

Manual de laboratorio de simulación computacional

Práctica N°9: Diseño de Una Canaleta Parshall

Fuente del recurso: Ejemplo extraído del documento Medidores en Régimen Crítico (Marbello, 2005) por el estudiante UIS, Eliel David Malaver Nieto, en el desarrollo de su trabajo de grado

1. Objetivos de la simulación

- ✓ Comprender los conceptos de las canaletas Parshall en canales abiertos.
- ✓ Aplicar los conceptos adquiridos sobre las canaletas Parshall, mediante el desarrollo de un ejemplo orientador utilizando el software HEC-RAS.
- ✓ Evaluar y fortalecer la comprensión de los conceptos de las canaletas Parshall, a través de la resolución de preguntas orientadoras que involucren la aplicación de los conocimientos teóricos en situaciones prácticas simuladas con la herramienta HEC-RAS.

2. Requerimientos para la simulación

- ✓ Sistema operativo Windows 7 64-bit (o superior) o Linux
- ✓ Seguir la Guía N°1: Proceso de instalación de HEC-RAS
- ✓ Preferiblemente poseer la versión 5.0.7 del programa HEC-RAS

3. Introducción

La presente guía de laboratorio tiene como objetivo brindar a los estudiantes una introducción detallada a las canaletas Parshall en canales abiertos y su aplicación en la ingeniería hidráulica, apoyándose en herramienta de simulación hídrica HEC-RAS.

Las canaletas Parshall son estructuras ampliamente reconocidas por su capacidad de medir el caudal de agua de forma precisa y continua en diversos entornos, como sistemas de suministro de agua, plantas de tratamiento y estaciones de bombeo. Su diseño y funcionamiento permiten obtener datos confiables y relevantes para el control y gestión del flujo en canales abiertos. Estas estructuras desempeñan un papel fundamental en los sistemas de tratamiento de agua potable y residual. Además de medir el caudal de agua, estas canaletas actúan como mezcladores de coagulantes, sustancias químicas utilizadas para eliminar impurezas y partículas suspendidas. Su diseño permite una distribución uniforme de los coagulantes, asegurando una reacción efectiva y una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes. Gracias a su geometría y características hidráulicas específicas, evitan zonas muertas y garantizan una dispersión uniforme a lo largo del canal.

El propósito principal de esta guía de laboratorio es proporcionar a los estudiantes una comprensión más profunda de las canaletas Parshall y su aplicación en la ingeniería hidráulica. A través de la implementación una simulación, utilizando la herramienta HEC-RAS, los estudiantes podrán familiarizarse con los procesos de diseño, análisis y evaluación de las canaletas Parshall, así como aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en situaciones prácticas. Además, se les plantearán preguntas orientadoras que los desafiarán a aplicar los conceptos teóricos en la resolución de situaciones prácticas simuladas, fortaleciendo así su comprensión y habilidades en esta área.

Se espera que esta guía de laboratorio brinde a los estudiantes una experiencia enriquecedora y significativa, donde puedan expandir sus conocimientos y habilidades en la medición de caudales en canales abiertos utilizando las canaletas Parshall y softwares de simulación hídrica como HEC-RAS.

4. Marco Teórico

4.1 La Canaleta Parshall

Es una de las estructuras de mayor éxito que se han desarrollado para medir caudales en canales abiertos, bajo la condición de régimen crítico. Fue ideada en 1920 por el ingeniero del Servicio de Riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Ralph L. Parshall (Marbello, 2005). Motivado por el inconveniente de la acumulación de sedimentos que se presenta en los vertederos de medida. El medidor Parshall es una canaleta de corta longitud que comprende tres zonas perfectamente diferenciables (*Figura 1*): la zona de entrada, de paredes planas, verticales y convergentes, con fondo horizontal; la zona central, llamada garganta, de paredes planas, verticales y paralelas, de ancho W y con el fondo inclinado hacia aguas abajo; la tercera y última zona es la zona de salida, de paredes planas, verticales y divergentes, pero con el fondo de pendiente adversa (Marbello, 2005).

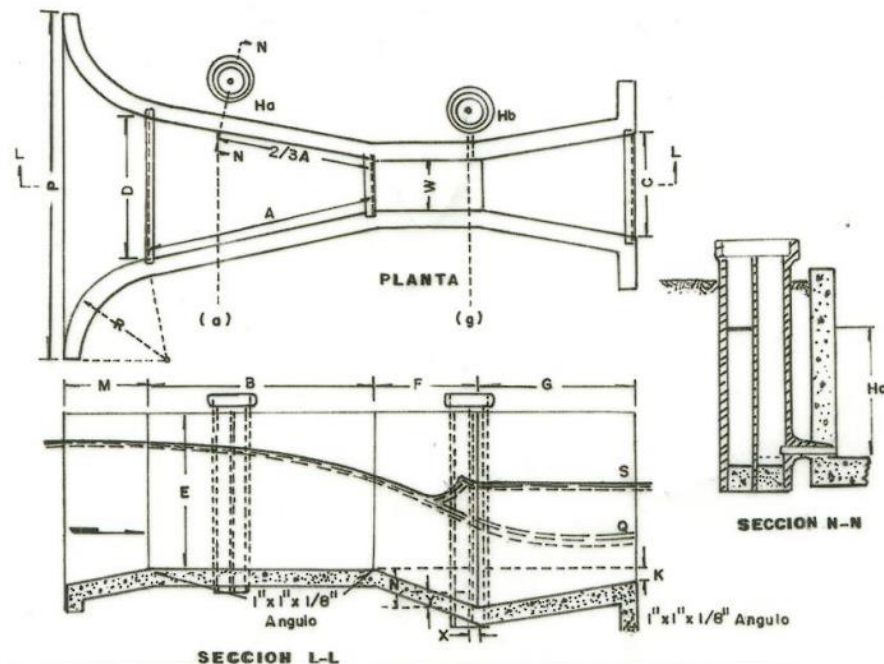


Figura 1 Canaleta Parshall (Marbello, 2005)

La canaleta Parshall puede funcionar con descarga libre o con descarga sumergida; en este último caso, se dice que la canaleta trabaja ahogada, y se debe a la presencia de un flujo subcrítico aguas abajo de la misma, el cual provocaría la formación de un resalto hidráulico entre la garganta y la zona de salida de la canaleta (Marbello, 2005).

Para distinguir cuando una canaleta opera con descarga libre o sumergida, se introduce el parámetro llamado grado de sumergencia, S , definido como:

$$S = \frac{H_b}{H_a} \quad (1)$$

Si $H_b \ll H_a$, el grado de sumergencia toma un valor relativamente bajo y menor que la unidad, se dice que la canaleta funciona con una descarga libre. Contrariamente, si H_b es menor, pero comparable con H_a , esto es $H_b \approx H_a$, S toma un valor relativamente alto y cercano a la unidad, y se dice que la canaleta opera con descarga sumergida o ahogada (Marbello, 2005). Las variables H_a y H_b , se pueden encontrar en la parte superior de la *Figura 1*, y hacen referencia a la altura del agua en esa ubicación.

4.2 Ecuaciones de la canaleta Parshall

Para hallar el caudal en una canaleta Parshall, se introdujo la siguiente ecuación:

$$Q = CH_a^m \quad (2)$$

Donde **C** es una constante que reúne parámetros geométricos y físicos en la ecuación; **H_a** es la altura de la lámina de agua a la entrada del canal (como se verá posteriormente) y **m**, es un valor que depende de la canaleta que se esté utilizando, ya que, para distintos rangos de caudal, las dimensiones de la canaleta Parshall varían.

Luego de realizar numerosos ensayos en las canaletas Parshall, se llegó a ecuaciones empíricas para calcular el valor del caudal, estas ecuaciones se muestran en la *Tabla 1*.

Tamaño W (pies)	Condición de descarga libre $S = H_b/H_a$	Ecuación empírica para el caudal Q (pies ³ /s) ; H_a (pies)
0.25	$S \leq 0.6$	$Q = 0.992 H_a^{1.547}$
0.5	$S \leq 0.6$	$Q = 2.06 H_a^{1.58}$
0.75	$S \leq 0.6$	$Q = 3.07 H_a^{1.53}$
$1 \leq W \leq 8$	$S \leq 0.7$	$Q = 4 W H_a^{1.522} W^{0.026}$
$10 \leq W \leq 50$	$S \leq 0.8$	$Q = (3.6875 W + 2.5) H_a^{1.6}$

Tabla 1 Valores del caudal para diferentes anchos de garganta (Marbello, 2005)

Los valores de **H_a** y **H_b** , se miden en la zona de ubicación de pozos que se muestran en la *Figura 2* y en la *Figura 3*.



Figura 2 Ubicación de la zona de medición (Canal Parshall, casi cien años midiendo caudales - HidrojING, 2016)

Cabe aclarar que la distancia X es el mismo valor que se encuentra en la *Tabla 2*.

4.3 Dimensiones de la canaleta Parshall

Para dimensionar correctamente una canaleta Parshall como aforador, es crucial conocer el valor del caudal, a partir del cual se determina el ancho de garganta necesario para el dimensionamiento de la canaleta Parshall. La *Tabla 2* proporciona una referencia útil al presentar las dimensiones de la canaleta Parshall en relación con el rango de caudales.

Ancho de la garganta		Dimensiones estandarizadas, en centímetros															Capacidad a flujo libre	
W (pulg)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	Mín. (l/s)	Máx. (l/s)	
1"	2.54	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9	40.64	30.48	30.25	2.54	3.81	N.D.	N.D.
3"	7.62	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7	40.64	30.48	90.17	5.08	7.62	0.850	53.802
6"	15.24	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4	40.64	30.48	107.95	5.08	7.62	1.416	110.436
9"	22.86	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4	50.80	38.10	149.23	5.08	7.62	2.549	252.020
1'	30.48	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	167.64	5.08	7.62	3.115	455.901
1 ½'	45.72	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	185.42	5.08	7.62	4.248	696.594
2'	60.96	61.0	152.5	149.0	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	222.25	5.08	7.62	11.893	937.288
3'	91.44	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	271.15	5.08	7.62	17.273	1427.169
4'	121.92	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	307.98	5.08	7.62	36.812	1922.714
5'	152.4	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	344.17	5.08	7.62	45.307	2423.922
6'	182.88	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	381.00	5.08	7.62	73.624	2930.794
7'	213.36	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	417.20	5.08	7.62	84.951	3437.665
8'	243.84	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9						99.109	3950.200
10'	304.8	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3						200.00	5660.000

Tabla 2 Dimensiones de la canaleta Parshall en función del ancho de garganta (Marbello, 2005)

La ubicación de las variables de las dimensiones se muestra en la *Figura 3* y la *Figura 4*.

