

**EMPLEO DE LAS TIC PARA SIMULAR LA SECCIÓN HIDRÁULICA DE UN
PUENTE DE CARRETERA**

USE OF ICT TO IMITATE THE HYDRAULIC SECTION OF A ROAD BRIDGE

Ing. Luis David Céspedes Domínguez (0000-0001-8291-6589), Universidad de Matanzas,

luisdavid9407@nauta.cu

Est. CPE. Yurien Torres Alba

Dr. C. Ing. Manuel Pedroso Martínez (0000-0001-9767-9379)

Resumen

Entre las tantas aplicaciones de las TIC en las Ciencias Técnicas, destacan la materialización de problemas numéricos en programas informáticos como el HEC-RAS para realizar estudios de estructuras hidráulicas como los puentes. Se persigue como objetivo de la investigación demostrar el uso de dicho programa para simular la sección hidráulica de un puente, teniendo en cuenta como requisito imprescindible a cumplir el valor de altura mínima bajo viga que debe tener para evacuar el caudal que pasa bajo él. Se destaca la versatilidad y confiabilidad de la tecnología investigada, y la importancia de su uso en los proyectos más exigentes de construcción de puentes. La importancia de comprender cada uno de los aspectos tratados radica en el adecuado empleo de los recursos tecnológicos más avanzados, puestos a disposición de los profesionales de la construcción para lograr infraestructuras más resistentes, económicas y capaces de responder a grandes valores de solicitaciones.

Palabras claves: *puente de carretera; sección hidráulica; TIC*

Abstract

Among the many applications of ICT in Technical Sciences, the materialization of numerical problems in computer programs such as the HEC-RAS to carry out studies of hydraulic structures such as bridges stand out. The objective of the research is to demonstrate the use of said program to imitate the hydraulic section of a bridge, taking into account as an essential requirement to comply with the minimum height value under the beam that it must have to evacuate the flow that passes under it.



Monografías 2021

Universidad de Matanzas © 2021

ISBN: 978 - 959 - 16 - 4681 - 1

The versatility and reliability of the investigated technology and the importance of its use in the most demanding bridge construction projects are highlighted. The importance of understanding each of the aspects discussed lies in the adequate use of the most advanced technological resources, made available to construction professionals to achieve more resistant, economical infrastructures and capable of responding to high stress values.

Keywords: *road bridge; hydraulic section; TIC*

En el campo de las Ciencias Técnicas se encuentra multitud de aplicaciones de diversas herramientas informáticas en problemas prácticos reales. Es por esto que la formación computacional es de vital importancia en los primeros cursos de los estudios de las carreras técnicas. Sin embargo, resulta difícil motivar el aprendizaje de unas herramientas complejas para las cuales los estudiantes no conocen muchas de sus aplicaciones prácticas, lo cual resulta un escollo para la didáctica de esta materia en las universidades (Fainholc, 2016; Flórez *et al.*, 2017).

Los profesionales de la construcción en su afán por alcanzar altos estándares de competitividad y mejor dominio de la profesión, han aprovechado sin límites el uso de la tecnología para lograr los diseños más novedosos dentro de las construcciones más exigentes, y en los proyectos de obras hidráulicas sometidos a las condiciones más desfavorables dadas las distintas zonas de emplazamiento.

Actualmente, existen a disposición de profesionales y estudiantes de Ingeniería Civil, diversas herramientas informáticas y tecnológicas que permiten hacer representaciones concretas del mundo real. Esto hace que se pueda comprender con mucha más precisión diseños que, por su compleja naturaleza, antes eran difíciles de entender por métodos manuales. Ya es posible modelar procesos y elementos, organizar de mejor modo las actividades, lograr proyectos con mejor calidad y optimizar los trabajos mecanizados de gran envergadura; y no deja de verse beneficiada con esto, una de las ramas más complejas en las que se desempeñan los ingenieros civiles alrededor del mundo: la construcción de obras hidráulicas, las que suponen profundos estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos.

