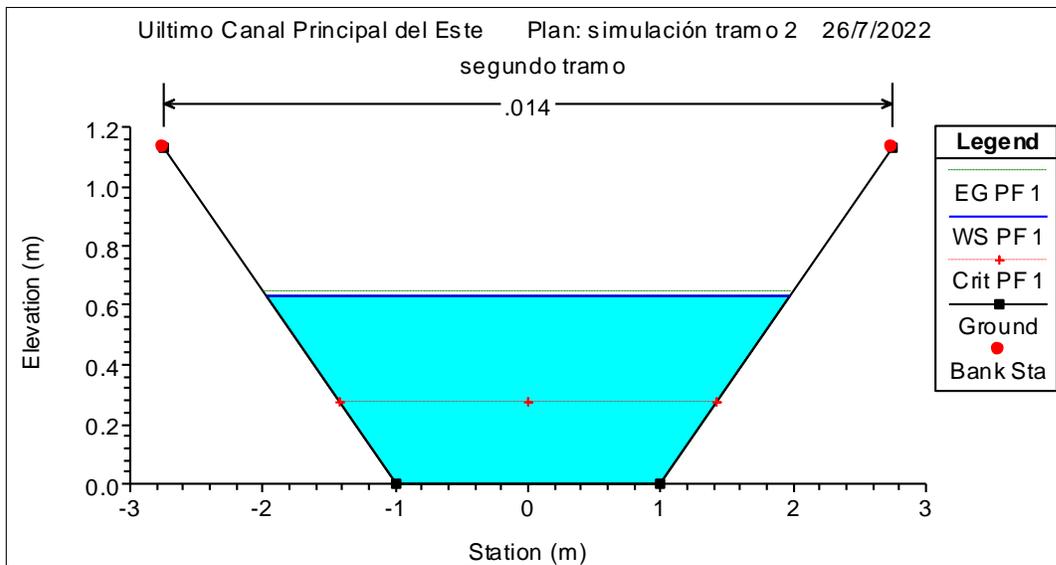


Figura 9. Datos geométricos de la sección final en el tramo

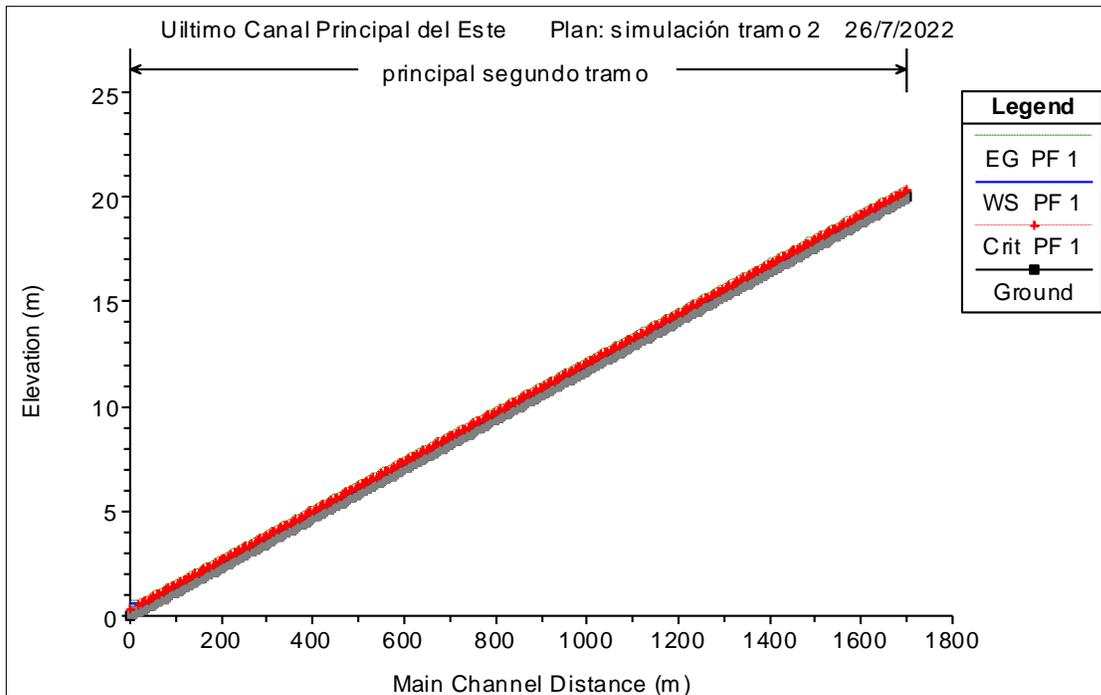


Figura 10. Perfil del nivel de agua

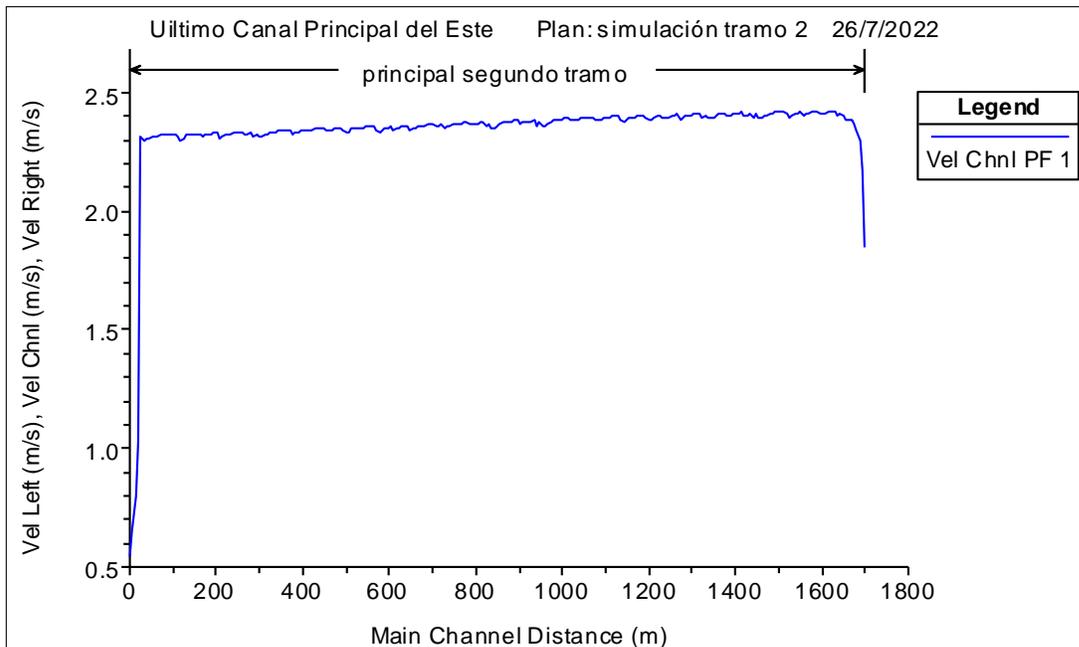


Figura 11. Perfil general-velocidades

En el tramo 3 al ejecutarlo en supercrítico el mensaje que arroja al principio puede ser posiblemente debido a cambio de régimen. Utilizando las profundidades medidas de agua, en el mensaje indicó que utilizó la profundidad crítica en la superficie del agua. De todas las

maneras probadas en el programa, la profundidad del agua se ve disminuida por default en los gráficos de las secciones de inicio y de final del tramo. A diferencia de los tramos anteriores, en este tramo, manteniendo el régimen en supercrítico, dentro de las condiciones de contorno, cambiando la profundidad conocida aguas arriba por calado crítico y manteniendo la profundidad conocida aguas abajo, arroja el mensaje señalando que no existen errores. Todo esto posiblemente debido a cambios de régimen, además de la excesiva presencia de curvas