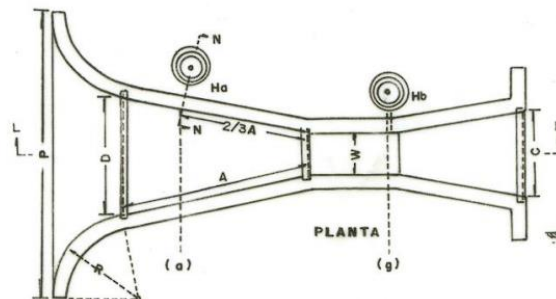


Figura 3 Dimensiones en planta de la canaleta Parshall (Marbello, 2005)

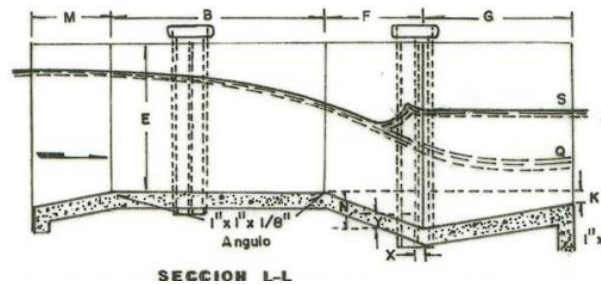


Figura 4 Dimensiones en perfil de la canaleta Parshall (Marbello, 2005)

5. Implementación de la simulación

5.1 Descripción del problema

Se requiere verificar, mediante el software HEC-RAS, las alturas presentes en una canaleta Parshall existente, y determinar si el flujo se encuentra en descarga libre. Esta evaluación es necesaria debido a que los pozos de inspección se encuentran obstruidos por la sedimentación generada durante un evento de alta avenida en el canal. Se sabe que la canaleta tiene un ancho de garganta de 243.84 [cm] y el caudal que fluye a través del canal es de 1 [m³/s]

5.2 Procedimiento de implementación

Teniendo en cuenta el valor del ancho de garganta que es de 8' o 243.84 [cm], se procede a determinar las dimensiones de la canaleta a partir de la *Tabla 3*, como se muestra a continuación:

Ancho de la garganta		Dimensiones estandarizadas, en centímetros														Capacidad a flujo libre		
W (pulg)	W (cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	Mín. (l/s)	Máx. (l/s)	
1"	2.54	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9	40.64	30.48	30.25	2.54	3.81	N.D.	N.D.
3"	7.62	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7	40.64	30.48	90.17	5.08	7.62	0.850	53.802
6"	15.24	15.2	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4	40.64	30.48	107.95	5.08	7.62	1.416	110.436
9"	22.86	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4	50.80	38.10	149.23	5.08	7.62	2.549	252.020
1'	30.48	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	167.64	5.08	7.62	3.115	455.901
1 ½'	45.72	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	185.42	5.08	7.62	4.248	696.594
2'	60.96	61.0	152.5	149.0	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	50.80	38.10	222.25	5.08	7.62	11.893	937.288
3'	91.44	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	271.15	5.08	7.62	17.273	1427.169
4'	121.92	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	307.98	5.08	7.62	36.812	1922.714
5'	152.4	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	344.17	5.08	7.62	45.307	2423.922
6'	182.88	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	381.00	5.08	7.62	73.624	2930.794
7'	213.36	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9	60.96	45.72	417.20	5.08	7.62	84.951	3437.665
8'	243.84	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9						99.109	3950.200
10'	304.8	305.0	274.5	427.0	366.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3						200.00	5660.000

Tabla 3 Dimensiones de la canaleta Parshall en función del ancho de garganta W (Marbello, 2005)

Extrayendo los valores de la *Tabla 3*, se encuentran las dimensiones para la canaleta Parshall, siendo estas:

$$\begin{aligned}
 W &= 243.84 \text{ [cm]} & E &= 91.5 \text{ [cm]} \\
 A &= 244 \text{ [cm]} & F &= 61 \text{ [cm]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} B = & 239.2 \text{ [cm]} & G = & 91.5 \text{ [cm]} \\ C = & 274.5 \text{ [cm]} & K = & 7.6 \text{ [cm]} \\ D = & 340.0 \text{ [cm]} & N = & 22.9 \text{ [cm]} \end{array}$$

Y a partir de ello se establece la representación en planta de la canaleta como se muestra en la *Figura 5*, teniendo en cuenta las dimensiones mencionadas anteriormente pero ahora en unidades de metros.

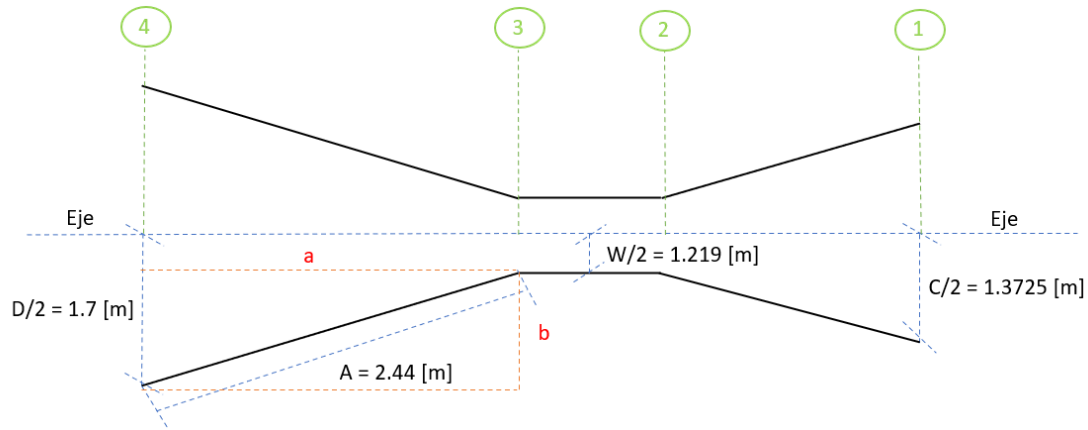


Figura 5 Representación en planta de la canaleta Parshall

El valor de **b**, que se encuentra en rojo, se halla a partir de la sustracción entre el valor de **D/2** y **W/2**. De este modo, utilizando el teorema de Pitágoras ($A^2 = a^2 + b^2$) y teniendo en cuenta que $A = 2.44$ [m] se halla el valor de **a**, en color rojo que es de 2.39 [m].

También se puede representar el perfil longitudinal mediante la *Figura 6*

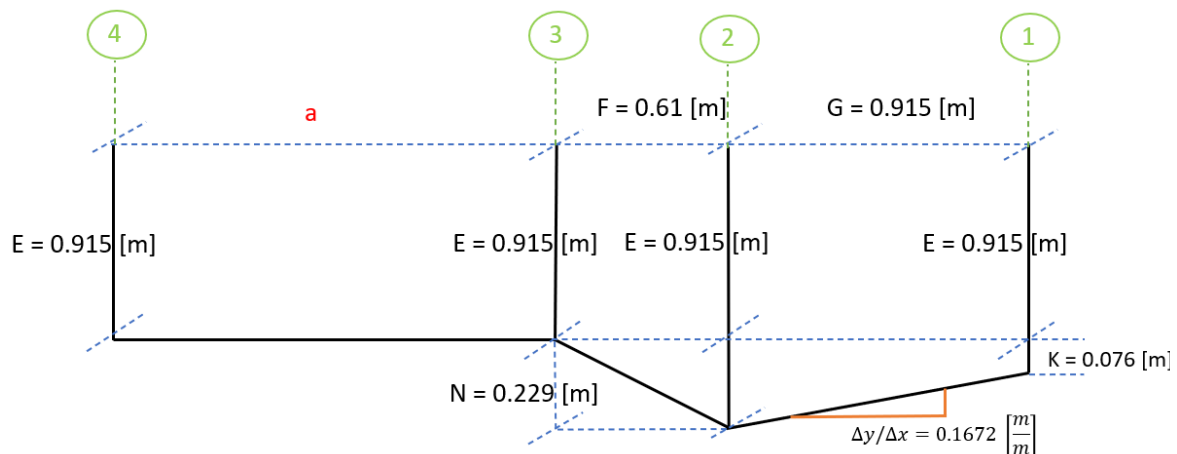


Figura 6 Vista del perfil longitudinal del canal

Es así, que se pueden construir las secciones transversales en HEC-RAS, como se muestra en la *Figura 7*, *Figura 8*, *Figura 9* y *Figura 10*.

✓ Para la sección 1:

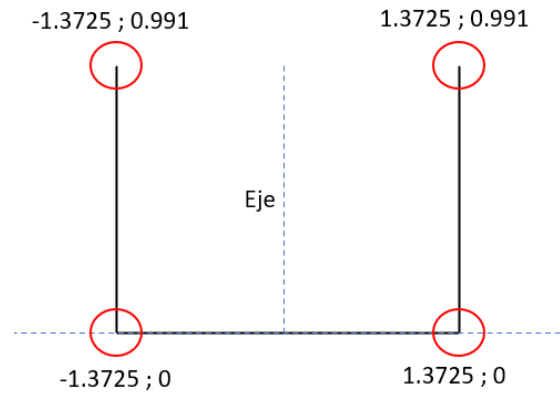


Figura 7 Representación de la sección 1 para la canaleta Parshall

✓ Para la sección 2:

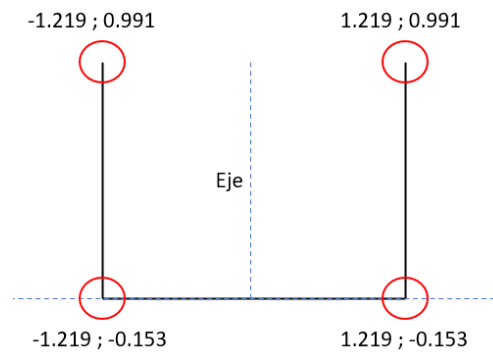


Figura 8 Representación de la Sección 2 para la canaleta Parshall

✓ Para la sección 3:

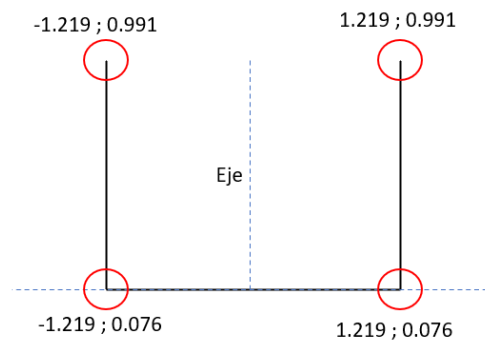


Figura 9 Representación de la Sección 3 para la canaleta Parshall

✓ Para la sección 4:

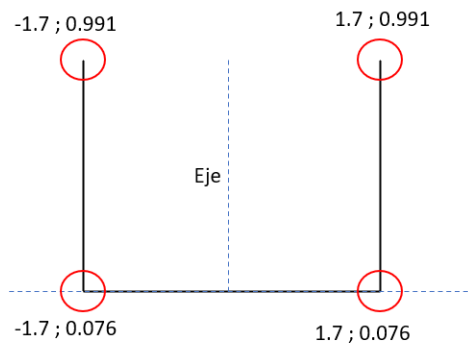


Figura 10 Representación de la Sección 4 para la canaleta Parshall

Y además de esto, se puede evidenciar las secciones transversales en una vista 3D, como se muestra en la *Figura 11*.