La inclusión de las TIC en la construcción de puentes de carretera ha posibilitado un mayor enfoque en los estudios básicos, una mejor cuantificación de los cálculos del gasto y del flujo del régimen

estacionario, además de facilitar diseños óptimos, económicos y novedosos (Gómez, 2015; Alvarado y Mesa, 2017; Mantier, 2018; Landázuri, 2019).

Los estudios básicos de ingeniería de puentes son un conjunto para obtener entre otros, los datos necesarios para la elaboración de los anteproyectos y proyectos del puente de acuerdo a la magnitud de la obra (NC 733 2009).

Autores como Gamboa y Somenson (2019) y Razurí (2020) definen que un puente es una construcción que permite salvar un accidente geográfico como un río, un cañón, un valle, una carretera, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua o cualquier otro obstáculo físico. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y de la naturaleza del terreno sobre el que se construye.

Su proyecto y su cálculo pertenecen a la Ingeniería Civil, siendo numerosos los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia, influidos por los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores. Al momento de analizar el diseño de un puente, la calidad del suelo o roca donde habrá de apoyarse y el régimen del río por encima del que cruza son de suma importancia para garantizar la vida del mismo. Es por ello que se deben realizar estudios previos a su construcción (figura 1.1).

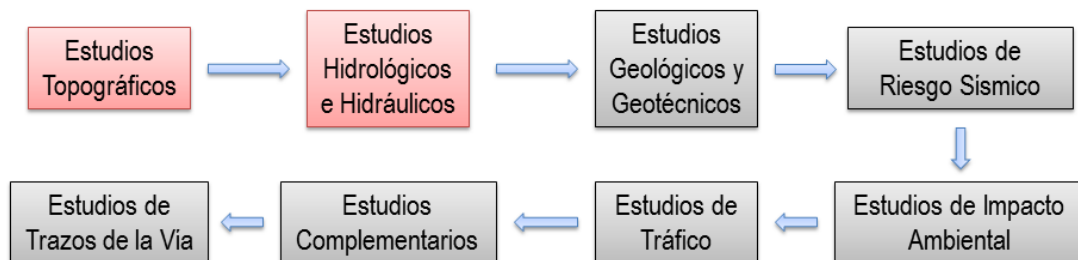


Figura 1.1. Estudios básicos de la Ingeniería de Puentes

Fuente: (NC 733 2009)

Como el objetivo de la investigación en esencia es la simulación del diseño hidráulico de un puente de carretera, se hará referencia a los dos primeros estudios por la dependencia uno del otro.

El objetivo y alcance de los estudios topográficos radica en proporcionar información de base para los estudios de hidrología e hidráulica y posibilitar la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos estructurales. La topografía de la zona donde se ubicará el puente

deberá documentarse mediante planos con curvas de nivel y fotografías, registros digitales e informes. Por otro lado, los estudios hidrológicos e hidráulicos tienen como objetivos y alcance establecer los caudales de diseños y los factores hidráulicos fluviales, que conllevan a una real apreciación del comportamiento hidráulico del río que permiten definir los requisitos mínimos del puente y su ubicación óptima en función de los niveles de seguridad o riesgos permitidos o aceptables para las características particulares de la estructura.

Se deberá disponer de un levantamiento plani-altimétrico con curvas de nivel de la zona de estudio. Además, se necesita conocer el perfil longitudinal del cauce destacando zonas de máximas pendientes en la faja de estudio. Es necesario recopilar fotografías aéreas y localizadas de la zona donde se quiere ubicar el puente para obtener otros datos necesarios para el diseño hidráulico del mismo.

La creación de la superficie es un paso importante para poder delimitar la cuenca y el escurrimiento de las aguas. Esta se puede crear en Civil 3D a partir de coordenadas referenciadas obtenidas de hojas cartográficas con curvas de nivel bien delimitadas.