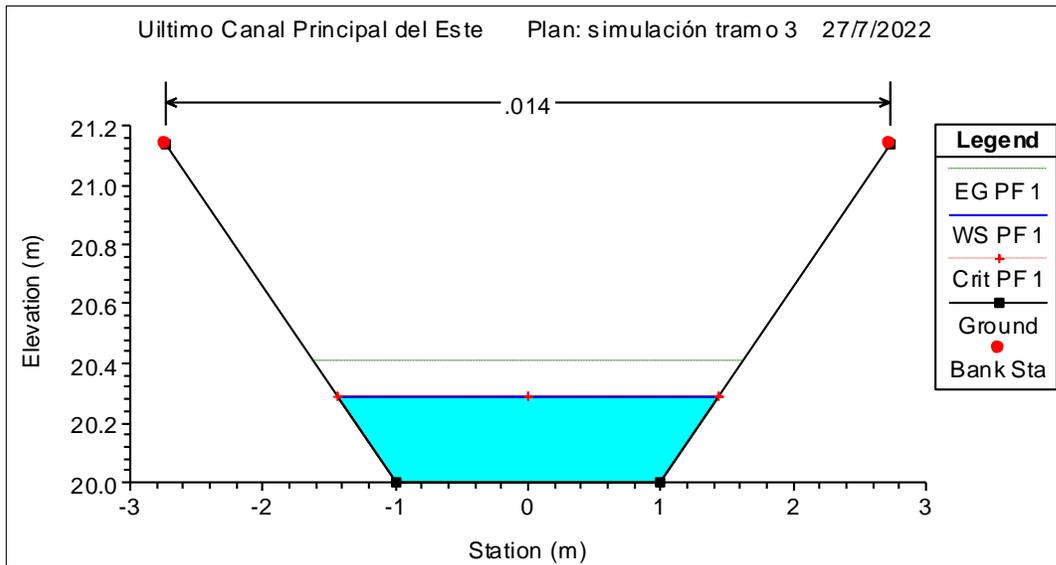


Figura 12. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

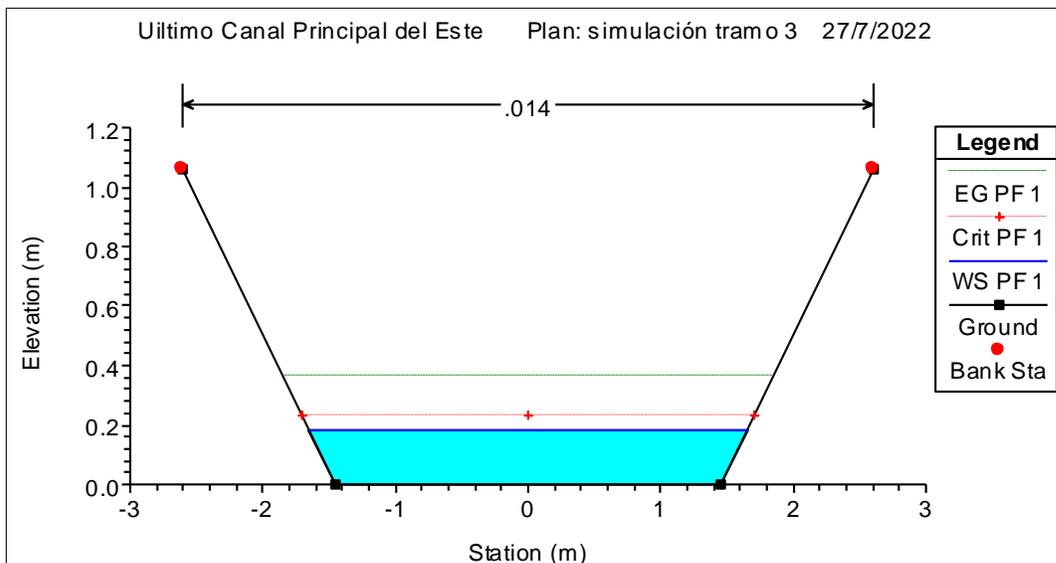


Figura 13. Datos geométricos de la sección final en el tramo

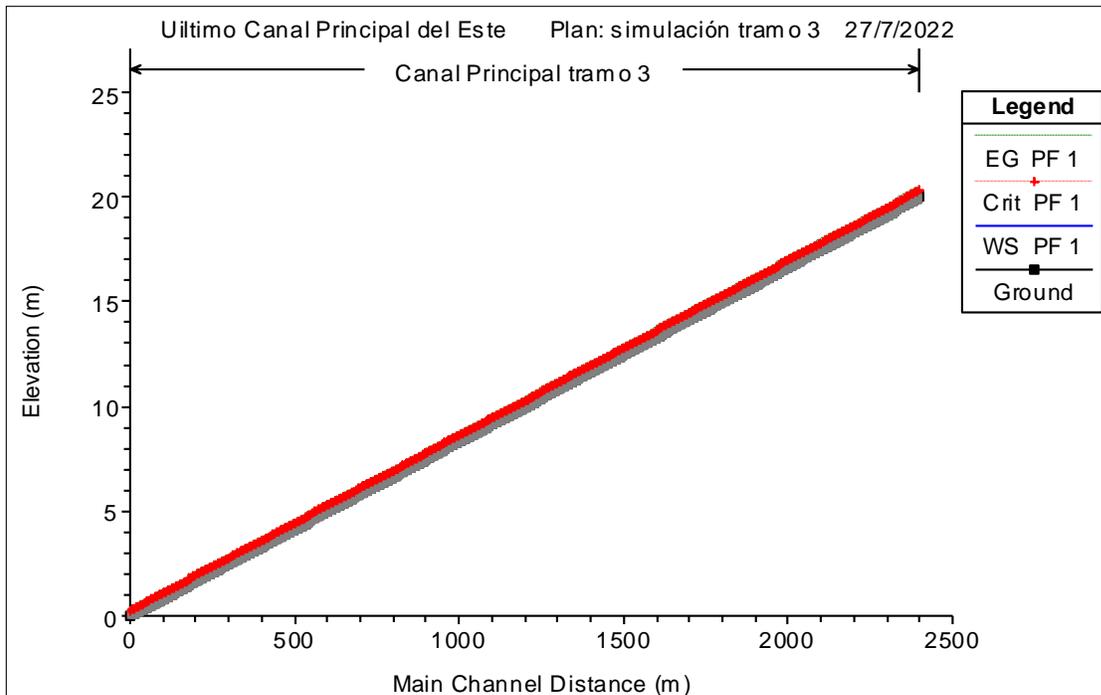


Figura 14. Perfil del nivel de agua

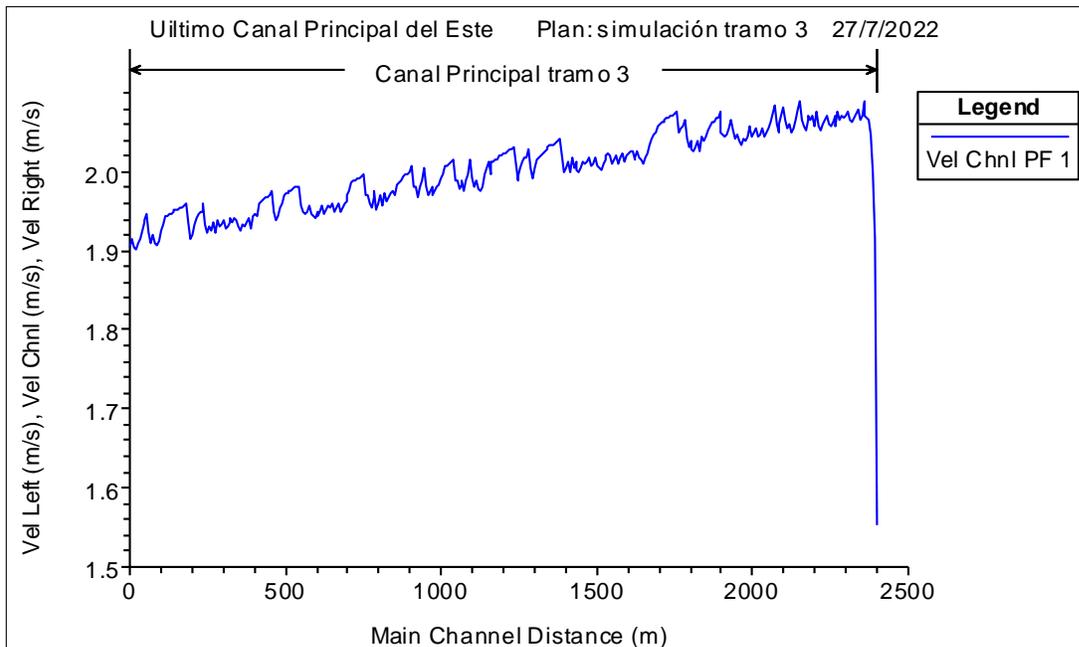


Figura 15. Perfil general-velocidades

En el tramo 4 al ejecutarlo en supercrítico el mensaje que arroja al principio puede ser posiblemente debido a cambio de régimen. En este tramo, manteniendo el régimen en supercrítico, dentro de las condiciones de contorno, cambiando la profundidad conocida aguas

arriba por calado crítico y manteniendo la profundidad conocida aguas abajo, arroja el mensaje señalando que no existen errores. Aquí, en el programa, en el gráfico de inicio del tramo demuestra una profundidad de agua menor que la medida en el canal