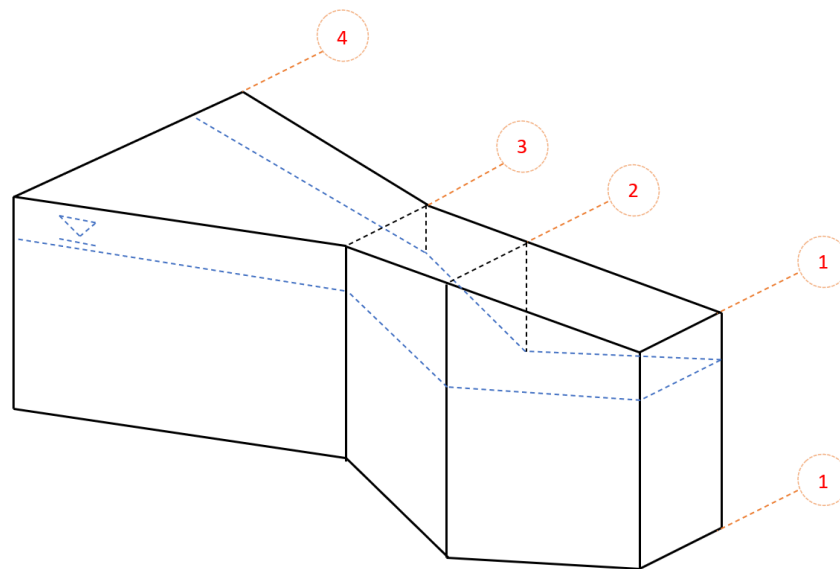


Figura 11 Secciones transversales en una vista 3D de la canaleta Parshall

Teniendo claro el problema a trabajar, se procede a abrir HEC-RAS para iniciar el proceso de simulación.

5.2.1 Abrir el programa HEC-RAS

- ✓ Busque el acceso directo que se creó al instalar HEC-RAS, y ejecute el programa

5.2.2 Creación del proyecto

En este paso proceda a crear el proyecto de tal manera que se guarde en una ubicación segura dentro del ordenador

- ✓ Ingrese al programa HEC-RAS, haga clic en *File>New Project*

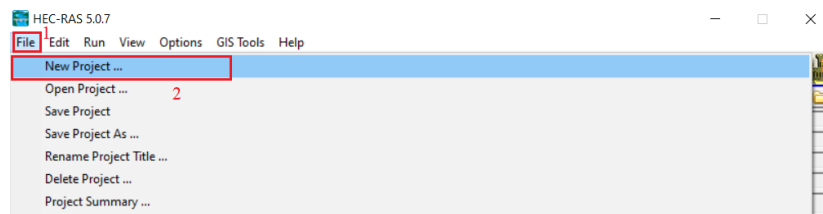


Figura 12 Ventana principal de HEC-RAS versión 5.0.7

- ✓ Haga clic en el botón *Default Project Folder*, y luego de esto haga clic en el botón *Create Folder*

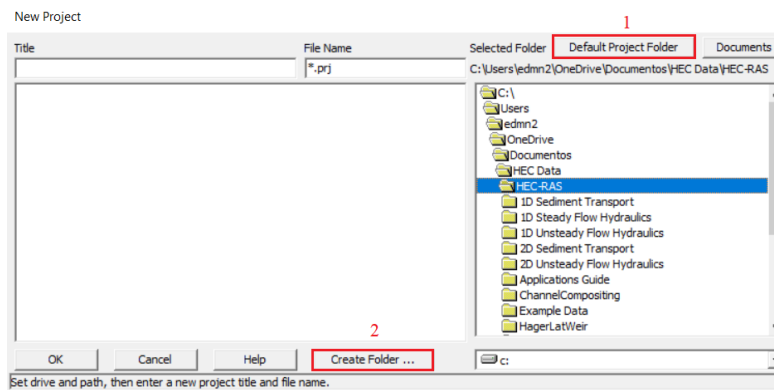


Figura 13 Ventana para la creación de una carpeta nueva

- ✓ En la ventana emergente ingrese el nombre de la carpeta *Simulación 9*

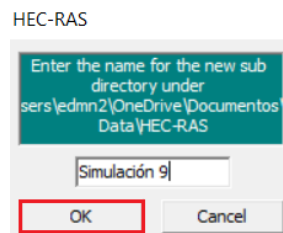


Figura 14 Ventana para nombrar la nueva carpeta

- ✓ Haga clic en “OK”. La nueva carpeta se muestra en la ruta seleccionada

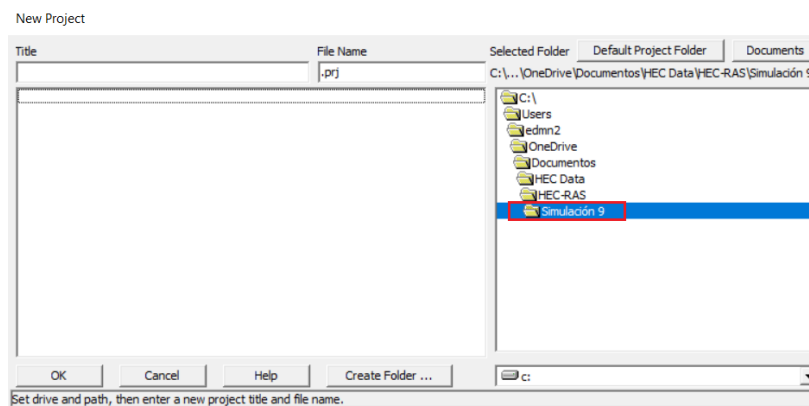


Figura 15 Ventana del proyecto con una nueva carpeta asignada

- ✓ Ingrese el nombre del proyecto “Práctica_9” en el campo Title. Acepte la asignación del nombre presionando la tecla “OK”

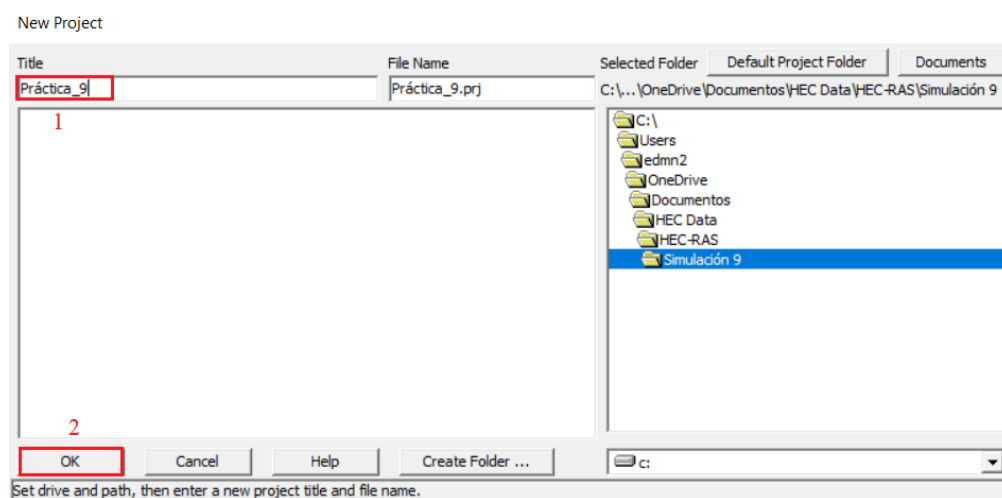


Figura 16 Ventana para nombrar el proyecto

- ✓ La ventana emergente busca confirmar la creación del proyecto en la ruta seleccionada. Si está de acuerdo, seleccione “Aceptar”

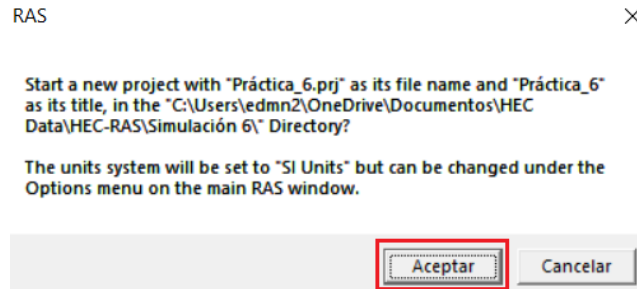


Figura 17 Ventana que muestra el nombre y ubicación del proyecto

Verifique que el sistema de unidades de medida con el que está trabajando el programa sea el internacional.

5.2.3 Ingreso de los datos geométricos

- ✓ Después de hacer clic en el icono *Aceptar* de la Figura 17, aparecerá la ventana principal de HEC-RAS, que se muestra en la Figura 18. Allí, debe ingresar a *Geometric Data*

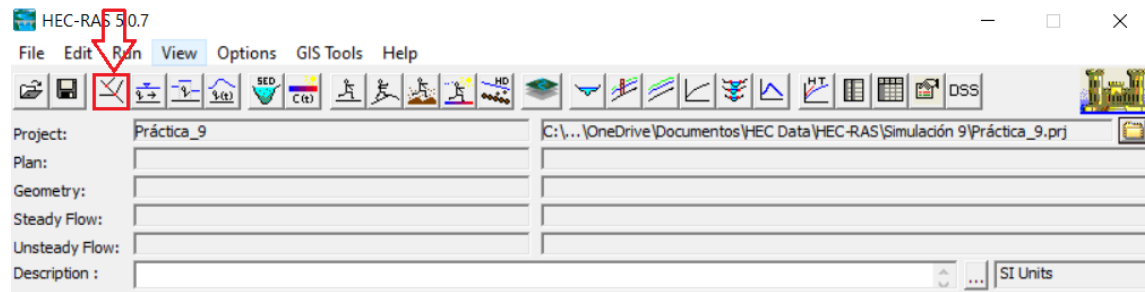


Figura 18 Ventana principal de HEC-RAS y el icono de Geometric Data

- ✓ Debe mostrarse la siguiente ventana, donde debe presionar el ícono de *River Reach* (Figura 20)

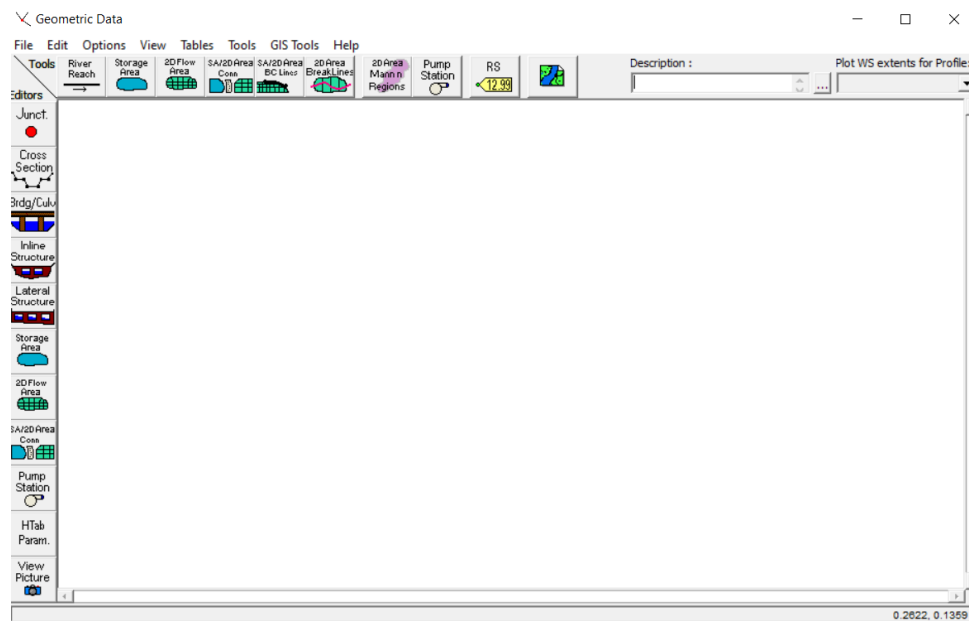


Figura 19 Ventana de datos geométricos



Figura 20 Icono de river reach

- ✓ Seguido a esto haga un clic izquierdo en la parte superior izquierda de la ventana y trace una diagonal, de modo que, en la parte inferior derecha, hará doble clic izquierdo (Figura 21). En la ventana emergente que se mostrará, ingrese el nombre del río y el canal (Figura 22). Posteriormente presione “OK”.