Luego de haber creado la superficie se delimita la cuenca. Como primer paso general se superpone a este fichero de superficie las hojas cartográficas o mapa necesario donde se vean exactamente el punto de vertido de la cuenca. Para ello se va a la etiqueta *Insert-Attach*, para posteriormente buscar el archivo *Drawing* de referencia que se debe insertar por debajo de la superficie y se carga. Se despliega a la Etiqueta *Analyze* y se marca *Catchments-Create Catchment from Surface* para crear la Cuenca a partir de la superficie ya delimitada. Seguidamente, aparece una nueva ventana en la que pide nombrar la cuenca. Para poder ver mejor la cuenca sobre la superficie se abre la ventana *External References* y se descarga el fichero cargado con anterioridad para marcar el punto de captación. Del nuevo plano se extraen datos como: Área de la cuenca, Longitud del Cauce en ese tramo, así como la pendiente del mismo.

Para los datos geométricos primero se apagan todos los *layers* a excepción de la cuenca para poder trabajar con mejor claridad. Luego se va a *Analyze - Flow Paths - Water Drop* para dibujar el escurrimiento de las aguas en todo el río o cauce (Vaguadas). Aparece una ventana y se acepta. Al hacer clic en cualquier punto de la cuenca se obtiene el escurrimiento de las aguas hacia el cauce principal. Seguidamente se delimita la zona en la que se desea trabajar, creando dos líneas para

enmarcar y eliminar los tramos sobrantes. Luego se va a *Alignment – Create Alignment from Objects* (Crear un alineamiento a partir de un objeto) y se marca la zona delimitada. Seguidamente se da *Enter* y se obtiene una dirección del flujo; pero para poder ingresarlo en el HEC-RAS es necesario verificar que el mismo esté contrario al flujo real. Si no aparece así, se le da *reverse - Enter*. Luego sale una ventana llamada *Create Alignment from Objects* en la que se da un nombre al alineamiento. Para crear las secciones transversales se va a *Home - Sample Lines*, seguidamente se elige el eje y aparece una nueva ventana en la que se le da nombre a las secciones, se acepta y pide dónde se desean crear las secciones. Por defecto el programa saca una tabla llamada *Sample Line Tools*, en la que se pincha en el icono de métodos de creación de líneas - *By range of stations* (Rango de Estaciones). Seguidamente aparece una tabla que pide algunos parámetros necesarios para introducir secciones como el espaciamiento o incremento de ellas y la distancia del eje a la derecha y a la izquierda. Se acepta y se tienen las secciones. Probablemente se intersecten algunas secciones, esto no puede ocurrir por lo que antes de exportarlas al HEC-RAS deben ser corregidas. Para eso simplemente se separan con el puntero una a una. Lo próximo a introducir son los límites del caudal principal tanto a la derecha como a la izquierda, respetando siempre el cambio de sentido que se le da al río. Con el comando *OFFSET*, se dibujan las márgenes del cauce y lo único que queda es exportarlo al HEC-RAS (figura 1.2).

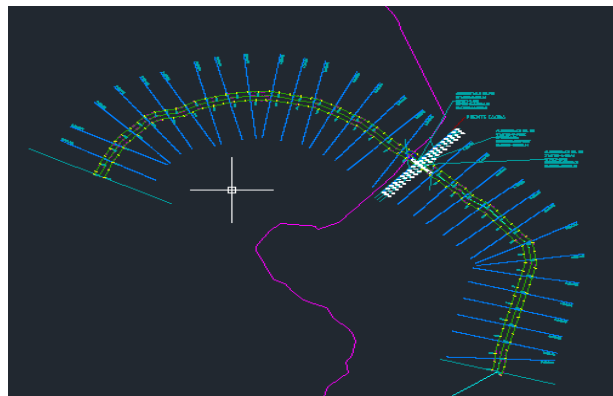


Figura 1.2_Geometría definitiva antes de exportar al HEC-RAS.

Fuente: elaboración propia

Para exportar secciones al HEC-RAS primero se va a la ventana *Output* y se marca en *Export to HEC-RAS*. Seguidamente muestra una nueva ventana donde se nombra el río y señalan las márgenes derecha e izquierda del cauce; respetando el cambio de sentido. Luego se exportan (*Export*) y se guarda como un archivo *GEO File*, encontrándose listo para trabajar en el HEC-RAS.