17

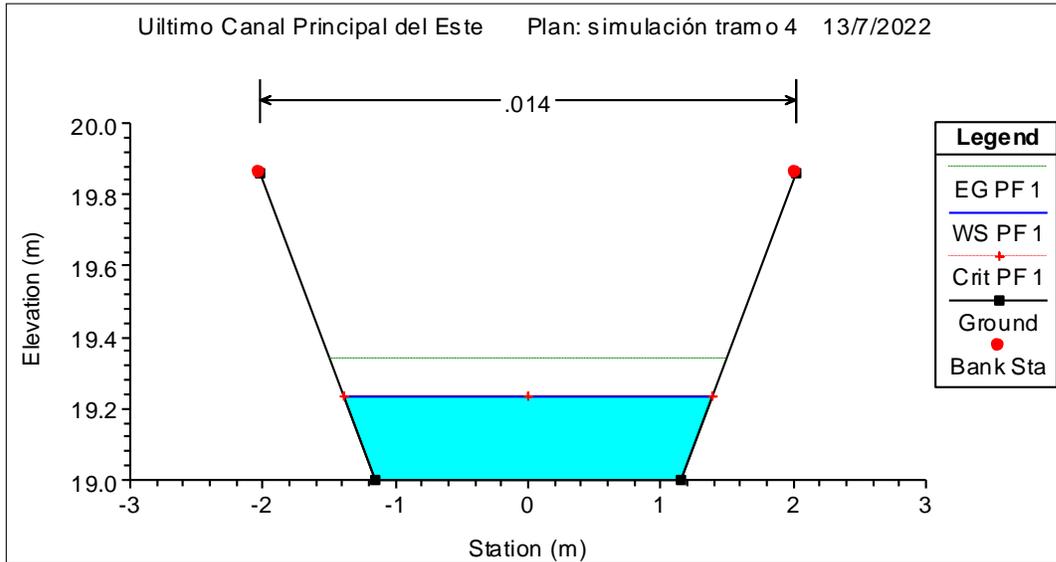


Figura 16. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

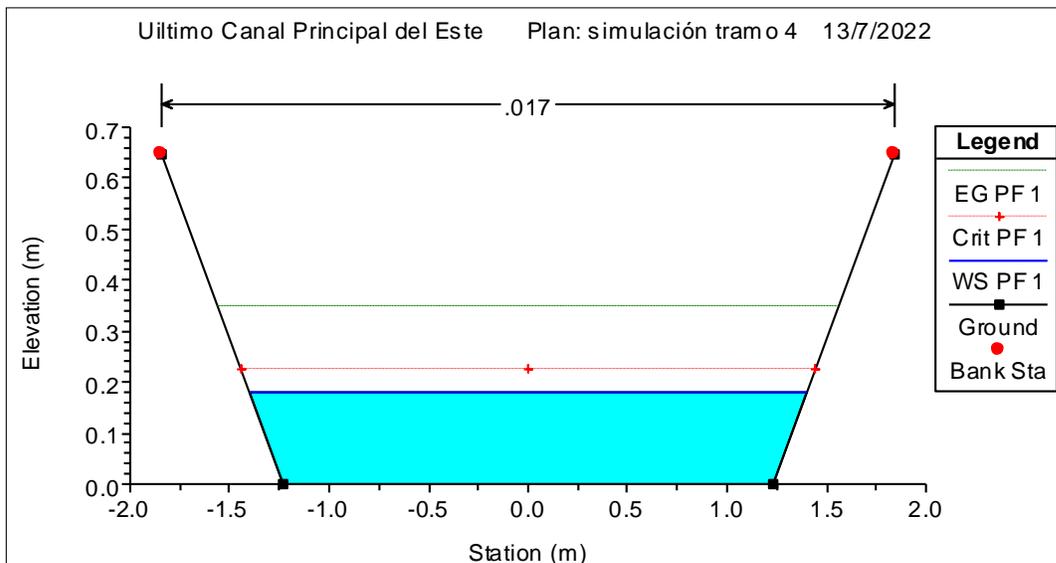


Figura 17. Datos geométricos de la sección final en el tramo

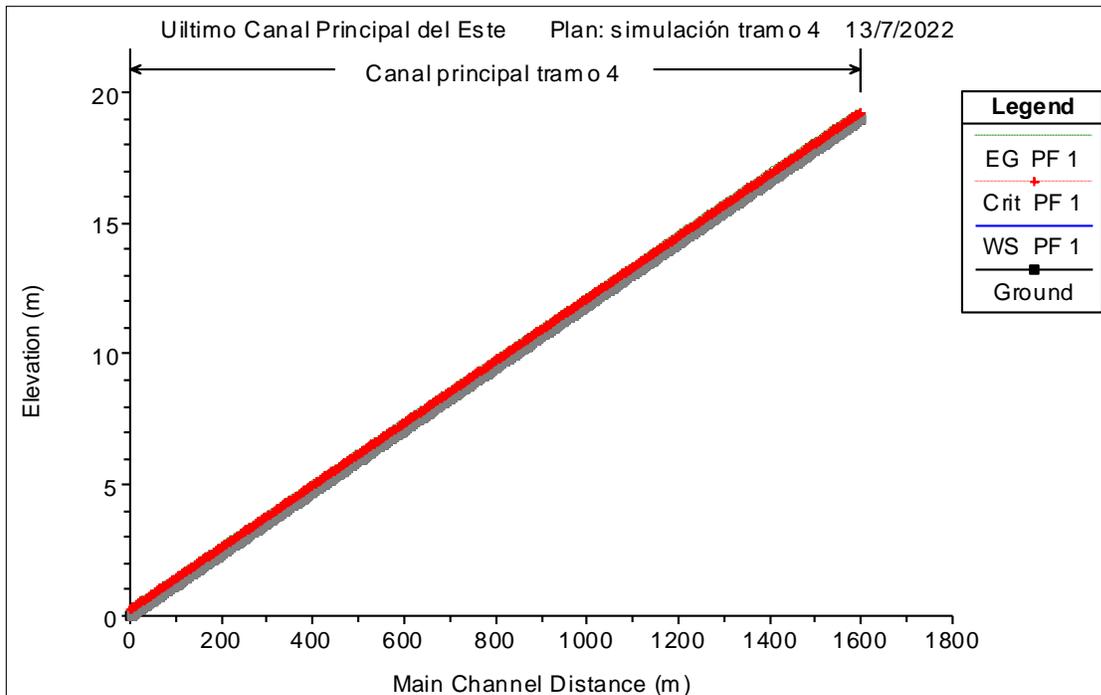


Figura 18. Perfil del nivel de agua

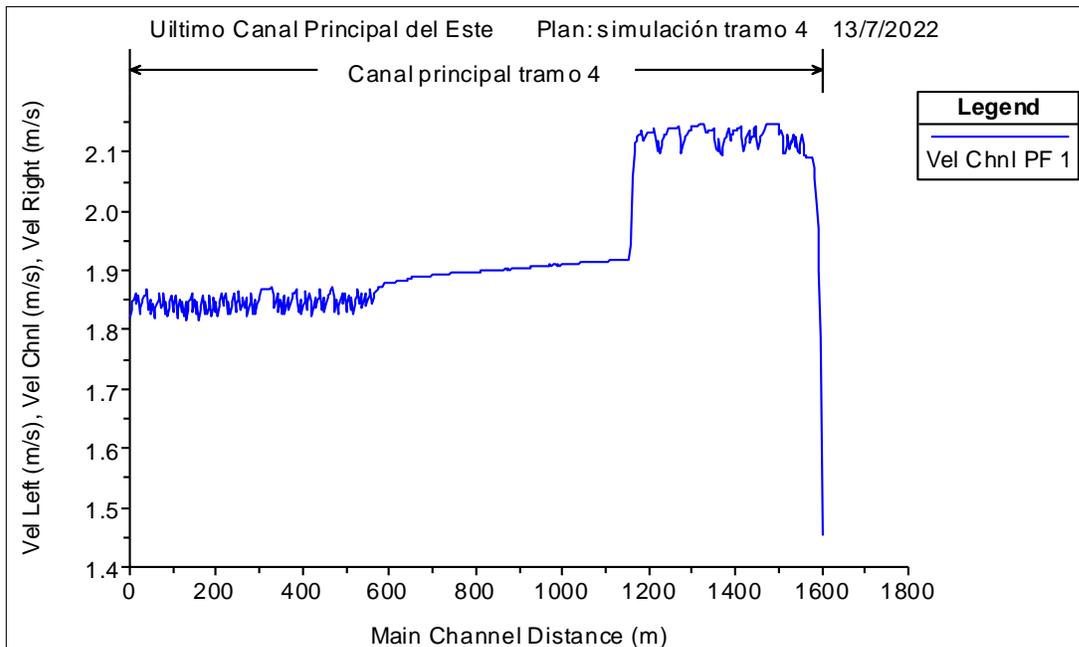


Figura 19. Perfil general-velocidades

En el tramo 5 al ejecutarlo en subcrítico y con las condiciones de contorno elegidas de profundidad conocida aguas arriba y aguas abajo, señala que no hay errores. Aquí también, en el programa, el gráfico de

la sección de inicio del tramo muestra una menor profundidad del agua en comparación con la que se midió.