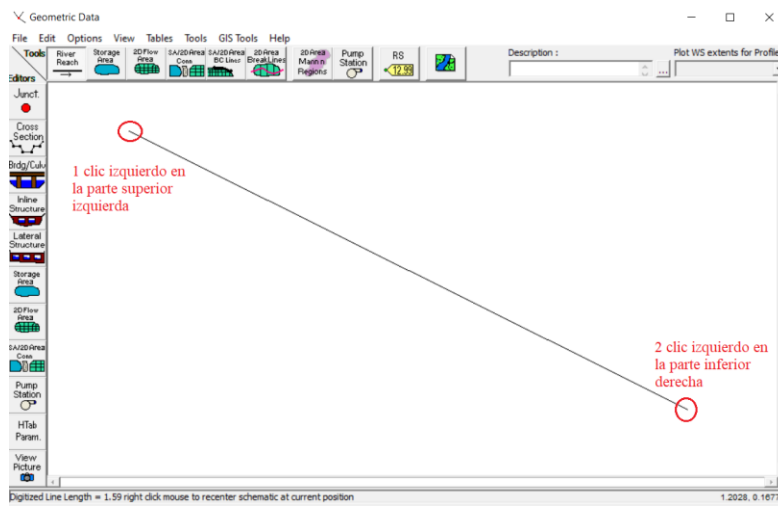


Figura 21 Ventana para definir del canal

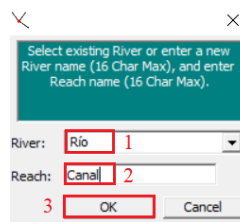


Figura 22 Ventana para nombrar el río y el canal

✓ Obtendrá el siguiente resultado

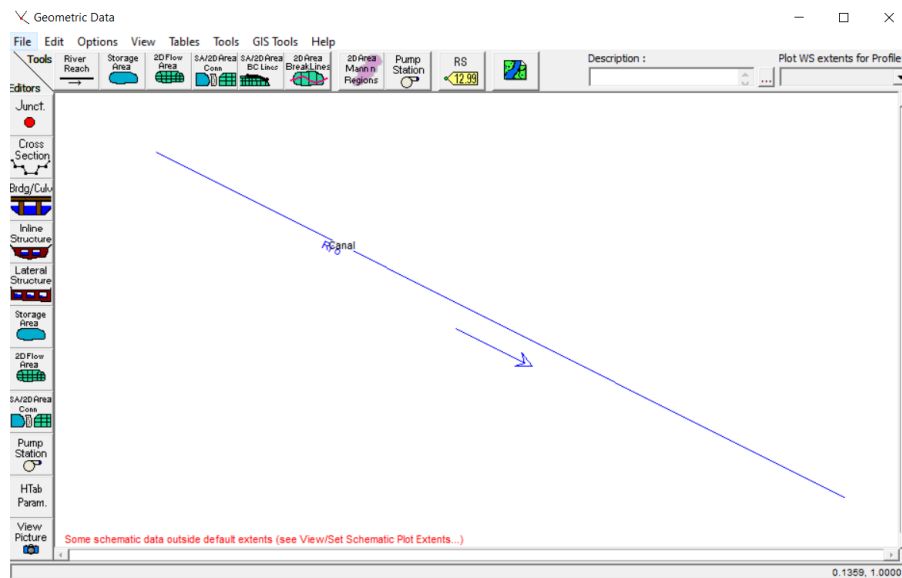


Figura 23 Ventana de creación del canal en los datos geométricos

- ✓ Ahora, se crearán las secciones transversales. Para esto, ingrese a *Cross Section*, mediante el ícono mostrado a continuación:



Figura 24 Icono de sección transversal

- ✓ Aparecerá la siguiente ventana en la cual podrá agregar datos de secciones transversales (Figura 25)

La ventana 'Cross Section Data' muestra los siguientes campos y tablas:

- River:** Río
- Reach:** Canal
- River Sta.:** [Campo vacío]
- Description:** [Campo vacío]
- Del Row:** [Botón]
- Ins Row:** [Botón]
- Cross Section Coordinates:**

	Station	Elevation
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
- Downstream Reach Lengths:**

LOB	Channel	ROB
- Manning's n Values:**

LOB	Channel	ROB
- Main Channel Bank Stations:**

Left Bank	Right Bank
- Cont'Exp Coefficient (Steady):**

Contraction	Expansion

El panel de la derecha muestra 'No Data for Plot'.

Figura 25 Ventana para ingresar los datos de sección transversal

- ✓ Vaya a *Options>Add New Cross Section*, para agregar la primera sección transversal de la canaleta

La ventana 'Cross Section Data' muestra el menú 'Options' abierto. El ítem 'Add a new Cross Section ...' está resaltado con un recuadro rojo. El ítem 'Options' en el menú superior está etiquetado con el número 1, y el ítem 'Add a new Cross Section ...' en el menú está etiquetado con el número 2.

Figura 26 Ventana para añadir una nueva sección transversal

5.2.4 Sección 1

- ✓ En la ventana emergente se solicita un identificador para la sección transversal. En este caso comience a numerar las secciones transversales desde aguas abajo hacia aguas arriba. Así que ingrese el valor de 1 y presione *OK*

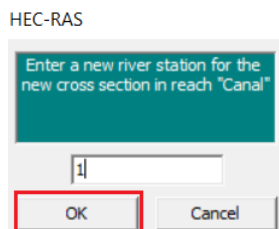


Figura 27 Ventana para la primera sección transversal

- ✓ Ahora ubíquese en *Cross Section Coordinates*. Allí, en la columna *Station* debe ingresar las distancias horizontales de la sección, a partir del eje de la canaleta; mientras que en la columna *Elevation*, debe ingresar las coordenadas en altura para la sección en cuestión. En base a la *Figura 7*, donde se encuentran los datos para la sección 1, ingrese las coordenadas de cada punto, como se muestra a continuación, y haga clic en *Apply Data*:

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	-1.3725	0.991
2	-1.3725	0
3	1.3725	0
4	1.3725	0.991

Figura 28 Ventana para ingresar los valores de sección transversal

- ✓ Debido a que no existen más sección aguas abajo de la 1, proceda a dejar los valores de distancia hasta sección inmediata aguas abajo (*Downstream Reach Lengths*) con valores de cero (0).
- ✓ El valor del coeficiente de rugosidad de Manning debe ingresarse para los tres márgenes (LOB, Channel y ROB), cuyo valor corresponde al de un canal revestido en concreto y es de 0,013.
- ✓ Ingrese los puntos que definen la parte de la sección que se considera canal principal en *Main Channel Bank Station*, que para el ejemplo corresponde a -1.3725 a la izquierda y 1.3725 a la derecha.
- ✓ Los datos de contracción y extracción (*Cont/Ext Coefficient Steady*) son usados por el programa para determinar las pérdidas de energía entre dos secciones. Ingrese un valor de cero (0) para ambos casos. Ya que esto genera una corrección por expansión y contracción del canal que no deseamos calcular.
- ✓ Ingrese *Sección 1* en el apartado de *Description*.
- ✓ Finalmente haga clic en *Apply Data* y obtendrá una sección transversal como se muestra en la *Figura 29*

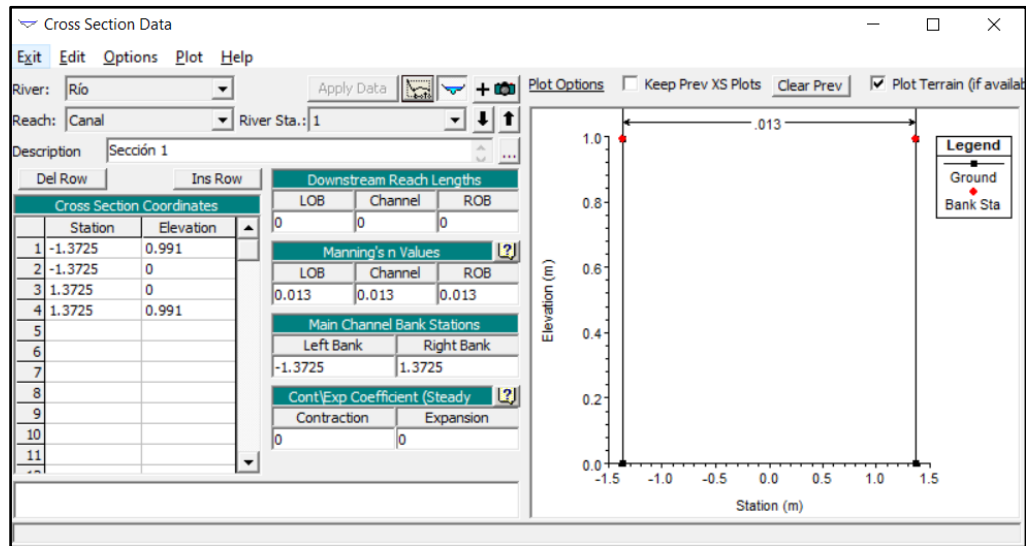


Figura 29 Ventana de la Sección 1

5.2.5 Sección 2

- ✓ La sección 2 solo difiere de la sección 1 en 0.915 metros en distancia horizontal. Lo que permite copiar la sección 1 y realizar los respectivos cambios en los anchos en la altura y grosor de la sección, como se muestra en la *Figura 8*
- ✓ Para copiar la sección haga clic en *Options* y luego *Copy Current Cross Section* (*Figura 30*)

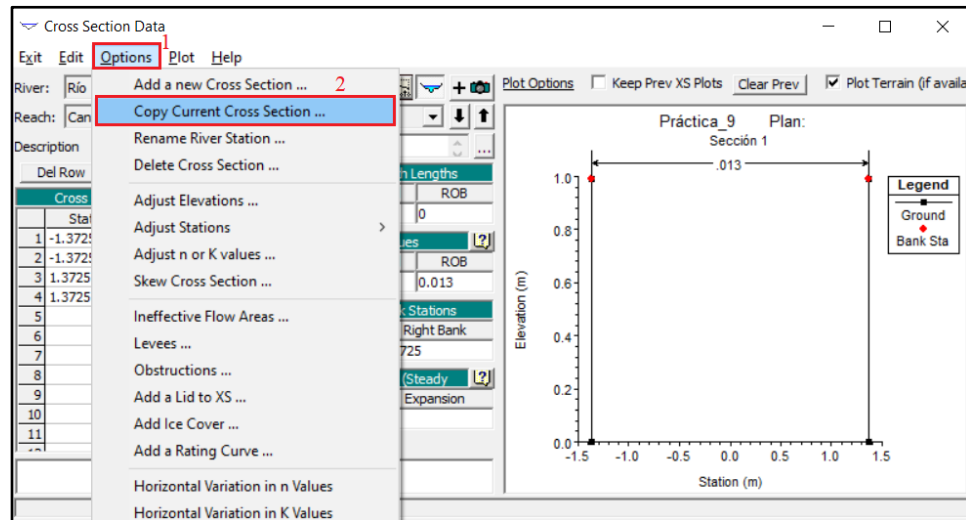


Figura 30 Ventana para copiar una sección transversal

- ✓ En la ventana emergente, en *River Stat:* ingrese el número de sección transversal que se trabajará, para este caso la 2, y haga clic en *Ok*. (*Figura 31*)

Copy Cross Section

Select a River and Reach and then enter a new river station.