Para el cálculo del caudal se utiliza el Método Racional. Este método estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente C (coeficiente de escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. En este caso se utilizará la fórmula racional pero adaptada por el ingeniero José Luis Batista, para cuencas pequeñas que interesen en el diseño de puentes y alcantarillas, Considerando como tales, aquellas de áreas $A < 25 \text{ Km}^2$ (Gómez, 2015).

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión: $Q = CIA$

Dónde:

Q: Descarga máxima de diseño o caudal de diseño (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km^2).

La fórmula de trabajo al considerar el coeficiente de conversión de unidades igual a 16.67, se transforma en $Q = 16.67 CIA$

Para la determinación de la sección hidráulica de un puente de carretera mediante el programa HEC-RAS, se debe acceder primeramente al mismo mediante el siguiente enlace:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-download.html>

Su instalación no consiste simplemente en copiar los ficheros en el disco duro y ejecutar el programa. La instalación del programa comienza ejecutando el programa *Setup.exe*, el cual descomprime e instala todos los ficheros en los directorios adecuados para su correcto funcionamiento. HEC-RAS requiere usar puntos en vez de comas para separar los decimales, por lo que para cambiar se debe ir al panel de control, cambiar la configuración regional y poner español (México). Cuando se instala el programa HEC-RAS automáticamente se crea un grupo de

programas denominado HEC y un icono llamado HEC-RAS. Suele aparecer en el menú de inicio bajo la sección "Programas". El usuario también tiene la opción de crear un icono en el escritorio.

El programa trabaja por defecto en idioma inglés, por lo que hay que cambiarlo si se desea trabajar en otro idioma. Esta operación se puede realizar para un trabajo, o predefinirlo para todos los trabajos una vez abierto HEC-RAS, seleccionando el menú *Options*. Al ejecutar el programa se debe crear un nuevo proyecto. Para ello, ir a la opción *file* y luego "*new Project*". Ahí se deben llenar los espacios de "*title*" y de "*file name*" que debe quedar con una extensión .prj. Después el programa informa sobre la creación del proyecto en el directorio señalado y en unidades métricas. Una vez creado el proyecto, en la pantalla principal aparece en el ítem *Project*, el título del proyecto y la ubicación del archivo. El próximo paso será ingresar los datos geométricos necesarios que consisten en:

- la información para el esquema general del tramo del cauce (la Red del cauce),
- datos de secciones transversales,
- datos de las estructuras hidráulicas (puente).

Existen muchas formas de introducir la geometría del cauce en el HEC-RAS, pero hay dos que son las más básicas y utilizadas por los operarios: una es de la forma manual creando la misma geometría en el propio programa y otra es exportándola del Civil 3d. Para comprender los pasos a seguir en los dos casos, se parte de la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Formas de introducir datos geométricos en el HEC-RAS

Ingresar desde la opción EDIT " <i>geom etric data</i> "	
Método manual	Exportar geometría
Se dibuja un esquema del río en la zona de estudio, pinchando en icono " <i>River Reach</i> ", aparece un lápiz con el que se dibuja de forma aproximada un croquis del río. El sentido del dibujo debe ser de aguas arriba hacia aguas abajo, y al final del dibujo se nombran el río y el tramo de estudio. Seguidamente aparece una flecha que	Para exportar la geometría en este caso del Civil 3d, se abre el menú <i>file</i> , luego <i>Import Geometry Data - Gis Format...</i> Seguidamente aparece una ventana en la que se busca el archivo *.geo que se necesita con la geometría y las

indica el sentido del flujo. Se comprueba que ese es el sentido deseado y una vez creado el croquis del tramo de estudio, se define geoméricamente mediante las secciones transversales seleccionadas y las distancias entre ellas. Para ello, se presiona el botón *cross section*, donde aparece el siguiente Editor:

tation = distancia al origen X

elevation = Cota del terreno Y

Downstream Reach Lengths: Distancias entre esta sección y la siguiente aguas abajo, del cauce, margen derecha e izquierda.

Cont/Exp Coeficiente: Coeficientes de contracción, normalmente 0.1 y de expansión, que suele tomar el valor de 0.3.