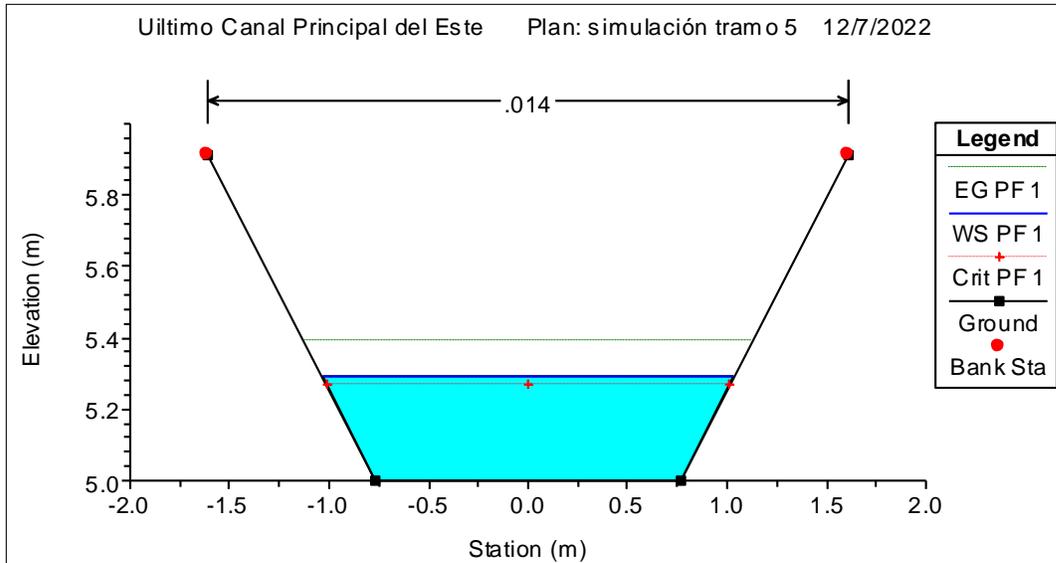


Figura 20. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

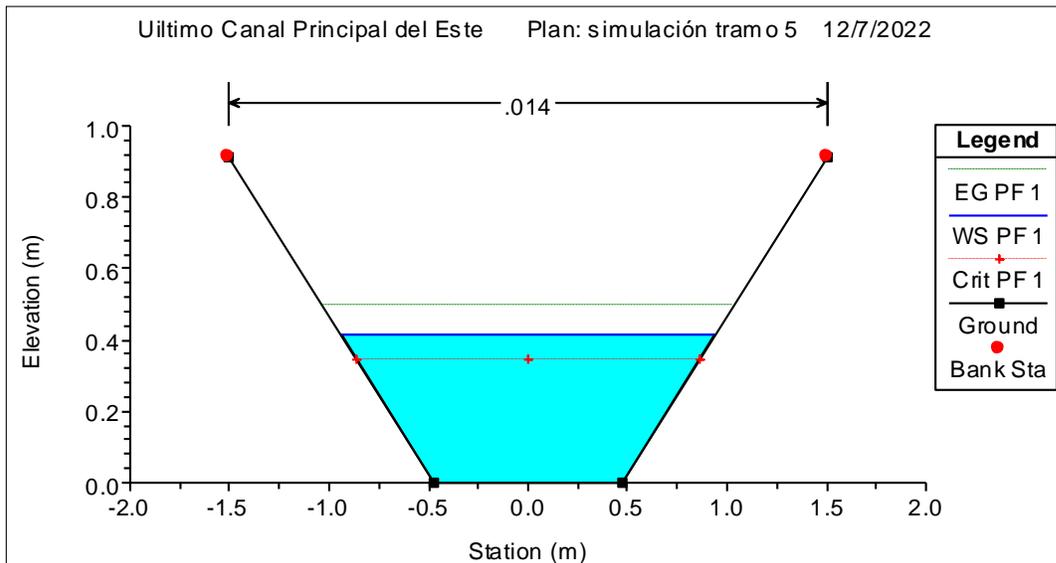


Figura 21. Datos geométricos de la sección final en el tramo

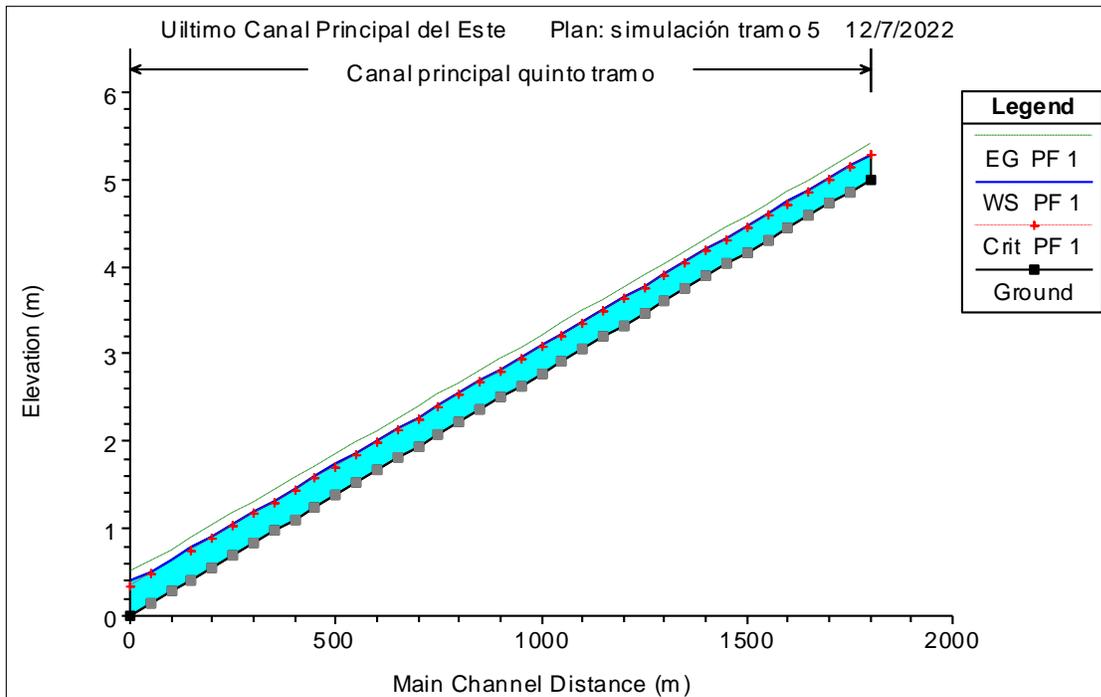


Figura 22. Perfil del nivel de agua

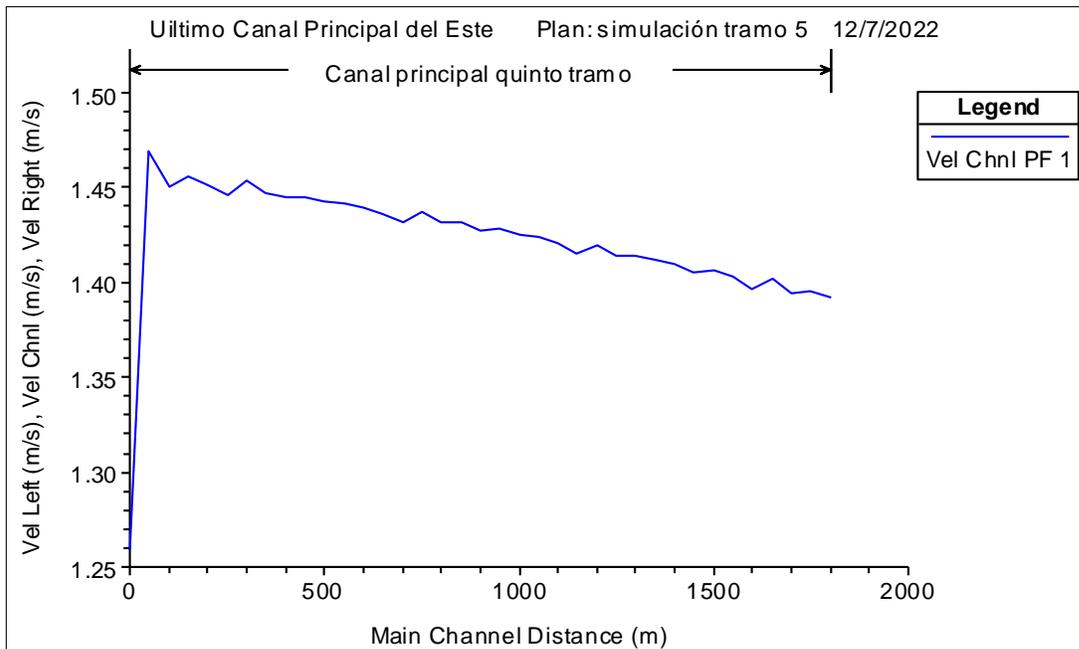


Figura 23. Perfil general-velocidades

Canal de las colonias

Tramo 1

En este tramo, manteniendo el régimen en supercrítico, dentro de las condiciones de contorno, cambiando la profundidad conocida aguas arriba por calado crítico y manteniendo la profundidad conocida aguas abajo, arroja el mensaje señalando que no existen errores. Aquí, en el programa, el gráfico de inicio de sección muestra una menor profundidad del agua respecto a la profundidad medida.

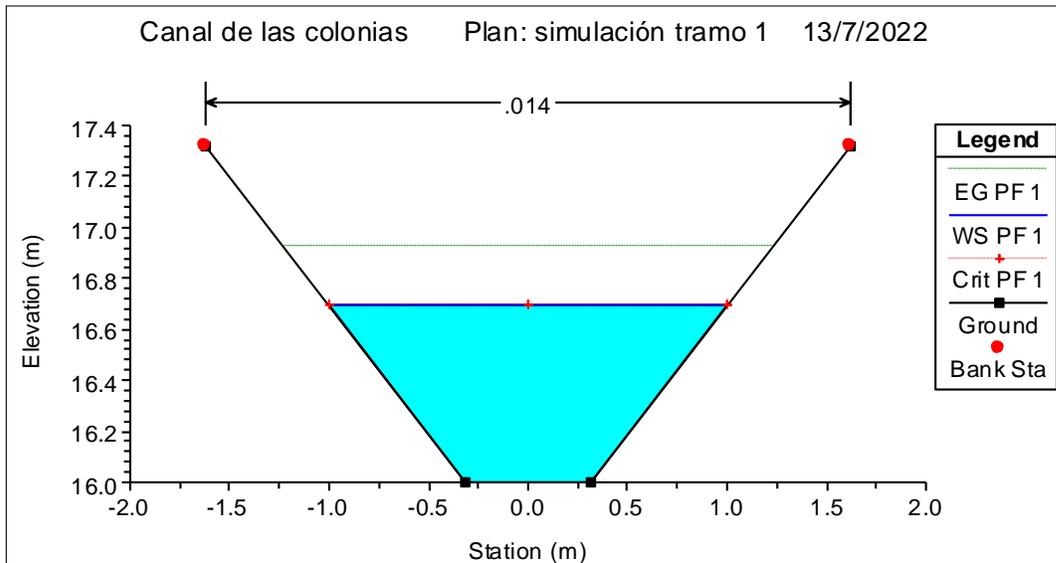


Figura 24. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

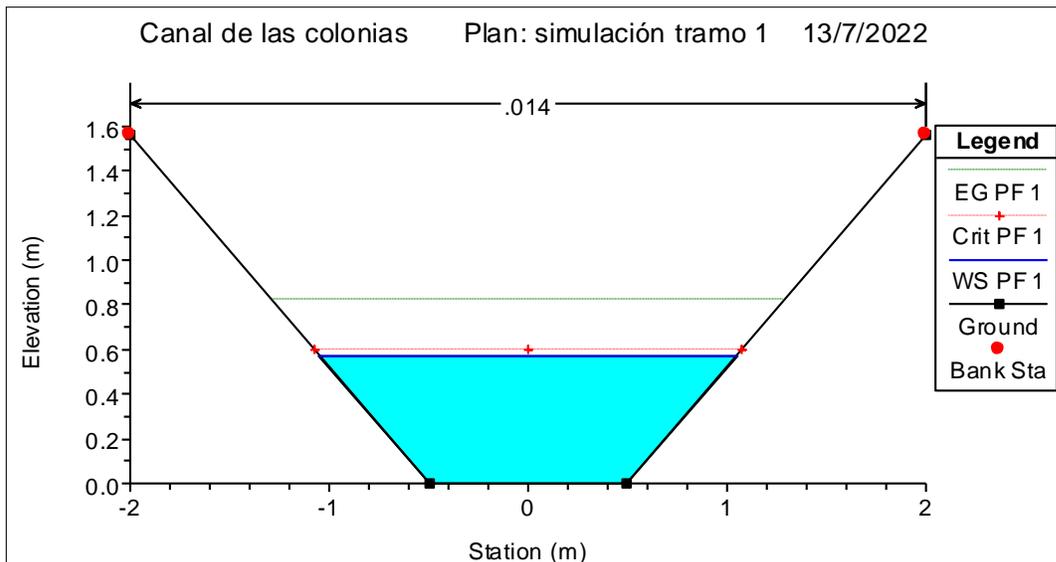


Figura 25. Datos geométricos de la sección final en el tramo

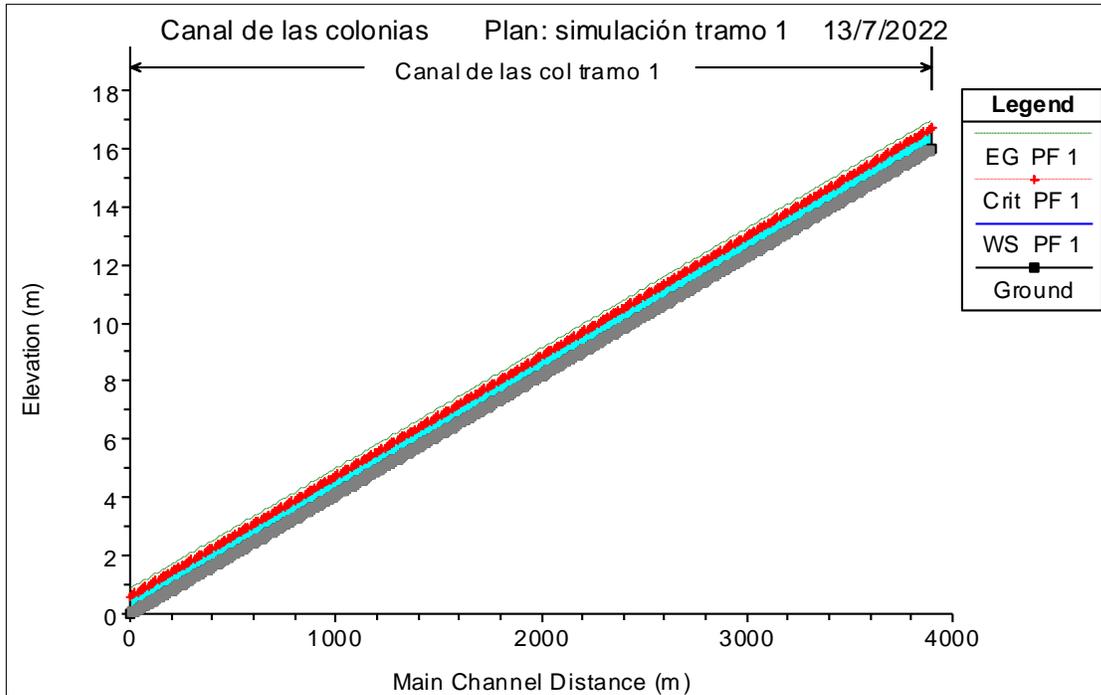


Figura 26. Perfil del nivel de agua

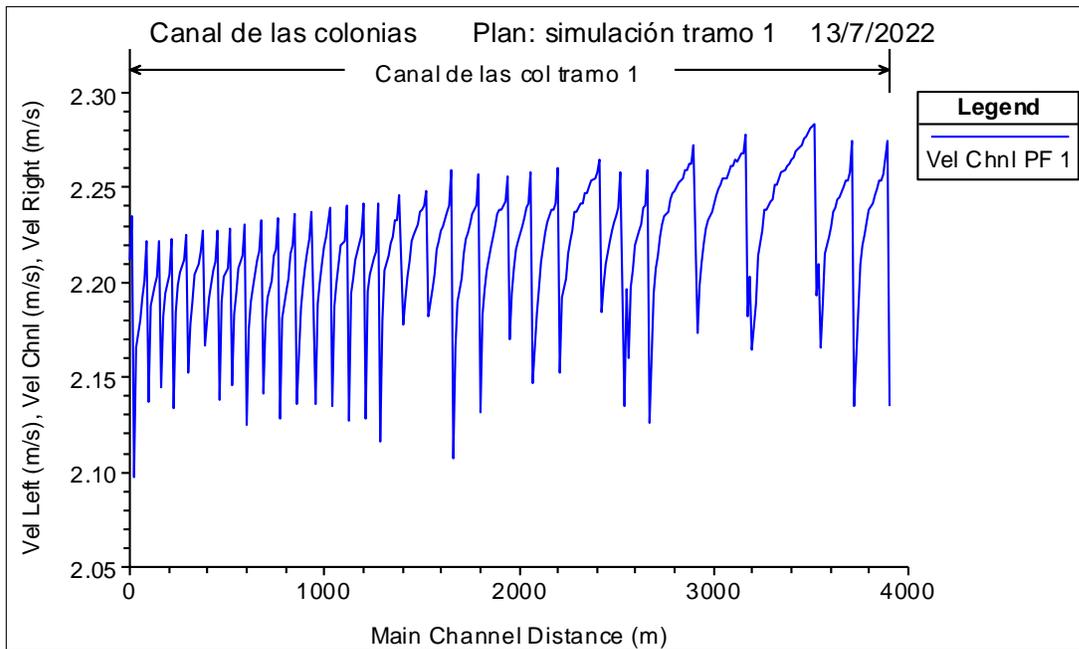


Figura 27. Perfil general-velocidades

Tramo 2

En este tramo, en subcrítico y con las condiciones de contorno elegidas de profundidad conocida aguas arriba y aguas abajo, señala que no hay errores.