River: Río

Reach: Canal

River Sta: 2

OK Cancel

Figura 31 Ventana para identificar la nueva sección transversal

- ✓ Una vez copiada la sección aparecerá una nueva sección con el indicativo 2 en la sección *River Sta.:*

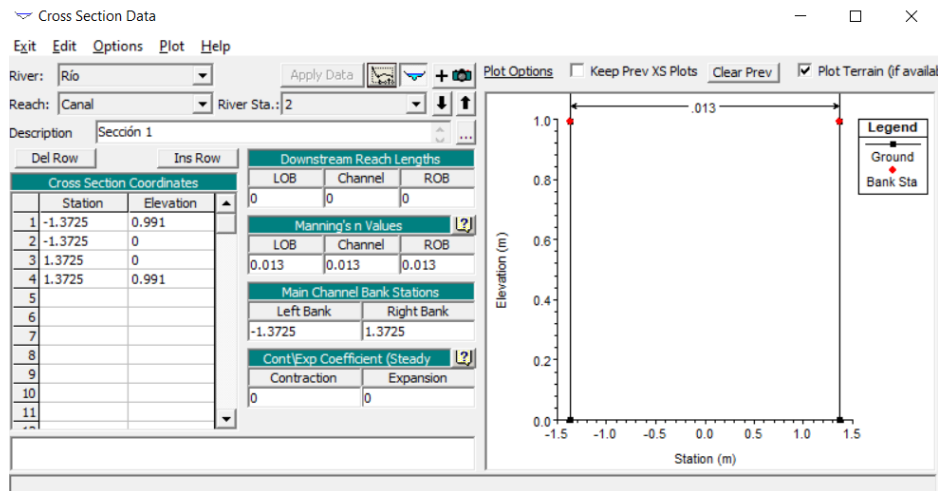


Figura 32 Ventana de la sección copiada (Sección 2)

Realice los siguientes cambios:

- ✓ Cambie la descripción por *Sección 2*.
- ✓ En la sección de *Cross Section Coordinates*, ingrese los valores que hacen referencia a la sección 2 (ver *Figura 8*)

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	-1.219	0.991
2	-1.219	-0.153
3	1.219	-0.153
4	1.219	0.991

Figura 33 Valores de Cross Section Coordinates

- ✓ En *Downstream Reach Lengths* ingrese la longitud desde la sección 2 hasta la sección 1. Este valor es igual a G ($G = 0.915$ [m])
- ✓ Finalmente cambie los valores de *Main Channel Bank Stations* por -1.219 y 1.219

Una vez realizados los cambios, debe obtener lo siguiente:

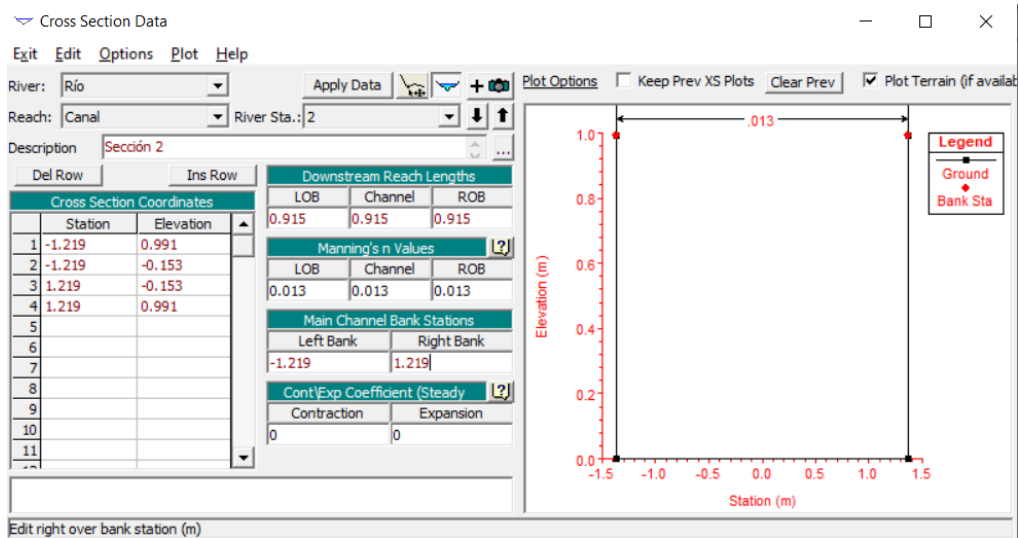


Figura 34 Ventana para editar las elevaciones

- ✓ Haga clic en *Apply Data*. Verifique que los valores en rojo hayan cambiado su color a negro, esto indica que se han guardado los cambios ingresados para la sección 2.

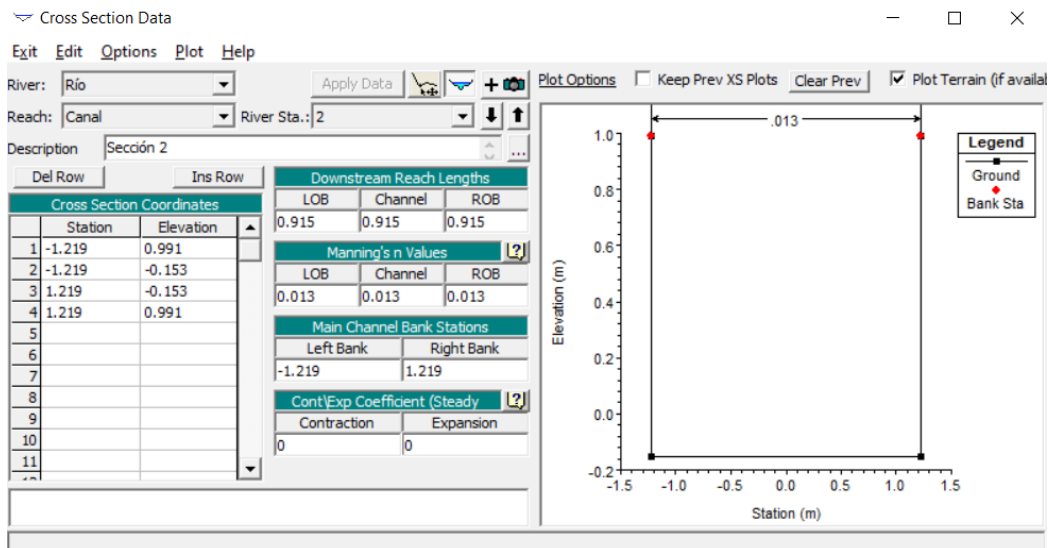


Figura 35 Ventana de la Sección 2

5.2.6 Secciones 3 y 4

Siguiendo el procedimiento aplicado para construir la sección 2, cree las secciones 3 y 4, teniendo en cuenta que:

- ✓ La sección 3 solo difiere de la sección 2 en una distancia (*Downstream Reach Lengths*) de 0.61 [m]. Entre la sección 3 y la 4 hay una distancia de 2.39 [m], la cual hace referencia a la letra **a** de color rojo (ver Figura 5);

- ✓ Las coordenadas de las secciones 3 y 4 se muestran en la *Figura 9* y en la *Figura 10*, respectivamente.
 - ✓ El valor del coeficiente de rugosidad de Manning sigue siendo de 0.013, puesto que se trabaja sobre la canaleta revestida en concreto.
 - ✓ Mantenga los coeficientes de contracción y expansión en cero (0)
- De este modo debe obtener las secciones 3 (ver *Figura 36*) y 4 (ver *Figura 37*).

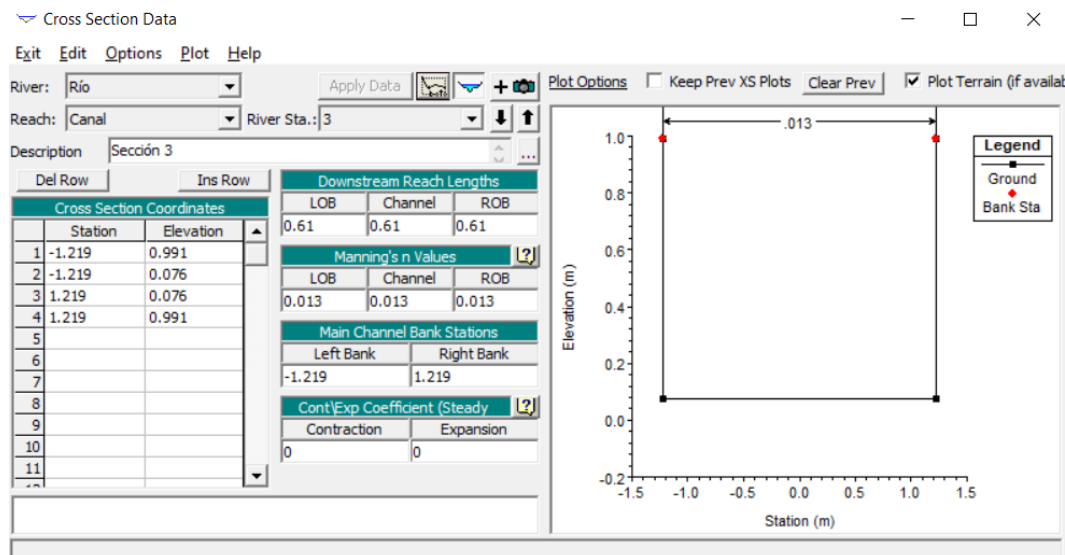


Figura 36 Ventana de la Sección 3

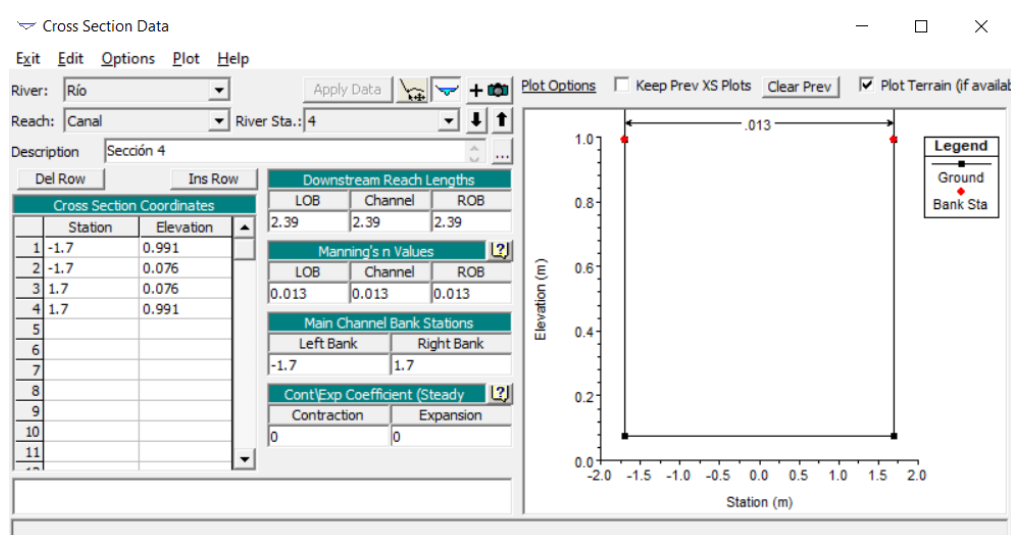


Figura 37 Ventana de la Sección 4

5.2.7 Guardar la información de las secciones transversales

Una vez finalizada la sección anterior, proceda a realizar el salvado de los datos geométricos ingresados. Para esto desarrolle el siguiente procedimiento:

- ✓ Cierre la ventana de *Cross Section Data*, de modo que vuelva a *Geometric Data*. Haga clic en *File>Save Geometry Data*

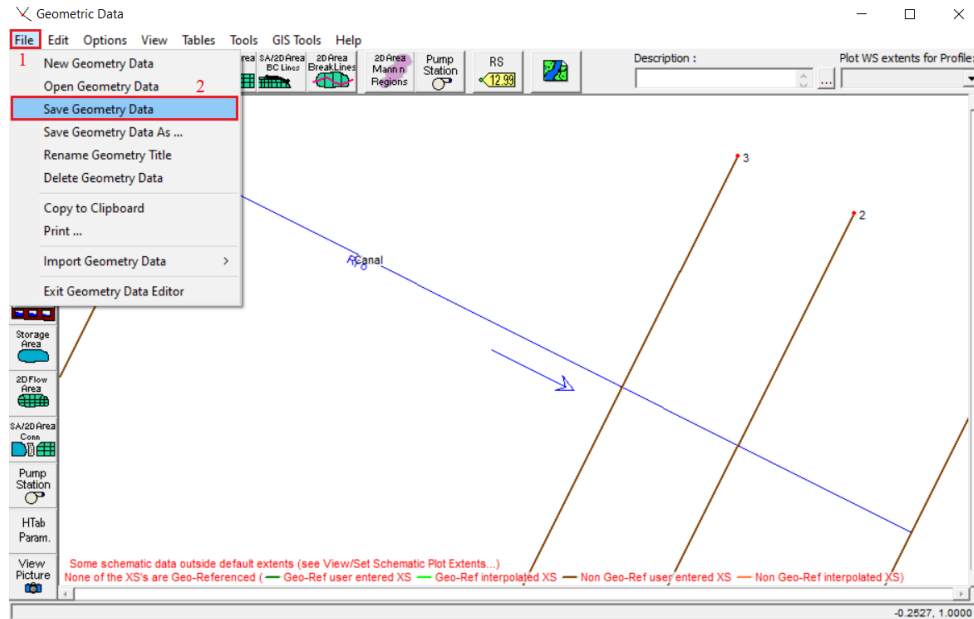


Figura 38 Ventana para el guardado de los datos geométricos

- ✓ Luego ingrese el nombre del salvado de la geometría que es *Geometría_9* y haga clic en *Ok* (Figura 39)

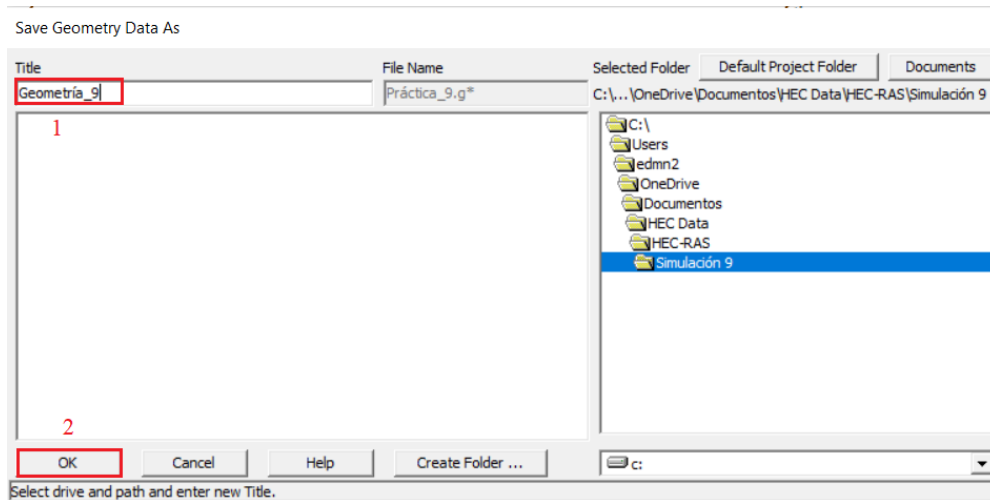


Figura 39 Ventana del guardado de los datos geométricos

De esta manera tendrá guardada la geometría de este ejercicio de simulación.

5.2.8 Interpolación de las secciones transversales

Con el ánimo de no extender tanto este documento, en el video orientativo de la novena simulación, se presentará un procedimiento para la interpolación de las secciones transversales y de esta manera, obtener resultados más precisos.

5.2.9 Ingreso de los datos del flujo

Se procederá a ingresar el valor del caudal y las condiciones de contorno, que para este caso será la pendiente. Hay que tener en cuenta que a la hora de ingresar valores en el programa HEC-RAS, se deben tener unas reglas en el ingreso de las condiciones de contorno que se pueden consultar a profundidad, en la siguiente página web: Página de Hidrojing (*Condiciones de contorno en HEC-Ras, simulación en régimen permanente - Hidrojing*, 2013): www.hidrojing.com

- ✓ Cierre la ventana de datos geométricos y llegará a la ventana principal de HEC-RAS mostrada en la *Figura 40*
- ✓ Haga clic en el botón *Steady Flow Data* (*Figura 40*), el cual lo llevará a la ventana inicial de datos del flujo, que se muestra en la *Figura 41*

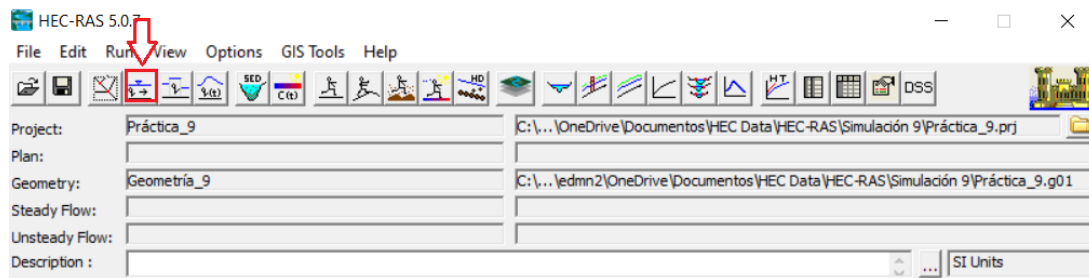


Figura 40 Ventana principal de HEC-RAS e icono de Steady Flow Data

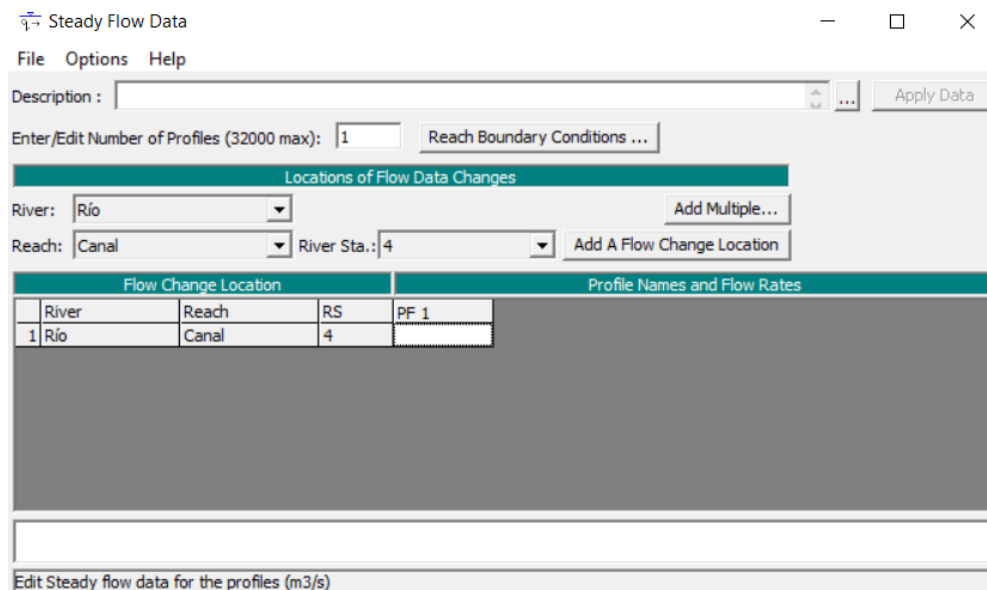


Figura 41 Ventana para ingresar los datos del flujo

- ✓ Haga clic en *Options > Edit Profile Names*

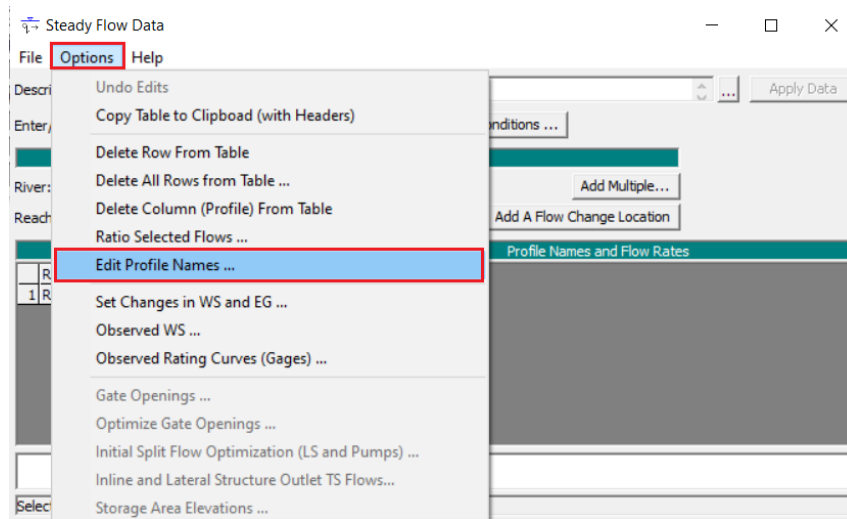


Figura 42 Ventana para editar nombre del perfil

- ✓ Cambie *PF 1* por *Caudal* y haga clic en *Ok* (Figura 43)

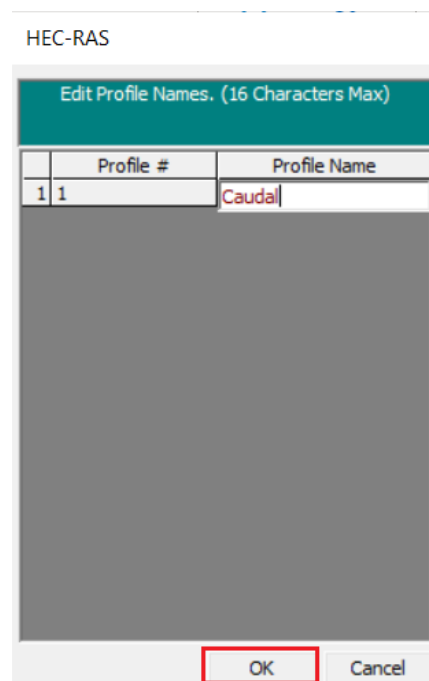


Figura 43 Ventana para cambiar de PF 1 a Caudal

- ✓ Volverá a la ventana inicial, donde debe hacer clic en la casilla blanca debajo de *Caudal* e ingresar el valor de *1* (que hace referencia al valor del caudal para este ejercicio) y haga clic en *Apply Data*

