

# Estimación numérica de la capacidad hidráulica de puentes como elementos de control en la Rambla del Albuñón

(Recibido: 31/03/2015; Aceptado: 18/05/2015)

Francisca Marco Cutillas, María D. Marín Martín, Luis G. Castillo Elsitdié  
 Grupo de investigación Hidr@m - Ingeniería Hidráulica, Marítima y Medioambiental  
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas  
 Paseo Alfonso XIII, Nº 52, 30203 Cartagena (España)  
 Teléfono: 868071289  
 Email: fmcutillas@gmail.com, alisa282@gmail.com, luis.castillo@upct.es

**Resumen.** El sureste español se caracteriza por ser una región semiárida. Uno de los efectos más directos del cambio climático es el hecho de que llueve con menor frecuencia y con mayor intensidad, lo que provoca la aparición de un mayor número de episodios de flujos torrenciales. En este artículo se utiliza la estructura de un puente situado en Fuente Álamo para estimar el caudal en el tramo alto de la Rambla del Albuñón cuando se producen los episodios de flujo torrencial.

**Palabras clave.** Aforo de caudales; HEC-RAS; Rambla del Albuñón; zonas semiáridas.

**Abstract.** The Spanish southeast area is characteristic for being a semiarid region. One of the most direct effects of climate change is the fact that it rains less frequently and with greater intensity, causing the occurrence of a greater number of torrential flows. In this article, a bridge structure located in Fuente Álamo is used to estimate the flow in the upper reaches of the Albuñón basin, in case of torrential flow.

**Keywords.** Albuñón basin; Flow measurement; HEC-RAS; semiarid regions.

## 1. Introducción

Los flujos torrenciales hiperconcentrados que se presentan en las ramblas de la geografía peninsular provocan grandes inundaciones con efectos muy destructivos sobre el medio y las personas. Recientes observaciones muestran que en estas zonas se producen lluvias más intensas y menos frecuentes. Estas características se traducen en la concentración de los recursos en un número escaso de avenidas con elevados caudales y velocidades, y una gran proporción de transporte de materiales sólidos.

Dichos flujos no pueden captarse con los sistemas habituales presa-embalse, ya que la elevada concentración de sedimentos los inutilizaría en poco tiempo. Se requiere la construcción de sistemas específicos de control y captación específicamente diseñados para este tipo de flujos.

Para llegar al análisis de los parámetros de diseño de los posibles sistemas de captación, previamente se han de conocer las características hidrológicas e hidráulicas de los cauces donde se situarán dichas obras. Dentro de la caracterización de los cauces efímeros, propios de zonas semiáridas, la cuantificación de la capacidad de transporte de sedimentos es imprescindible.

Ateniendo a la problemática basándonos en experiencias similares y los principales resultados publicados por Castillo *et al.* (2000, 2010), en este artículo se presentan los principales resultados de la caracterización hidráulica en una zona de la parte alta de la Rambla del Albuñón, situada en el Campo de Cartagena (Región de Murcia).

## 2. Material y métodos

En este estudio se han utilizado diversos programas:

- ArcGIS es una completa plataforma que permite crear, analizar, almacenar y difundir mapas topográficos. Este programa de uso comercial es uno de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) más extendidos.
- HEC-GeoRAS es un paquete de herramientas de libre distribución especialmente diseñado para ArcGIS (Fig. 1). Permite crear un archivo de importación para HEC-RAS con la información de geometría que se ha extraído del Modelo Digital del Terreno (MDT).



Fig. 1. Secciones transversales consideradas en HEC-GeoRAS para el estudio de la Rambla del Albuñón a su paso por el municipio de Fuente Álamo.

El archivo obtenido contiene información georreferenciada del trazado del río, identificadores de tramos, trazado de secciones transversales, límites entre el cauce principal y las llanuras de inundación a efectos de cálculo, distancias entre las secciones transversales

consideradas, coeficientes de rugosidad de Manning e información adicional que define la geometría como son la localización de puentes, áreas de flujo inefectivo, obstrucciones, áreas de almacenamiento, etc.

- HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) es un modelo de dominio público desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). Permite el intercambio de datos con los Sistemas de Información Geográfica mediante HEC-GeoRAS en sus últimas versiones.