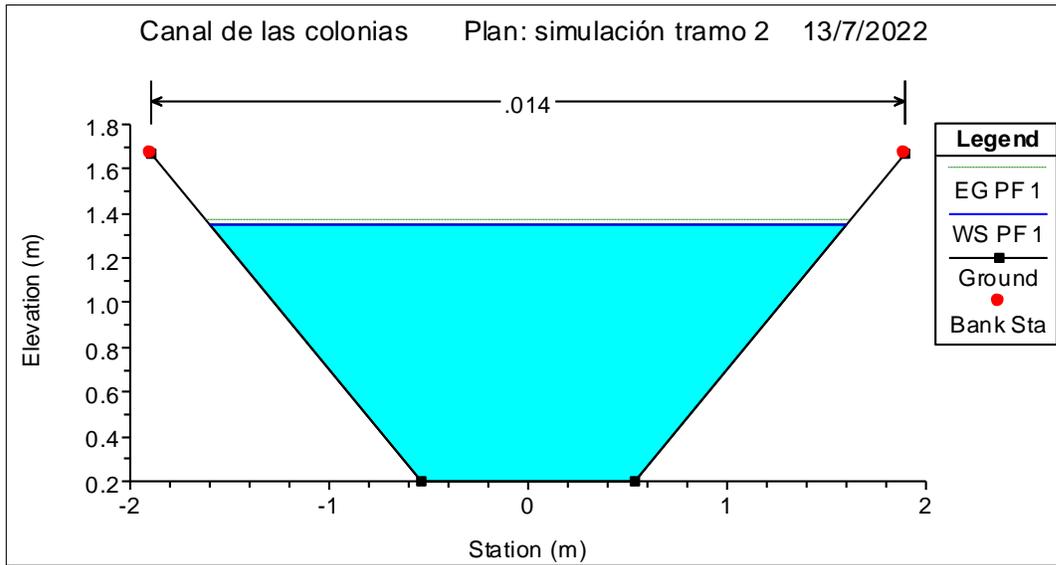


Figura 28. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

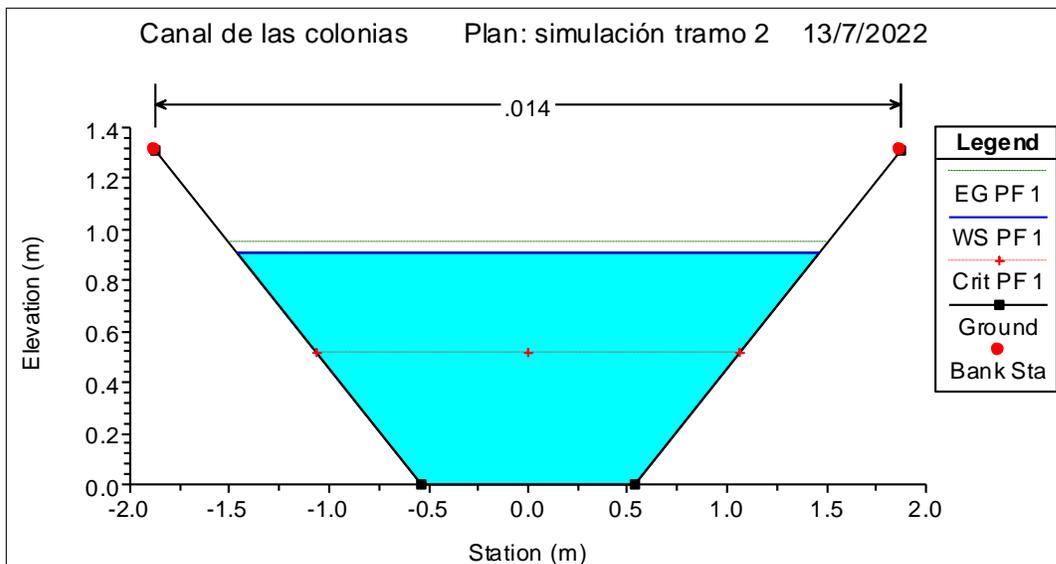


Figura 29. Datos geométricos de la sección final en el tramo

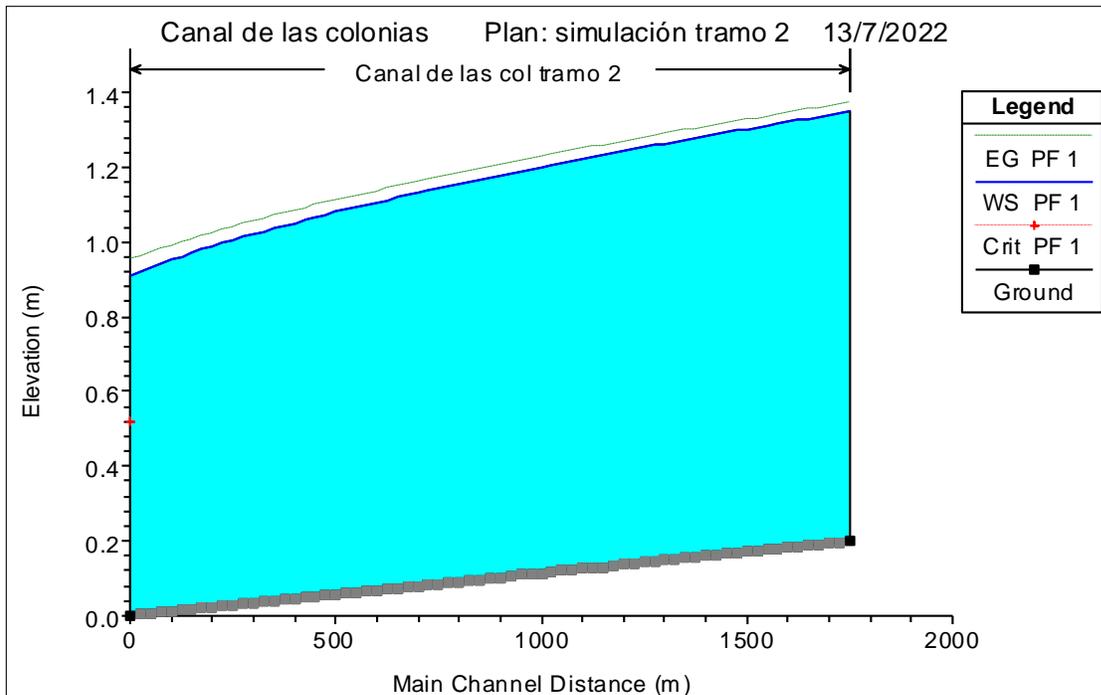


Figura 30. Perfil del nivel de agua

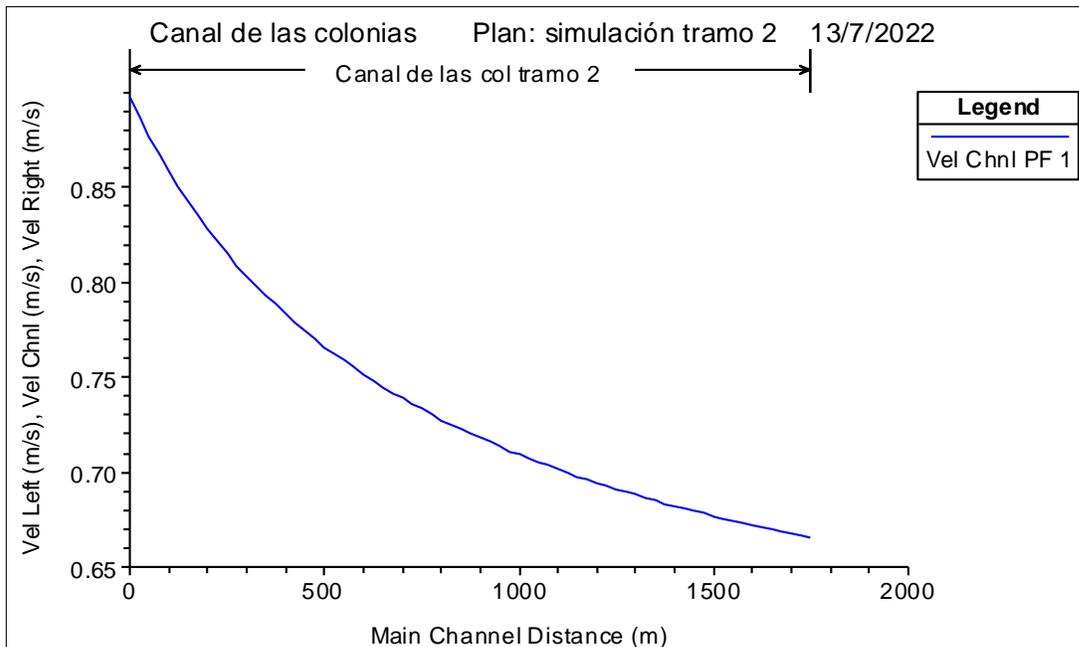


Figura 31. Perfil general-velocidades

Tramo 3

En este tramo, en subcrítico y con las condiciones de contorno elegidas de profundidad conocida aguas arriba y aguas abajo, señala que no hay errores. Sin embargo, en el programa, en los gráficos de secciones se

muestran las profundidades de agua menores a las medidas, tanto en la sección inicial como en la sección media en el tramo, excepto en la sección final del tramo.