Main Channel Bank Stations: Coordenadas X a la que se encuentran en borde izquierdo y derecho del cauce.

Para ver el dibujo se debe tener activada la opción "*apply data*". Si se realiza alguna modificación en la sección y se desea ver cómo este cambio afecta la sección, se debe hacer clic en el ícono de "*apply data*".

Para introducir una nueva sección, se selecciona el ítem *options*, y dentro de él, *add a new cross section*. El orden de introducción de las secciones debe ser de aguas arriba hacia aguas abajo.

Lo primero que pide es el nombre de la sección transversal. Este nombre puede ser cualquier número, siempre de mayor a menor (aguas arriba n° mayor que la siguiente sección aguas abajo). Una vez introducidos los datos correspondientes a una sección, esta se puede

secciones creadas para importarlo al HEC-RAS. Una vez introducidos todos los datos, se debe tener un esquema como el mostrado en la figura 1.3 b.

Para introducir los valores del coeficiente de *Manning* se va a *Tables* y se pincha *Manning's n or k values*. Luego aparece una nueva ventana donde se pueden introducir estos valores ya sea de forma general o por estaciones.

Si se quieren ver los datos de cada una de las secciones se va a *cross section* y aparece cada una de las secciones importadas al programa. Para introducir una nueva sección, se selecciona el ítem *options*, y dentro de él, *add a new cross section*. Seguidamente se introduce la estación nueva.

Luego se sigue el mismo procedimiento que por el método manual para darle los datos necesarios a cada sección.

A l igual que por el método manual, una vez introducidos los datos

correspondientes a una sección, esta se puede visualizar a través del Menú *plot*, y desde ese menú, se puede imprimir, copiar a portapapeles, y numerosas otras opciones. Posteriormente se

visualizar a través del Menú plot, y desde ese menú, se puede imprimir, copiar a portapapeles, y numerosas otras opciones. Una vez introducidos todos los datos, se obtiene un esquema como el mostrado en la figura 1.3 a.	guardan estos datos en file: save geometric data debiendo dar una descripción de los datos, por ejemplo "Geometría".
---	---

Fuente: elaboración propia

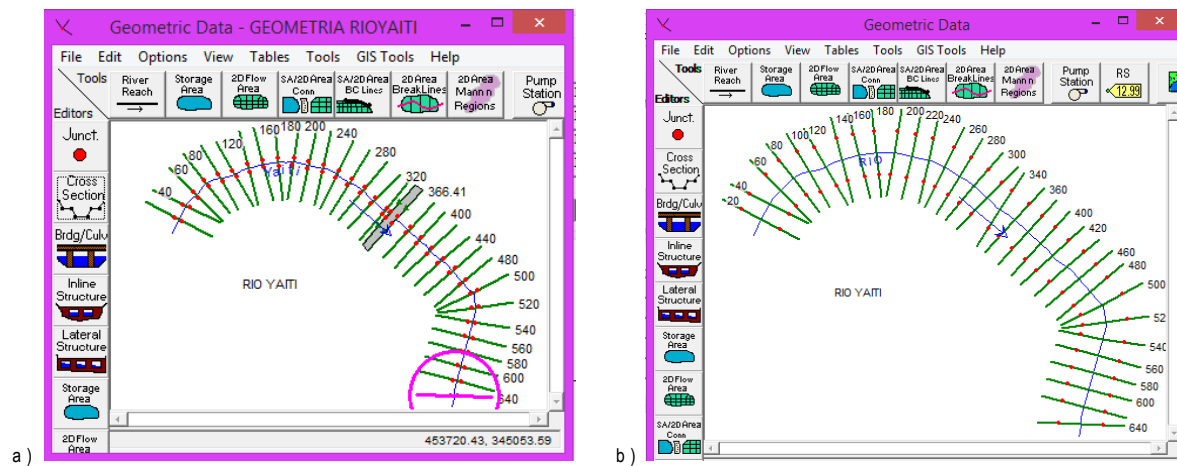


Figura 1.3. Comparación de esquemas definitivos según método manual (a) y exportación del Civil 3d (b)