La principal utilización del programa HEC-RAS es el cálculo unidimensional gradualmente variado de la elevación de la superficie de la lámina de agua para un caudal y unas condiciones de flujo dadas (flujo permanente o estacionario). Sin embargo, HEC-RAS también puede ser empleado para el estudio de flujos transitorios (no permanente) unidimensionales, y el análisis del transporte de sedimentos.

### 3. Análisis de datos y resultados

La Rambla del Albuñón, situada en la Región de Murcia (España), forma parte de la Cuenca Hidrográfica del río Segura, y constituye la principal red de drenaje de la comarca del Campo de Cartagena. Nace en las sierras circundantes, Sierra de Carrascoy, Sierra del Algarrobo, Sierra de las Victorias y Sierra de Los Gómez y desemboca en el Mar Menor. La superficie vertiente de la cuenca es de algo más de 694 km<sup>2</sup>. La cuenca del Albuñón está compuesta por 17 subcuencas de entre 28 y 55 km<sup>2</sup>.

Geomorfológicamente, la cuenca del Albuñón se caracteriza por presentar elevaciones moderadas. Las pendientes del terreno oscilan entre el 0.4 % próximo a la desembocadura, y el 5.8% en las zonas de cabecera. Siguiendo la morfología propia del Campo de Cartagena, predominan las grandes llanuras de cultivos agrícolas, eminentemente de regadío en la zona baja de la misma (frutales y herbáceos en la parte media-alta). También existen zonas dispersas de arbolado en las sierras, donde destacan las formaciones de coníferas, matorral y monte bajo.

En la litología de la cuenca del Albuñón encontramos en la zona media-baja un predominio casi exclusivo de glaciares de limos negros y rojos, cantos encostrados, y en menor proporción arcillas rojas. En la parte alta predominan las formaciones superficiales cálcicas no consolidadas, apareciendo la mayor variedad de suelos (rocas carbonatas y areniscas, filitas y margas en el noroeste y cuarcitas al sur) en los puntos más altos de los cerros. Estas formaciones confieren al suelo un carácter poco permeable y un drenaje imperfecto.

El MDT utilizado tiene un tamaño de celda de 4x4 m. Fue elaborado en el año 2009 como parte del

proyecto Natmur-08 (Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad de la Región de Murcia).

Los usos del suelo han sido extraídos teniendo en cuenta el proyecto CORINE Land Cover 2006 (CLC2006). El número de Manning en el tramo de estudio analizado oscila entre 0.020 (cauces naturales y uniformes de tierra, sin vegetación) y 0.035 (cauces en tierra cubiertos con vegetación pequeña o media).

Este artículo se centra en la utilización de puentes como elementos de control para calcular el caudal circulante durante determinados eventos.

Dentro de la cuenca del Albuñón, se ha seleccionado la parte alta, en concreto el tramo de encauzamiento existente a su paso por la localidad de Fuente Álamo, donde existen diversos puentes que pueden servir de elementos de control.

Para el análisis, se ha seleccionado el puente viejo o de San Francisco, construido en 1916. Está formado por cuatro arcos de sillería de unos 6 metros de ancho por 4 metros de alto (Fig. 2). La solera del puente se encuentra a la cota 120 m sobre el nivel del mar, y tiene una altura hasta la coronación del tablero de 5.90 m.



Fig. 2. Puente de San Francisco situado en Fuente Álamo.

Existen fotografías históricas que permiten utilizar este puente como estructura de aforo para conocer los caudales circulantes mediante un estudio hidrológico detallado en función de la precipitación registrada en las estaciones pluviométricas existentes en la Cuenca del Albuñón. Las avenidas más recientes ocurrieron en septiembre de 2009 y de 2012.

Este artículo se centra en la capacidad hidráulica del puente de San Francisco, sirviendo como punto de control a futuros estudios hidrológicos.

Se han considerado diferentes caudales para conocer el funcionamiento hidráulico del puente. De este modo se puede establecer su capacidad máxima. En la tabla 1 y Fig. 3 se muestra la capacidad del puente de San Francisco cuando se consideran diferentes caudales significativos. Entre ellos se recoge un evento real acaecido en septiembre de 2012, así como el caudal máximo que puede pasar antes de superar la coronación del tablero.