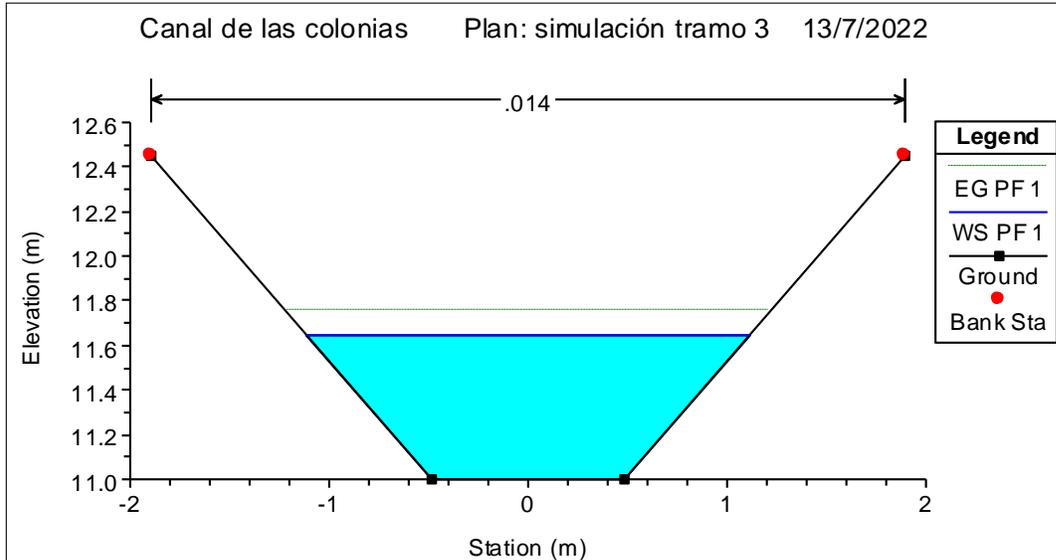


Figura 32. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

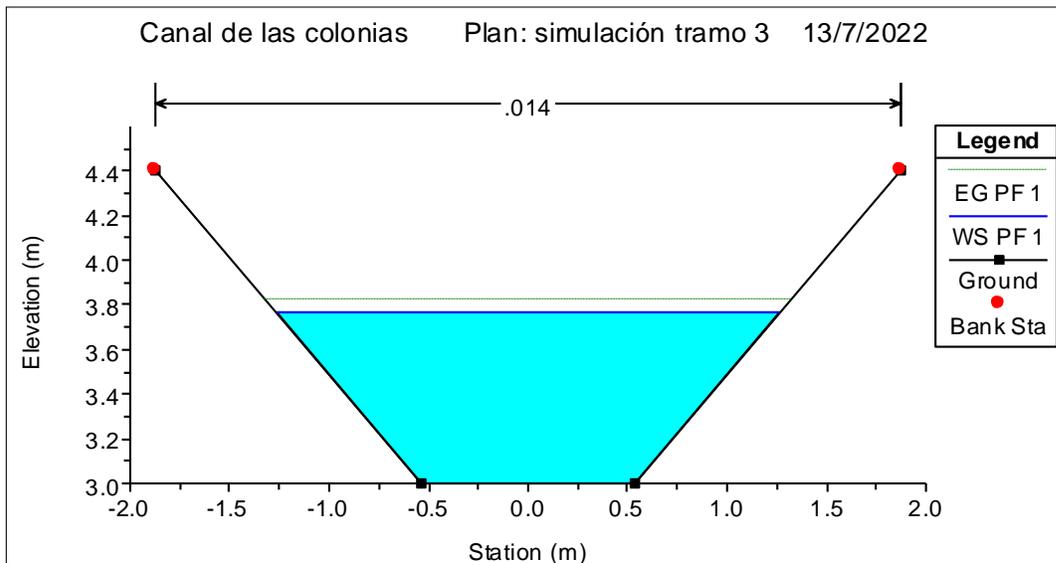


Figura 33. Datos geométricos de la sección media en el tramo

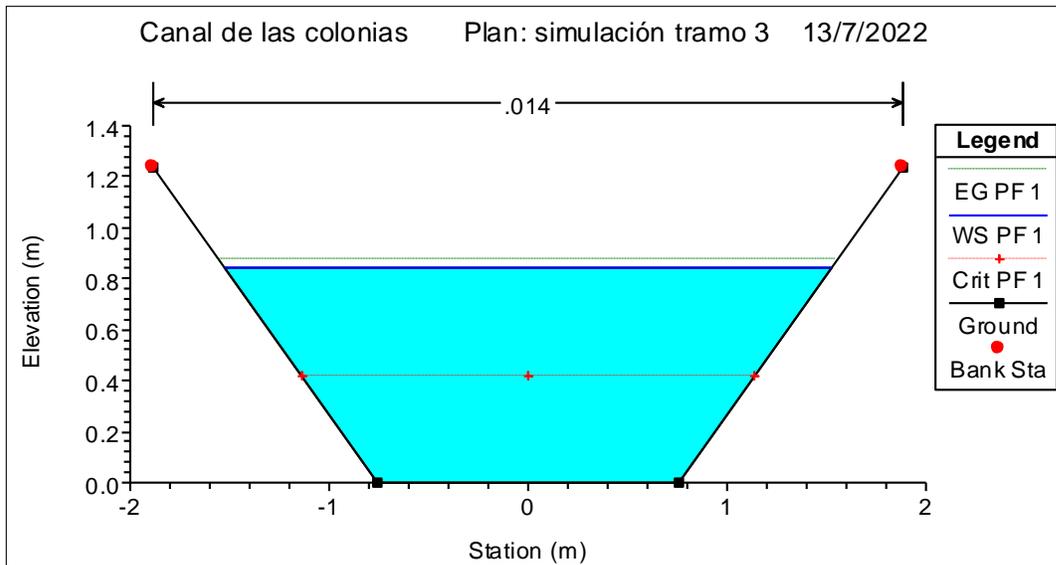


Figura 34. Datos geométricos de la sección final en el tramo

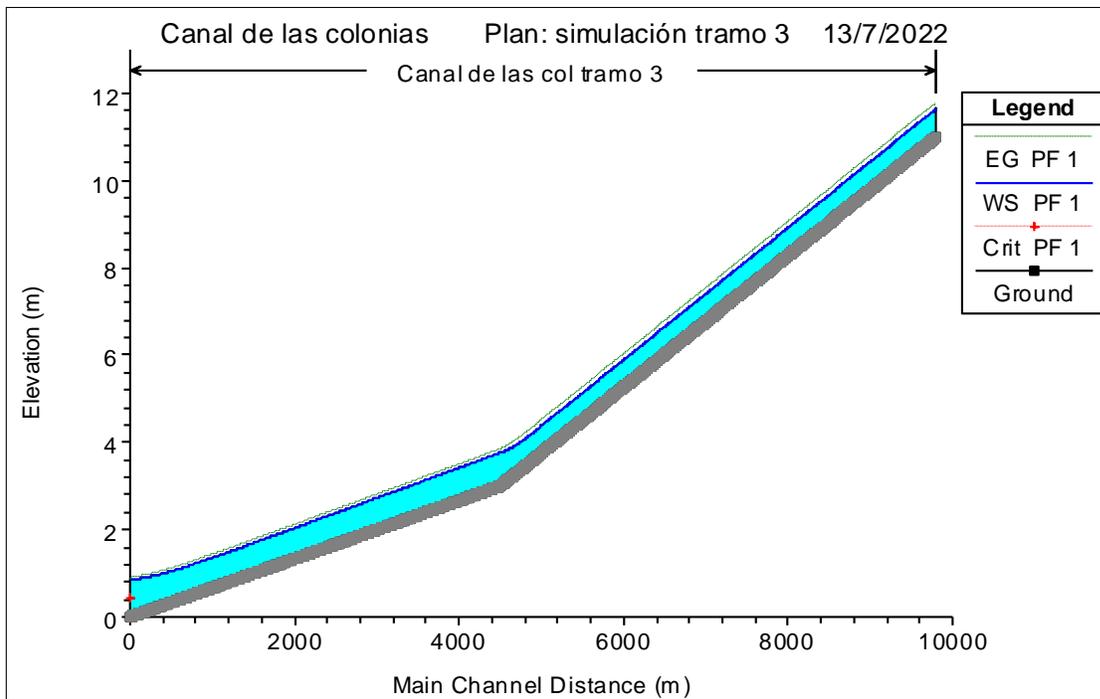


Figura 35. Perfil del nivel de agua

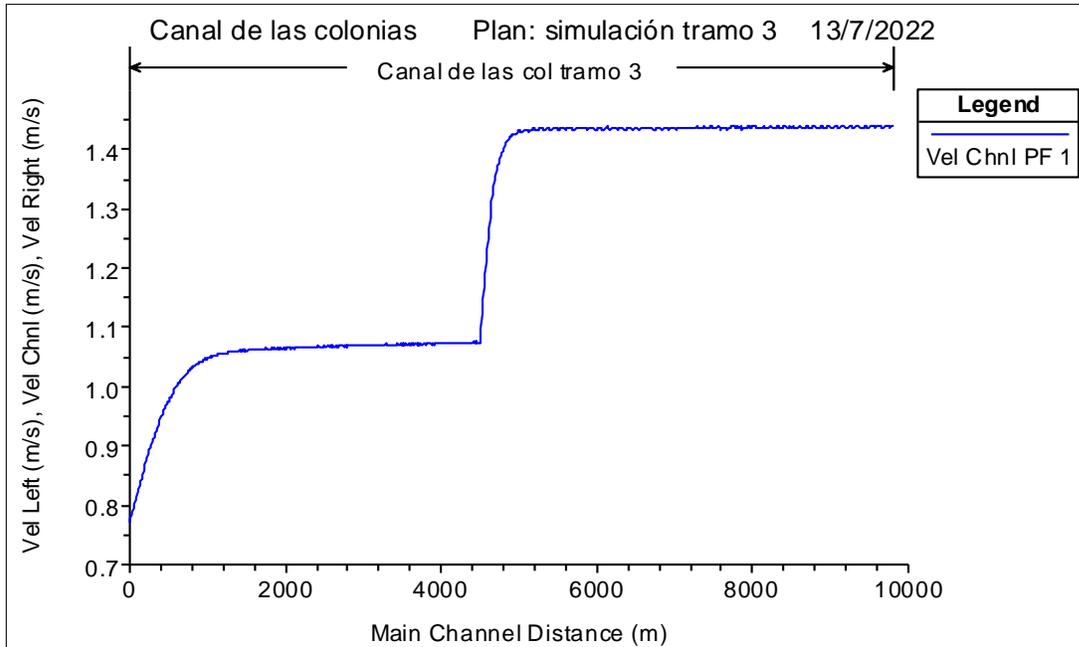


Figura 36. Perfil general-velocidades

Tramo 4

En este tramo, en subcrítico y con las condiciones de contorno elegidas de profundidad conocida aguas arriba y aguas abajo, señala que no hay errores. Sin embargo, en el programa el gráfico de la sección en el inicio del tramo muestra una profundidad de agua menor a la medida.