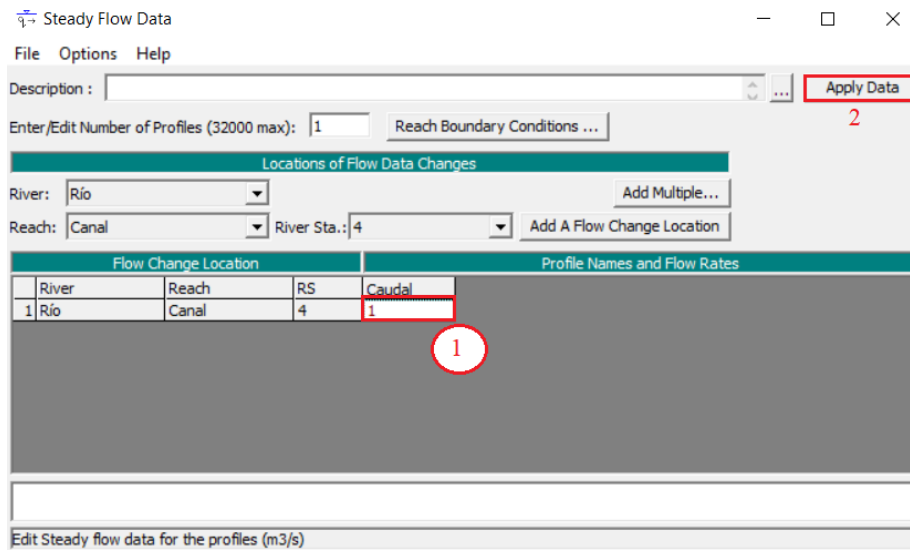


Figura 44 Ventana principal para ingresar los datos del flujo

Luego haga clic en *Reach Boundary Conditions*. En la ventana que se mostrará, haga clic en la casilla inmediatamente debajo de *Upstream*, presione *Normal Depth* (Figura 45) e ingrese el valor de 0.0001 y haga clic en OK (Figura 46)

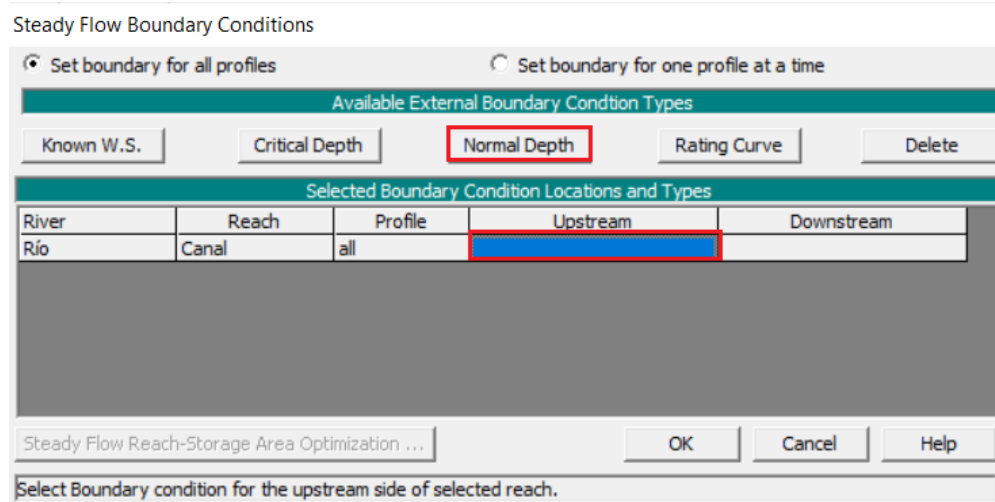


Figura 45 Ventana para ingresar las condiciones de contorno

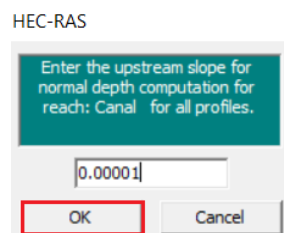


Figura 46 Ventana para ingresar la pendiente aguas arriba

- ✓ Repita el proceso seleccionando la casilla inmediatamente debajo de *Downstream*, seleccione *Normal Depth* e ingrese el valor de 0.1672 (el cual hace referencia a la pendiente entre las secciones 1 y 2, utilizando la imagen provista en la *Figura 6*) para luego dar clic en *Ok* (*Figura 47*)

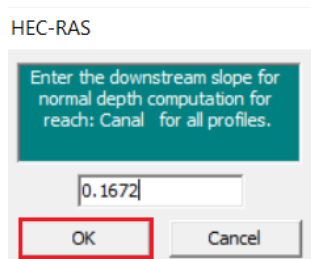


Figura 47 Ventana para ingresar la pendiente aguas abajo

Nota: Cabe resaltar que este valor depende de la pendiente particular entre las secciones 1 y 2, de modo que puede cambiar al realizar su propio diseño de la canaleta Parshall.

- ✓ Volverá a la ventana mostrada en la *Figura 48*. Haga clic en *OK*

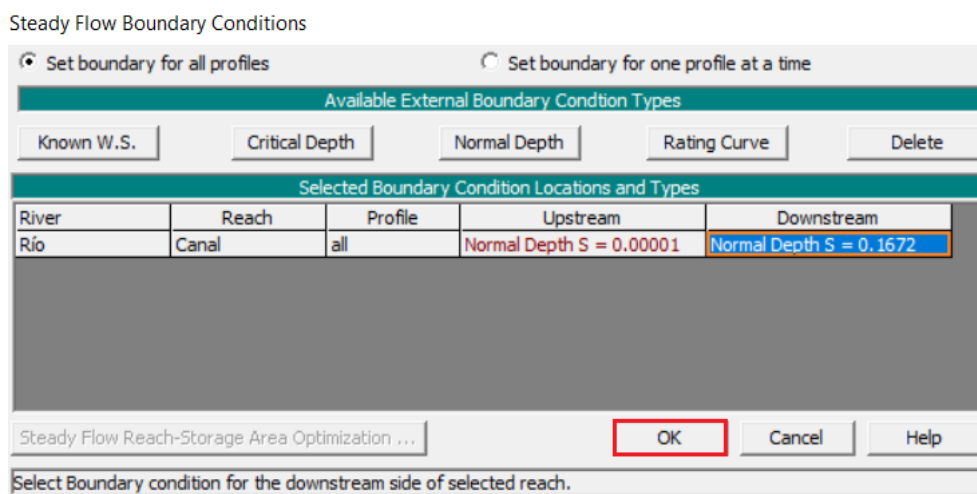


Figura 48 Ventana donde se finalizan las condiciones de contorno

5.2.10 Guardado de los datos del flujo

Para el guardado de los datos de flujo y condiciones de frontera, lleve a cabo el siguiente procedimiento:

- ✓ En la ventana *Steady Flow Data*, haga clic en *File>Save Flow Data* (*Figura 49*) y siga el mismo procedimiento usado para guardar los datos de geometría mostrados en la **sección 5.2.7 (Guardar la información de las secciones transversales)**, guardando el archivo bajo el nombre “Flow_9” (*Figura 50*)

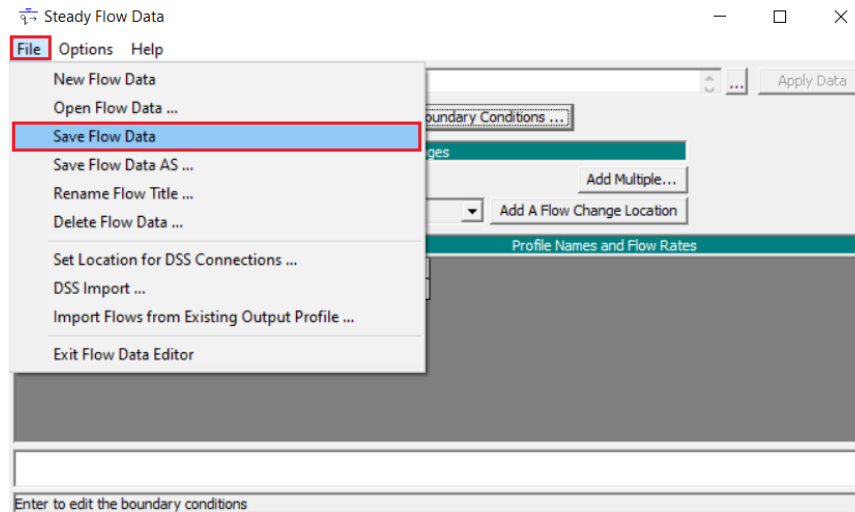


Figura 49 Ventana para el guardado de los datos del flujo

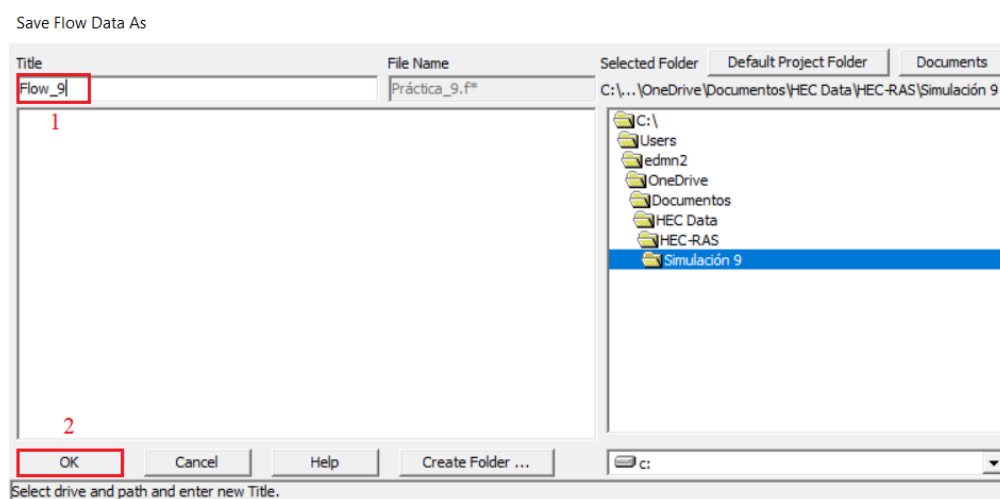


Figura 50 Ventana del guardado de los datos de flujo

5.2.11 Realizar la simulación

Para crear el plan de la simulación, lleve a cabo el siguiente procedimiento:

Cierre la ventana *Steady Flow Data*, de modo que regresará a la ventana principal de HEC-RAS. Haga clic en el botón de *Steady Flow Analysis* como se muestra en la *Figura 51*