Fuente: elaboración propia

Como base de partida, Hec-Ras utiliza cuatro secciones reales de cálculo próximas al puente. En la (figura 1.4) se muestran las dos secciones aguas arriba del puente (4 y 3) y las dos secciones aguas abajo (2 y 1). Las secciones 3 y 2 son utilizadas por el programa para incorporar la geometría del puente; las secciones 4 y 1 son de control de aproximación del flujo. Ambas secciones se suponen lo suficientemente alejadas del puente como para no estar afectadas por los fenómenos de contracción y expansión de las líneas de corriente del flujo (Chero, 2018).

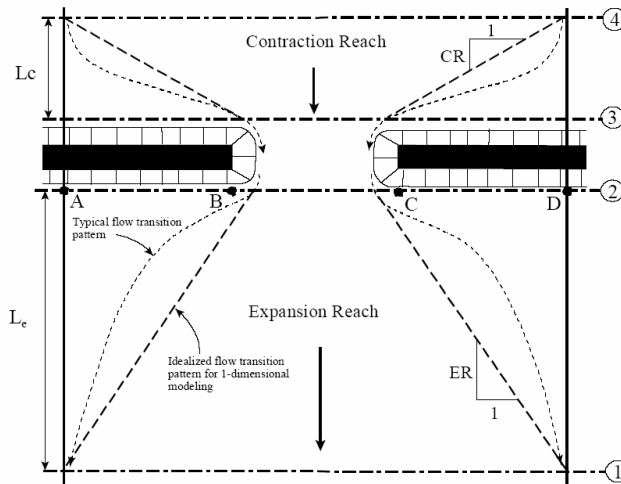


Figura 1.4. Esquema de las secciones de cálculo y definición de contracciones y expansiones en un puente

Fuente: (Chero, 2018)

En segundo lugar, *Hec-Ras* genera dos nuevas secciones llamadas interiores ($BU = Bridge Upstream$ y $BD = Bridge Downstream$), a partir de los datos geométricos del puente introducido. Estas secciones interiores sirven para realizar el balance interior del puente.

El programa *Hec-Ras* distingue básicamente dos tipos de flujo posibles en un puente: *Low flow* y *High flow*. El primero se entiende por el funcionamiento del puente sin que la lámina de agua llegue a tocar en ningún momento el tablero del puente y *High Flow* en cambio es aquel en el que sí existe contacto y/o vertido sobre tablero. Para todos los casos en *Low Flow*, *Hec-Ras* puede utilizar tanto el método de la energía (Ecuación de energía) como el de *momentum* (ecuación de *momentum*) para realizar el balance entre las secciones de control. No obstante, existe una ventana de edición del método de cálculo *Bridge-Culvert Data- Bridge Modeling Approach Editor* en la que el usuario puede exigir el cálculo de todos los métodos disponibles, además del uso de uno de ellos en concreto como solución aceptada, o bien utilizar el criterio general de máxima energía para su elección.

Para el cálculo hidráulico de un puente, debe crearse una sección especial para este. Lo ideal es tener cerca del puente algunas secciones. Una vez que se tenga claro dónde se instalará el puente se debe ir al editor de puentes "*Brdg/culv*". Ahí en *option* se agrega un nuevo puente. El programa pide incluir una nueva sección. El nombre de la sección debe estar entre las secciones de aguas

abajo y la de aguas arriba. En ese momento aparecerá la forma de la sección aguas arriba y de aguas abajo. Hecho esto se debe proceder a colocar la cota de la plataforma o calzada del puente. Para esto se debe hacer clic en el icono "Deck/Roadway", apareciendo una pantalla con los siguientes ítems:

Distance: es la distancia entre el puente y la sección inmediatamente aguas arriba.

Width: ancho del puente

Weir Coef: coeficiente de vertedero, por defecto 1.45

Station: distancia desde el inicio de la sección del puente

High cord: cota de la parte superior del puente, calzada o plataforma.