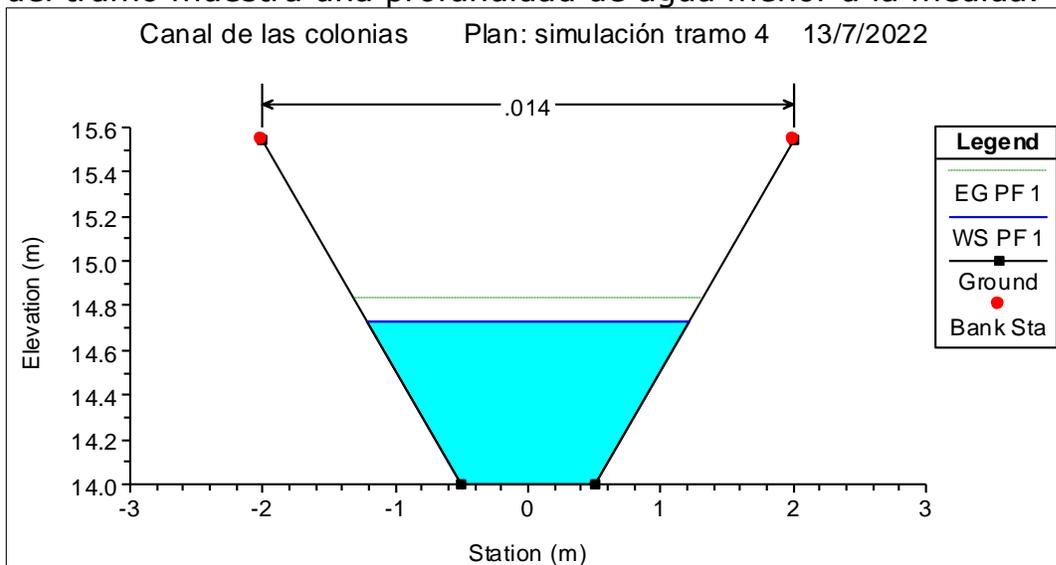


Figura 37. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

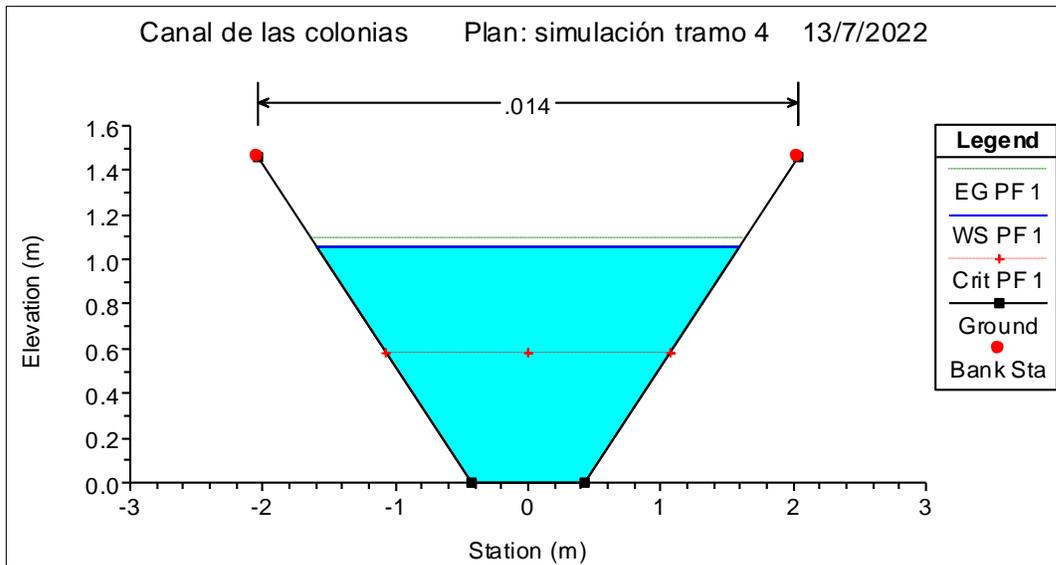


Figura 38. Datos geométricos de la sección final en el tramo

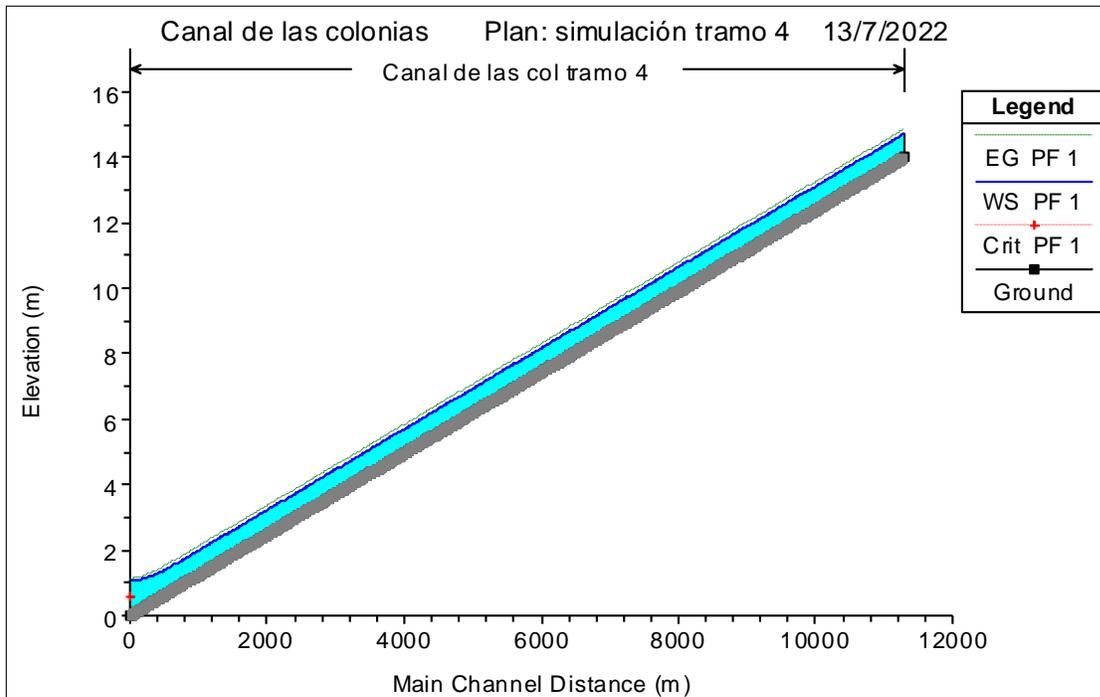


Figura 39. Perfil del nivel de agua

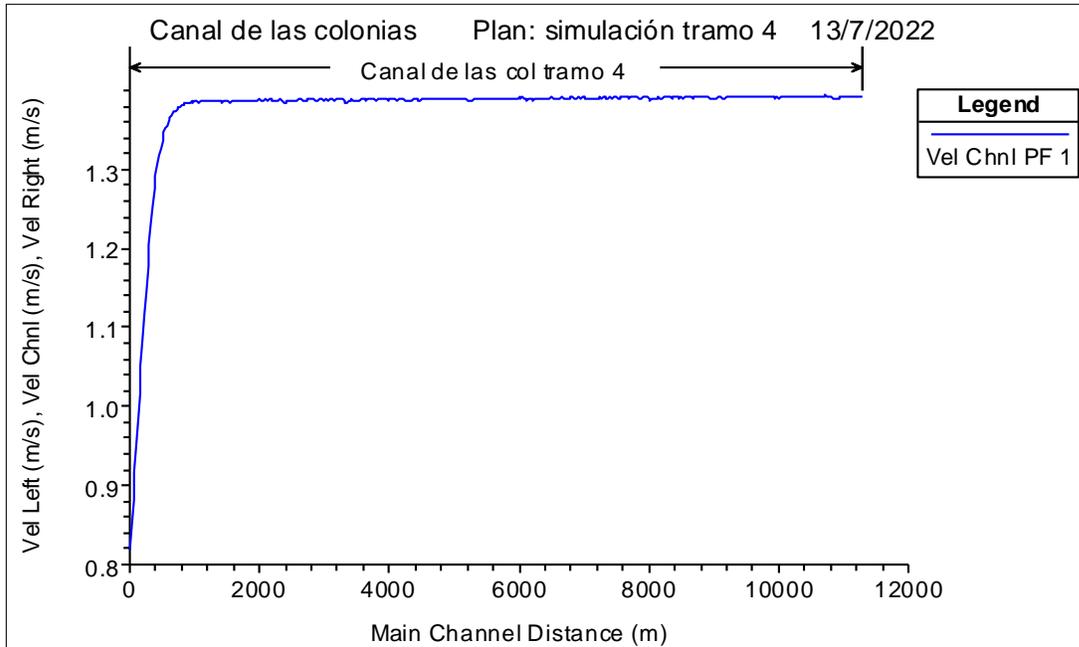


Figura 40. Perfil general-velocidades

Tramo 5

En este tramo, en subcrítico y con las condiciones de contorno elegidas de profundidad conocida aguas arriba y aguas abajo, señala que no hay errores. En el programa, en la gráfica de sección en la mitad del tramo muestra una profundidad del agua menor a la medida.