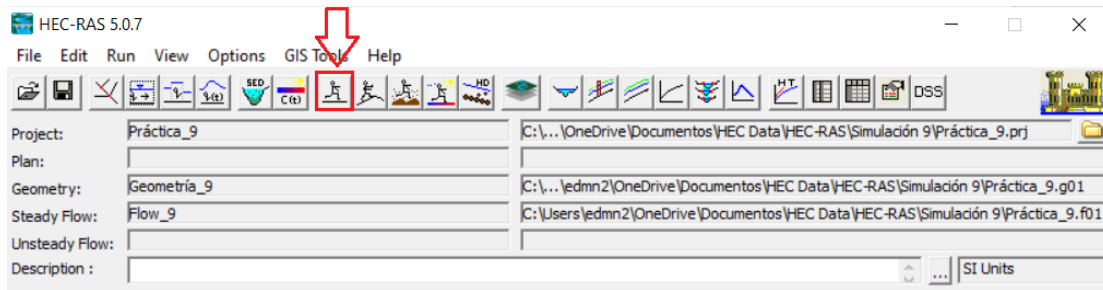


Figura 51 Icono de Steady Flow Analysis

- ✓ En la ventana de *Steady Flow Analysis* seleccione la casilla *Mixed* (Figura 52)

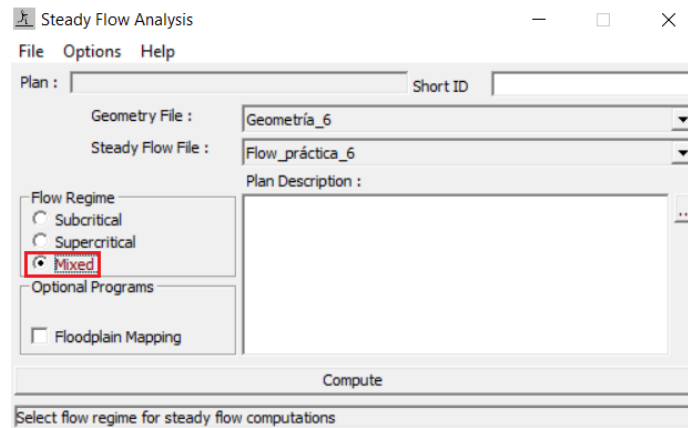


Figura 52 Ventana para escoger el Flujo mixto

- ✓ Haga clic en *File>Save Plan*. Ingrese el título “*Plan_9*” y luego haga clic en *OK*

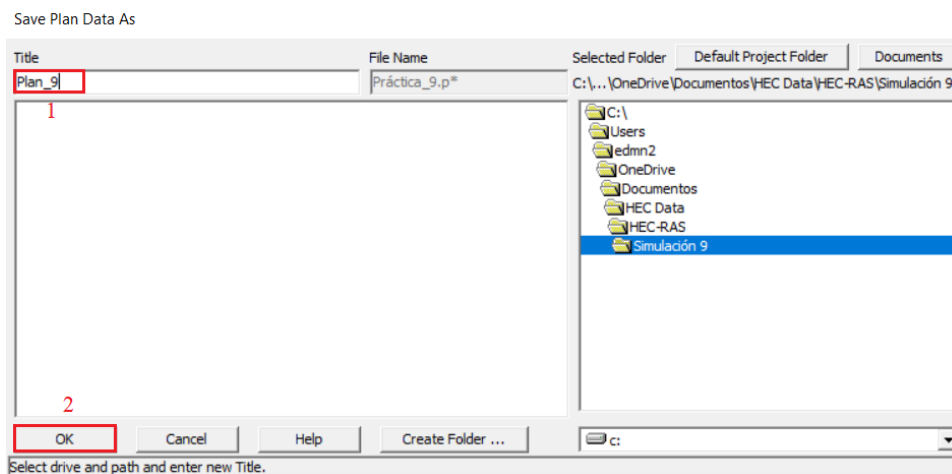


Figura 53 Ventana para nombrar el plan

- ✓ Se abrirá una ventana emergente donde introducirá el indicativo del plan, el cual es *01* (Figura 54)

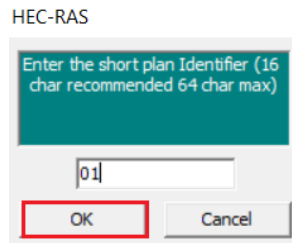


Figura 54 Ventana del identificativo del plan

- ✓ Finalmente, haga clic en *Compute* (Figura 55)

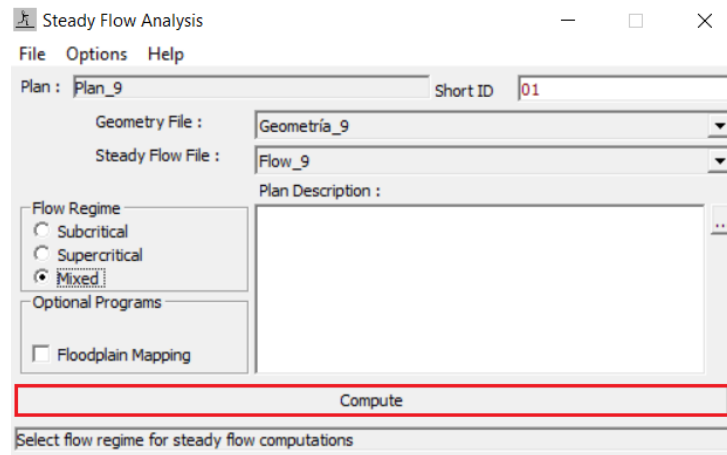


Figura 55 Icono de Computar

5.2.12 Resultados obtenidos

Para consultar los resultados obtenidos llevará a cabo el siguiente procedimiento:

- ✓ En la ventana principal de HEC-RAS, luego de haber realizado la simulación, proceda a ubicar las diferentes herramientas que tiene para la visualización de resultados las cuales se muestran en la Figura 56



Figura 56 Ventana principal de HEC-RAS

- ✓ La primera hace referencia a los resultados de las secciones transversales (Figura 57)



Figura 57 Icono de las Secciones transversales

- ✓ La segunda hace referencia al perfil longitudinal (Figura 58)



Figura 58 Icono del Perfil longitudinal

- ✓ La tercera hace referencia a la vista 3D del canal (*Figura 59*)



Figura 59 Icono de la Vista 3D

- ✓ La cuarta hace referencia a la tabla resumen de los resultados (*Figura 60*)



Figura 60 Icono de la Tabla resumen

Importante: Con el ánimo de no extender tanto este documento, la explicación de cómo obtener y visualizar los resultados se explicará a detalle en el video que hace referencia a esta guía de simulación; como también un procedimiento para realizar una interpolación en las secciones transversales, que será muy útil a la hora de obtener los resultados.

5.2.13 Guardado final del proyecto

Finalmente, para guardar todo el proyecto, incluidos los datos geométricos, de flujo y de simulación, ubíquese en la venta principal de HEC-RAS y haga clic en *File>Save Project*.

- ✓ Luego haga clic en *File* y finalmente haga clic en *Save Project* como se muestra en la *Figura 61*

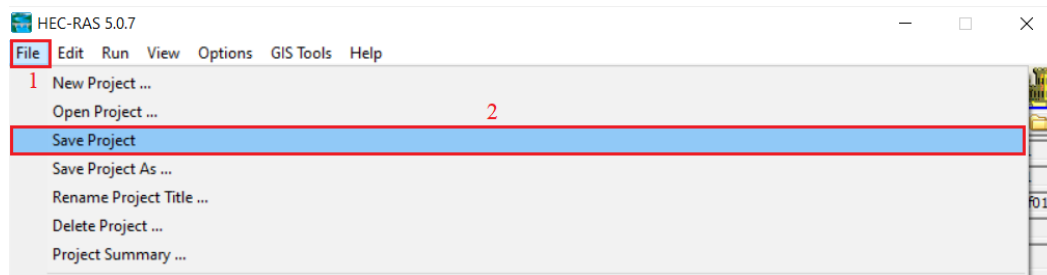


Figura 61 Guardado final del proyecto en HEC-RAS

5.3 Video de la simulación

A continuación, se presentará el enlace del video que hace referencia a la simulación número nueve presentada en este documento. Este video hace parte de una serie de tutoriales que apoyan al usuario en el manejo del programa computacional abordado en cada una de las simulaciones.

- ✓ Enlace del video: <https://www.youtube.com/watch?v=z0TB6OJintg>

5.4 Información Adicional

Esta información es necesaria en la parte final del video que hace referencia a este documento.

- ✓ [Canal Parshall, casi cien años midiendo caudales - HidrojING](#)
- ✓ [USBR Water Measurement Manual - Chapter 8 - FLUMES, Section 10. Parshall Flumes](#)
- ✓ [4. MEDIDORES DE RÉGIMEN CRÍTICO \(unal.edu.co\)](#)

6. Descripción del entregable

6.1 Entregables de la simulación inicial

Debe entregar un documento en formato PDF donde muestre una captura de toda la pantalla (no solo una sección del programa computacional sino **TODA LA PANTALLA DEL ESCRITORIO**) de los siguientes pasos durante el proceso.

- ✓ Las secciones transversales representadas en la *Figura 29*, *Figura 35*, *Figura 36* y *Figura 37*
- ✓ Los valores de caudal y condiciones de contorno representadas en la *Figura 44* y *Figura 48*
- ✓ El plan del análisis de flujo permanente representado en la *Figura 55*
- ✓ Y los resultados presentados en la *Figura 57*, *Figura 58*, *Figura 59* y *Figura 60*

6.2 Preguntas de análisis

1. Realice una breve conceptualización de lo que comprende por canaleta Parshall, teniendo en cuenta aspectos como la historia, entre otros aspectos tratados en este documento (puede incluir contenido presente en la web y en los documentos presentados en la sección **5.4 Información adicional**). La extensión máxima de esta conceptualización debe ser de 200 palabras.
2. Utilizando la ecuación del caudal para un ancho de garganta de 8 pies o 2.43 [m], y la explicación mostrada en el video de la simulación, encuentre el valor del caudal utilizando la ecuación presentada en la *Tabla 1*. Presente evidencia del proceso realizado y tenga en cuenta que el valor de sumergencia para este problema es de 0,7.
3. Compare el caudal calculado en el punto anterior con el caudal inicial de 1 [m³/s] y halle un valor de porcentaje de error, presentando conclusiones de las posibles causas en la diferencia entre los valores de caudal.
4. Manteniendo el diseño de la canaleta Parshall antes realizado, escoja un valor de caudal entre 0.25 [m³/s] y 0.95 [m³/s]; de tal manera que realice una nueva corrida con este valor y realice una breve explicación de cada una de las respuestas que se muestran en la *Figura 57*, *Figura 58*, *Figura 59* y *Figura 60*, para la nueva simulación. Además de esto, realice el procedimiento para hallar el valor del caudal teórico y compararlo con el caudal que escogió (encontrando un valor de porcentaje de error y mencionando las posibles causas de este). Finalmente presente conclusiones de todo el proceso realizado, incluyendo lo aprendido en el desarrollo de este.

7. Referencias Bibliográficas

Canal Parshall, casi cien años midiendo caudales—HidrojING. (2016, julio 12). <https://www.hidrojing.com/canal-parshall-casi-cien-anos-midiendo-caudales/>

Condiciones de contorno en HEC-Ras, simulación en régimen permanente—HidrojING. (2013, marzo 25). <https://www.hidrojing.com/condiciones-de-contorno-en-hec-ras/>

Marbello, R. (2005). 4. *Medidores en régimen crítico*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21725/3353962.2005.Parte%208.pdf?sequence=5&isAllowed=y>