Low cord: cota de las vigas del puente

Se puede poner el puente en forma distinta en la sección aguas arriba que aguas abajo (colocar una pendiente en el ancho del puente), pero generalmente aguas arriba y aguas abajo mantienen los mismos valores. Para no tener que repetir los datos existe el botón "copy Up to Down" en la zona inferior derecha. Luego se deben incluir los estribos. Para esto se procede a hacer clic en el icono "sloping abutment", y se realiza algo similar. Por último, se debe ingresar los datos correspondientes a la pila del puente si este tiene. Para ello se debe seleccionar el icono "Pier".

Posteriormente se debe incluir los datos de la pila ingresando el ancho y la altura a la cual se encuentra el ancho. Así si se quiere incluir la zapata de la pila, solo se debe ensanchar la pila. Otro punto importante de este menú es que se debe colocar la distancia a la cual irá la pila. Esto se coloca en la opción "centerline Station Down/Upstream".

Una vez descrito lo anterior, se definen los datos del flujo que necesita HEC-RAS. Para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar *Edit/Steady Flow Data*.
2. Definir el número de perfiles (hasta 2000), cada uno de los cuales corresponde a un caudal diferente (*Enter/Edit Number of Profiles*).
3. Definir las condiciones de contorno (*Reach Boundary Condition*).
4. Introducir cambios en los caudales en determinadas secciones (*Add a Flow Change Location*).

Ya que consideran que el caudal no cambia hacia aguas abajo hasta que se encuentra con otro valor de sección.

5. Definir los caudales de cada perfil en cada sección donde se produce un cambio de caudal.

Los nombres de los perfiles (PF1) pueden ser cambiados por otros más significativos, por ejemplo, T= 50 años o T=20 años en el menú *options: edit profile names*. Posteriormente se guardan estos datos en *file: save flow data* debiendo dar una descripción de los datos de flujo, por ejemplo "Régimen natural".

Desde el menú principal, seleccionando *run: steady flow analysis*, se entra en el menú de simulación. En *file*, se selecciona *new plan*, pide una descripción, por ejemplo "Régimen natural" y un *short ID*, que no es más que un nombre de identificación del plan. Seguidamente se selecciona el tipo de régimen y se presiona el botón de *compute*. Se abre una ventana de MS-DOS, que al final indicará que el programa ha acabado correctamente. Se salva el plan y se cierra el editor.

Existen tres formas o formatos en los que se pueden observar y analizar los resultados del modelo hidráulico.

1. Visualizaciones gráficas: los perfiles longitudinales, secciones, gráficos o incluso la visualización 3D, ofrecen una primera visión del resultado de la simulación, que puede dar una información general sobre el resultado del modelo.
2. Visualizaciones tabuladas: mediante tablas generales por perfiles o particulares por elementos (secciones, estructuras) se puede acceder a información más detallada del comportamiento del flujo, consultando los valores de las variables y parámetros hidráulicos que lo rigen.
3. Listados de avisos: de la realización de la computación, se habrán originado una serie de avisos (*warnings*) y notas (*notes*) que se recogen en unos listados y que ofrecen información sobre el comportamiento y precisión de la simulación.

Es habitual que en un modelo se incorporen estructuras que cruzan un cauce como viaductos, obras de drenaje. En estos casos, hay tablas de resultados específicas para cada uno de esos elementos, cuyas variables más representativas se presentan a continuación.

En las Tablas de resultados individuales (figura 1.5), existen específicas para elementos en concreto. Se pueden activar en el menú *Options*, escogiendo el elemento en cuestión (*Bridge*).

The screenshot shows the 'Bridge Output' window in HEC-RAS. The window title is 'Bridge Output'. The 'River' is 'Aloala' and the 'Profile' is 'T100'. The 'Reach' is 'Tramo' and the 'RS' is '2745'. The 'Plan' is 'Sim_Estr'. The table below shows the results for the bridge structure.