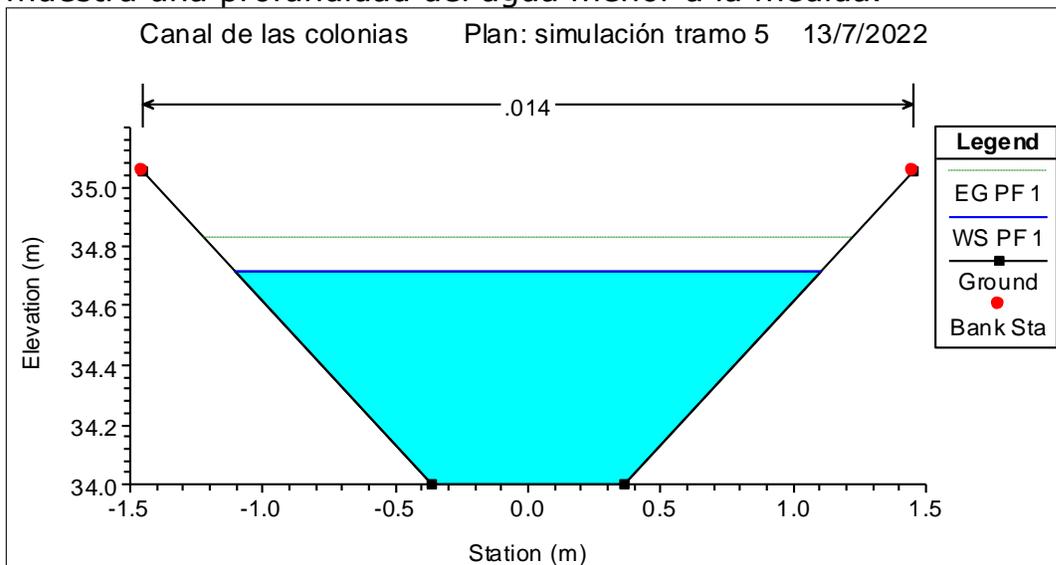


Figura 41. Datos geométricos de la sección inicial en el tramo

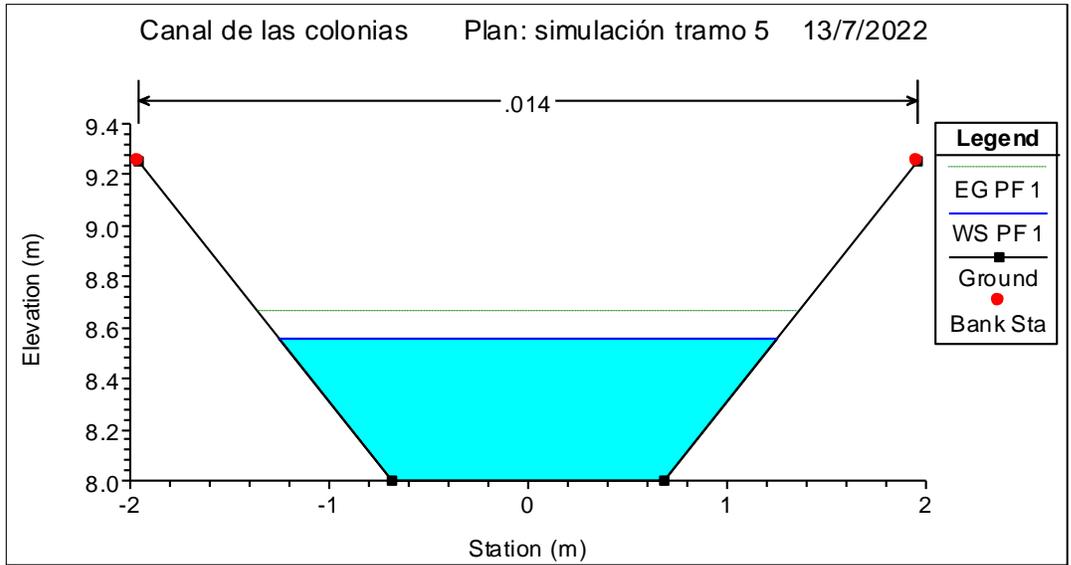


Figura 42. Datos geométricos de la sección media en el tramo

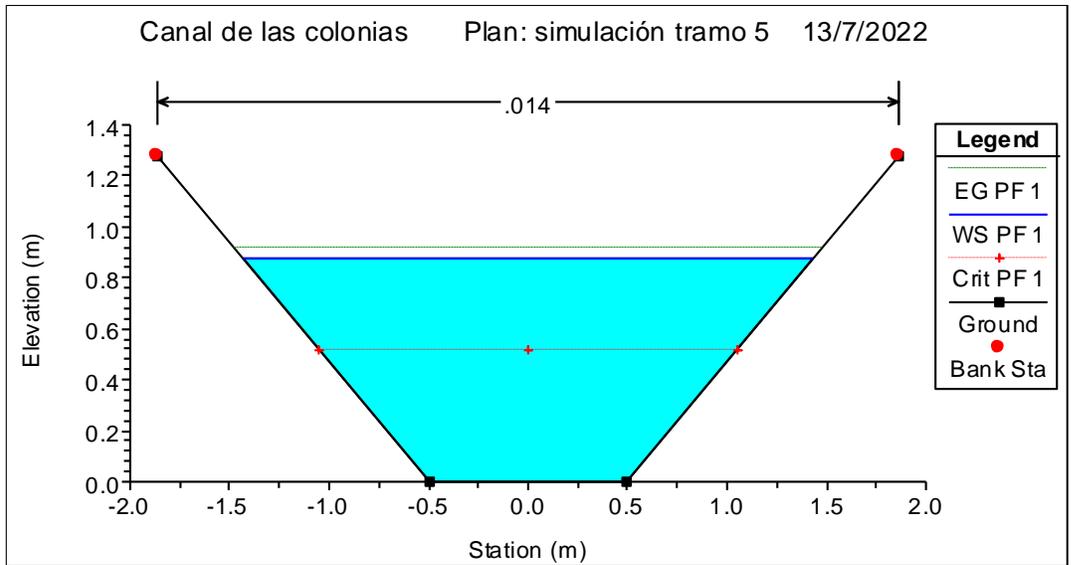


Figura 43. Datos geométricos de la sección final en el tramo

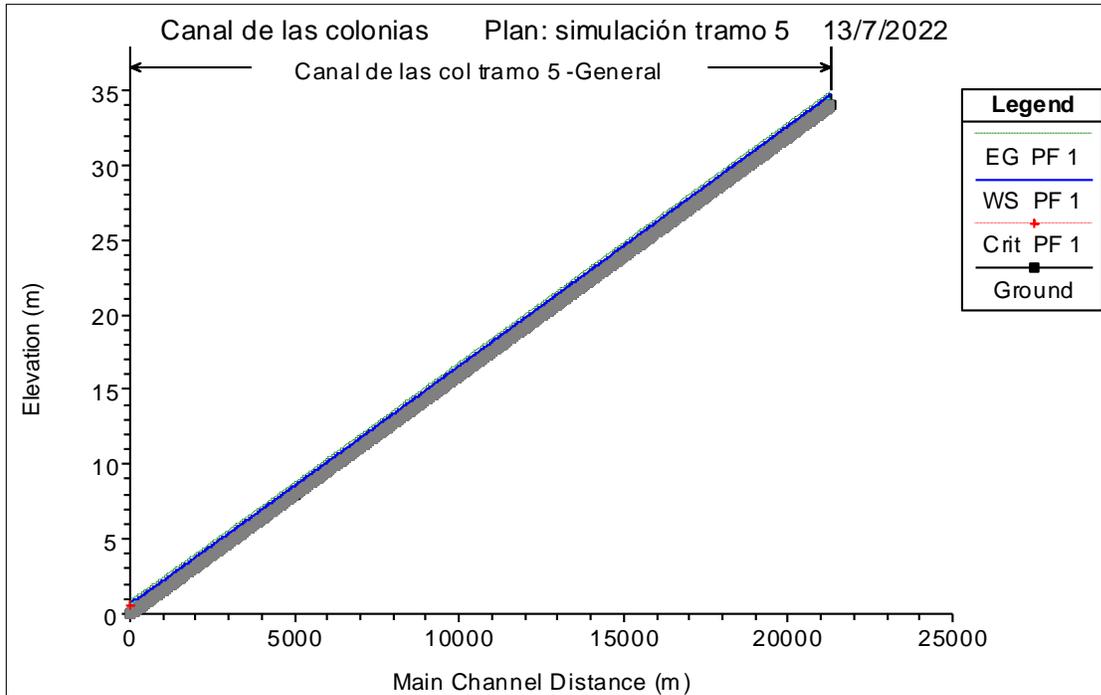


Figura 44. Perfil del nivel de agua

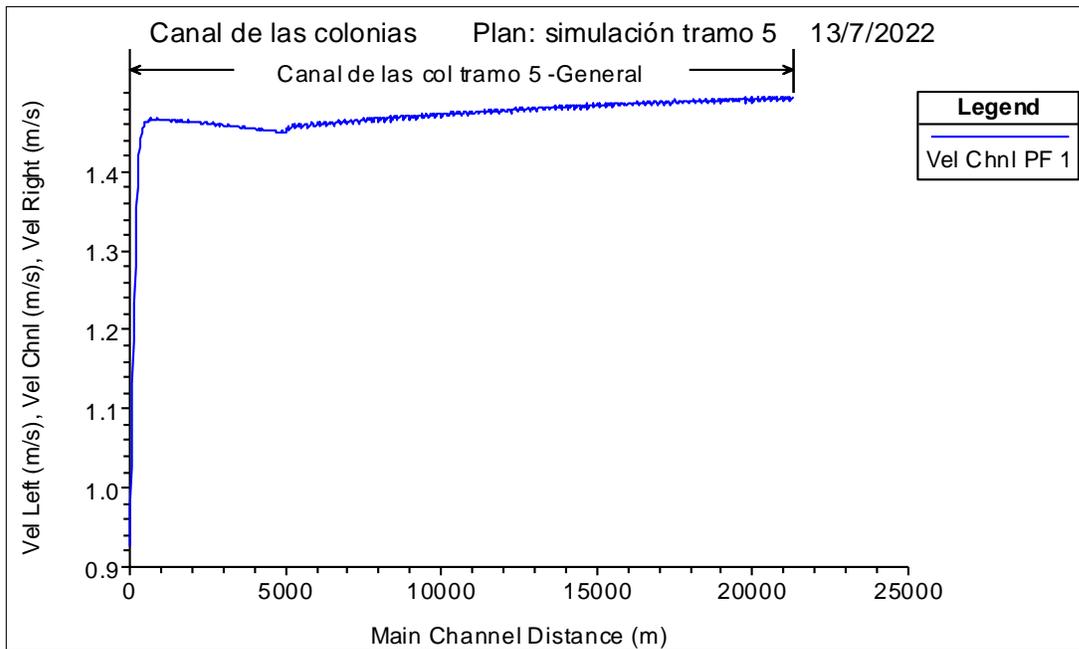


Figura 45. Perfil general-velocidades

CONCLUSIONES

- Los dos canales poseen sección transversal, excepto un pequeño tramo en el canal Principal del Este
- En general en el canal que abastece a las colonias el agua posee una baja velocidad y el canal Principal del Este el agua cambia su velocidad a lo largo de todo su trayecto, este último causado principalmente por las pendientes.
- En algunas situaciones, en el HEC-RAS, en las secciones, la altura del nivel de agua no es aproximada a la medida realmente.
- Es necesaria una mayor cantidad de mediciones para contrarrestar el efecto de las curvas y de los cambios bruscos de pendiente.
- El canal Principal del Este posee desniveles importantes lo cual puede ser considerado para presurizar por gravedad principalmente en derivaciones a algunos canales secundarios.
- Mediante el programa HEC RAS, al ejecutarlo, en el canal Principal del Este y en el canal de las colonias, debido fundamentalmente a no haber considerado la presencia de curvas, cambios bruscos de pendiente y falta de ajuste en el valor de n de Manning, tiende a mostrar una velocidad del agua desde medio metro a un metro por segundo más alta respecto a las velocidades más altas medidas in situ, además del menor tirante de agua en algunas secciones mostrado en el programa HEC RAS comparado con las mediciones in situ. Por lo tanto, es necesario medir las secciones y velocidades en sectores intermedios dentro de cada tramo, considerando las curvas y cambios bruscos de pendiente principalmente, además de estudiar la posibilidad de hacer los ajustes necesarios en el programa como las condiciones de contorno y el valor de n de Manning para poder lograr la similitud.
- En el canal de las colonias, en el tramo 2 en el programa disminuye la velocidad a lo largo del recorrido y si bien la velocidad es algo menor que la velocidad medida, se encuentra dentro de valores normales. En el tramo 3, con una medición intermedia, abarca en parte al tramo 2, donde el programa permite observar dos niveles de velocidad, es decir un nivel de velocidad constante en cada subtramo, a pesar que las velocidades son mayores que las medidas. En el tramo 4, si bien la velocidad mostrada en el programa es el doble que la velocidad medida, se mantiene en esos valores a lo largo del tramo. Por último, en el tramo 5 que corresponde a mediciones de casi toda la longitud del canal, a pesar que el programa muestra una velocidad en el inicio del tramo menor a la medida y en el resto del tramo una velocidad mayor a la medida, es relativamente constante a lo largo de todo el canal. Paralelamente, en estos tramos, en el programa, la profundidad del agua en el inicio y medio del tramo es menor a la medida, inclusive marcando tirante crítico dentro de condiciones de contorno al inicio y/o al final de cada tramo.

-Los tramos del canal de las colonias, por sus dimensiones constantes y pendientes que mantiene en su recorrido, con ciertas consideraciones en el ingreso de datos se puede mejorar la modelación. Se puede decir que, si bien en el programa la velocidad es mayor, se mantiene constante a lo largo del tramo, con un tirante menor. Por lo tanto, el canal de las colonias demuestra condiciones más factibles para un mejor modelamiento.

Referencias

- BASÁN MARIO. 2008. Curso de Aforadores de corrientes de agua. EEA Santiago del Estero
- CARRASCO CARRASCO XAVIER ALEJANDRO. 2019. Estudio y caracterización hidráulica del óvalo 21 al óvalo 22 del canal de riego Ambato-Huachi-Pelileo, Cantón, Cevallos, provincia de Tungurahua. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Universidad Técnica de Ambato.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC). 2002. Manual de procedimientos hidrométricos. Universidad del Valle. 2002. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Corporación Autónoma
- CORREA PACHECO TAMARA MICHELLE. 2019. Análisis de las capacidades de HEC-RAS en la resolución de pilas de puentes. Universidad Politécnica de Cartagena. ETS de ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas.
- GOOGLE (2006). Foto de satélite de la provincia de Catamarca. Consulta: 9 junio 2015, <http://earth.google.com>
- HIDROLOGIC ENGINEERING CENTER. AVAILABLE: [HTTP//WWW.HEC.USACE.ARMY.MIL/SOFTWARE/HEC/RAS](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec/ras)
- HIDROLOGIC ENGINEERING CENTER. (2002d). HEC-RAS River Analysis Sistem, Applications Manual, Version 3.1, U.S. Army Corps of Engineering, Davis, California.
- KARLIN; MARCOS S. KARLIN UZF O.; COIRINI RUBÉN O.; REATI GUSTAVO J.; ZAPATA RICARDO M. 2013. El Chaco Arido. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
- NANÍA LEONARDO S, MOLERO EMILIO. 2007. Modelación de Ríos con HEC-RAS y SIG: Régimen Permanente 1-D.. Area de Ingeniería Hidráulica, Area se Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Granada

PANIGATTI, JOSÉ LUIS. 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. INTA Buenos Aires. 345 pp. Ilustraciones y cuadros.
SANCHEZ SAN ROMÁN. (2007). Manual introductorio a HEC-RAS. Depto Geología. Universidad de Salamanca