Tabla 1. Capacidad del puente de San Francisco.

Calado aguas arriba del puente [m]	1.28	2.48	3.36	5.81
Umbral hasta sobrevertido [m]	4.62	3.42	2.54	0.09
Caudal [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	80	200	307.2	409.8
Área de apertura [ $\text{m}^2$ ]	91.60	91.60	91.60	91.60
Velocidad del flujo a través del puente [m/s]	2.90	3.35	3.88	4.47

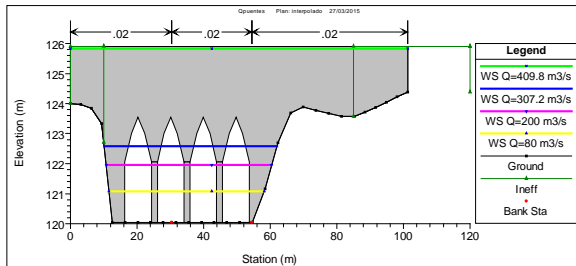


Fig. 3. Simulación numérica del puente de San Francisco situado en Fuente Álamo con los diferentes caudales de la tabla 1.

La Fig. 4 muestra el nivel de agua observado durante la avenida del 28 de septiembre de 2012. Según los resultados recogidos en la tabla 1, el caudal de  $307.2 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondería a las observaciones realizadas en el puente durante la avenida de 2012 (Fig. 5).



Fig. 4. Puente de San Francisco situado en Fuente Álamo durante la avenida del 28/09/2012.

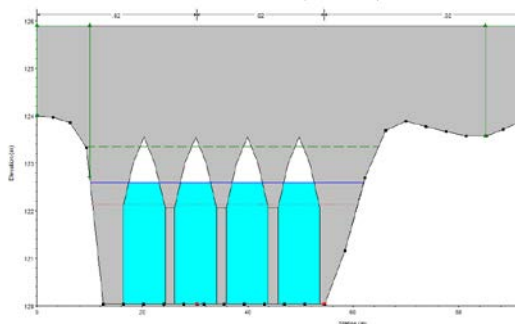


Fig. 5. Simulación numérica del puente de San Francisco situado en Fuente Álamo durante la avenida del 28/09/2012.

## 4. Conclusiones

Este trabajo forma parte de un estudio en detalle del sistema hidráulico de la cuenca de la Rambla del Albuñón. La estimación de los caudales en este trabajo sirven para analizar la bondad de los datos hidrológicos obtenidos por Marín (2011).

Posteriormente, se realizará el estudio del transporte de sedimentos a lo largo de la rambla. Los datos obtenidos servirán para conocer las condiciones de entrada a los sistemas de captación de rejillas de fondo existentes en las zonas semiáridas del sureste español.

## 5. Agradecimientos

Los autores agradecen su apoyo al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte por haber otorgado una beca de colaboración de estudiantes en departamentos universitarios para el curso académico 2014-2015, Resolución de 03 de Julio de 2014, de la Secretaría de Estado de Educación, Formación Profesional y Universidades. (B.O.E. de 12 de julio de 2014).

## 5. Referencias

- [1] Castillo, L.G., Marín, M.D. (2010) "Caracterización hidrológica e hidráulica en regiones semiáridas". XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Uruguay.
- [2] Castillo, L., Santos, F., Ojeda, J., Calderón, P. y Medina, J.M. (2000) "Importancia del muestro y limitaciones de las formulaciones existentes en el cálculo del transporte de sedimentos". XIX IAHR, Córdoba, Argentina.
- [3] Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad, Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, *Proyecto Natmur-08*.
- [4] Dirección General del Instituto Geográfico Nacional junto con el Centro Nacional de Información Geográfica, *Proyecto CORINE Land Cover 2006 (CLC2006)*.
- [5] Marín, M.D. (2011) "Suficiencia Investigadora". Universidad Politécnica de Cartagena.
- [6] US Army Corps of Engineers, *HEC-RAS River Analysis User's Manual, Version 4.1*.
- [7] US Army Corps of Engineers, *HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS User's Manual*.