Plan: Sim_Estr: Aloala - Tramo RS: 2745		Profile: T100	
		Inside BR US	Inside BR DS
E.G. US. (m)	113.95		
W.S. US. (m)	113.87	E.G. Elev (m)	113.94
Q Total (m3/s)	75.00	W.S. Elev (m)	113.83
Q Bridge (m3/s)	75.00	Crit W.S. (m)	112.68
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.31
Weir Sta Litt (m)		Vel Total (m/s)	1.36
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	55.30
Weir Submerg		Froude # Chi	0.34
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	63.11
Min El Weir Flow (m)	116.67	Hydr Depth (m)	1.62
Min El Priz (m)	116.04	W.P. Total (m)	38.60
Delta EG (m)	0.22	Conv. Total (m3/s)	2371.2
Delta W/S (m)	0.22	Top Width (m)	34.24
BR Open Area (m2)	162.98	Frictn Loss (m)	
BR Open Vel (m/s)	1.39	C & E Loss (m)	
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	14.05
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	0.00

Errors, Warnings and Notes

Note: Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.

Note: Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.

Select Profile

Figura 1.5. Tabla de resultados en viaductos

Fuente: elaboración propia

Se concluye la investigación destacando que para el correcto diseño hidráulico de un puente son necesarios dos estudios previos topográficos y los de hidrología e hidráulica. En estos es necesario tener en cuenta la información técnica topográfica de la zona donde se quiere introducir el puente, así como los caudales de diseño para los diferentes estudios hidrológicos escogidos, entre otros más.

Se realizó una explicación detallada para la introducción de puentes en el HEC-RAS desde la instalación del programa hasta la simulación del flujo, resaltando los pasos para importar la geometría del cauce a partir del archivo *.geo exportado del Civil 3d.

Con la aplicación del software HEC-RAS junto a otros programas como el civil 3D utilizados por los ingenieros civiles, se garantiza la realización de diseños hidráulicos de estructuras como es el caso de puentes, facilitando la obtención de resultados confiables.

Referencias bibliográficas



- Alvarado, Y. G. (2017). *Mecánica de Fluidos*. UNEFA, Caracas, Venezuela.
- Chero, W. E. (2018). *Aplicación de la nueva herramienta HEC-RAS 5.0.3 para cálculos bidimensionales del flujo de agua en ríos*. Tesis en opción al título de Máster en Ingeniería Civil. Escuela de Caminos, Argentina.
- Fainholc, B. (2016). *Presente y futuro latinoamericano de la enseñanza y el aprendizaje en entornos virtuales referidos a educación universitaria*. Revista de Educación a Distancia RED, vol. 48(2), pp. 1-22.
- Flórez, M.; Aguilar, A. J.; Hernández, Y. K.; Salazar, J. P.; Pinillos, J. A. & Pérez, C. A. (2017). *Sociedad del conocimientos, las TIC y su influencia en la educación*. Revista Espacios, ISSN 0798 1015, vol. 38(35), pp. 39-51
- Gamboa, F. (2019). *Manual de inspección de puentes*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- Gómez, J. (2015). *Puentes. Partes 1 y 2*. Ed. Universitaria "Félix Varela", La Habana, Cuba. ISBN 978-959-07-2038-3
- Landázuri, C. (2019). *Ingeniería de puentes. Mecánica de suelos y diseño geotécnico de cimentaciones para puentes*. Universidad de Santander de España.
- Mantier, C. A. (2018). *Revisión de Hidráulica Aplicada. Cálculo de redes de saneamiento. Hidráulica de saneamiento*. Instituto Nacional de Aguas y Saneamiento INAS. Lima, Perú.
- Mesa, M. (2017). *Empleo de la Modelación para el Diseño de terraplenes altos de carreteras*. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, La Habana, Editorial Universitaria. ISBN 978-959-16-3400-9, Recuperado de <http://eduniv.mes.edu.cu>
- NC 733 (2009). *Carreteras-Puentes y Alcantarillas-Requisitos de Diseño y Métodos de Cálculo*. Primera ed. La Habana, Cuba.
- Razuri, L. R. (2020). *Estructura de Conservación de suelos y aguas*. Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras. Mérida, Venezuela.
- Somenson, H. (2019). *Estudio y proyecto de puentes de hormigón armado*. Ediciones Díaz de Santos. ISBN 978-849-05-2013-0.