

# Cálculo hidrometeorológico de caudales de avenida para la subcuenca de El Burguillo (río Alberche, Cuenca del Tajo)

*Hydrometeorological analysis of flood discharges in the El Burguillo subbasin (Alberche River, Tajo Basin)*

A. Díez Herrero y J. de Pedraza Gilsanz

Dpto. de Geodinámica, Fac. CC. Geológicas, U. Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

## ABSTRACT

*A hydrometeorological study of flood discharges has been carried out in the El Burguillo subbasin (Alberche River, Tajo Basin, Central Spain), using the Temez's modification of the rational method and the Sherman's unit-hydrograph method. The maximum precipitation data of 15 meteorological stations were analyzed through statistical and rainfall-flow models, applying additional technics such as geographical information systems (GIS). The results show us that the curve number (CN) is the most important factor for defining the rainfall-stream model. The SCS methodology to obtain it needs the application of a regional multiplicative factor from the empirical calibrating with results of the statistical analysis of flow discharges.*

**Key words:** *Hydrometeorological analysis, curve number, flood discharges, Alberche River.*

*Geogaceta, 21 (1997), 93-96  
ISSN: 0213683X*

## Introducción y objetivo

Las crecidas o avenidas son episodios temporales con caudales anormalmente altos que, periódica o excepcionalmente, registra un punto o tramo de una corriente fluvial (Pedraza y Díez, 1996).

Para su análisis hidrológico existen multitud de aproximaciones, desde métodos directos de estudio sobre los caudales registrados, hasta técnicas estocásticas para la generación de series sintéticas de caudales. Entre ellos, los más utilizados son aquellos que buscan la determinación de los cuantiles o «avenida de diseño», bien mediante fórmulas empíricas, análisis estadístico de caudales, o cálculos hidrometeorológicos. Este último grupo de técnicas tratan de simular el proceso precipitación-escorrentía partiendo de los datos pluviométricos y se subdividen a su vez en: estimación estadística de la avenida máxima probable (PMF), obtención de caudales punta (método racional), y reconstrucción del hidrograma completo mediante el método del hidrograma unitario (Ferrer, 1993).

El objetivo del presente trabajo es estimar los cuantiles correspondientes a caudales de avenida con diferentes períodos de retorno para el río Alberche en la subcuenca del embalse de El Burguillo (Ávila), utilizando dos técnicas indirectas

hidrometeorológicas: método racional modificado e hidrograma unitario.

Con ello se pretenden conocer los órdenes de magnitud de dichos caudales y estimar las consecuencias de los mismos en determinadas localizaciones del cauce del río, tanto desde un punto de vista científico (efectos geomorfológicos), como aplicado al estudio de riesgos naturales (análisis de susceptibilidad a la inundación).

## Descripción del área de estudio

En el sureste de la provincia de Ávila (Comunidad Autónoma de Castilla y León) se encuentra la mayor parte de la cuenca alta del río Alberche, tributario del Tajo por su margen derecha. Con un recorrido total de 180 km, el Alberche nace en el sector oriental del Macizo Central de Gredos, a una altitud de 1800 m. Tras un discurrir de 75 km, en el que recibe diversos afluentes por ambas márgenes (procedentes de las sierras de la Paramera y del Valle), se encuentra embalsado por la presa de El Burguillo; construida entre 1912 y 1930 para un uso fundamentalmente hidroeléctrico, presenta una cerrada de 83 m de altura y una capacidad de 208 Hm<sup>3</sup>. Hasta ese punto, la cuenca hidrográfica tributaria al Alberche es de 1040 km<sup>2</sup>, con forma subtrapezoidal

elongada según oeste-este. La limitación espacial del estudio viene condicionada por tratarse del único sector de la cuenca en la que el río mantiene su régimen natural; aguas abajo está regulado por un total de cinco embalses.

Geológicamente, se encuentra enteramente comprendida en el denominado Macizo Ibérico o Hespérico, que en este sector del Sistema Central está representado por rocas plutónicas tardihercínicas (granitoides *s.l.*) y afloramientos localizados de litologías metamórficas proterozoicas y paleozoicas (migmatitas y esquistos preordovícicos). La estructura geomorfológica viene marcada por la existencia de una antigua superficie de arrasamiento actualmente desnivelada por efecto de los movimientos alpidicos, que configura una macroestructura de *block mountain*, con *horsts* y *grabens* seriados; la incisión fluvial está notablemente condicionada por el control estructural, tanto por la fisonomía general, como por los importantes sistemas de fracturas, generando valles torrenciales de elevada pendiente longitudinal y perfil transversal en garganta.

Climatológicamente corresponde a una tipología mediterránea continentalizada de montaña con inviernos frescos. La notable diferencia de cotas (entre los 2400 y los 750 m) y orientacio-

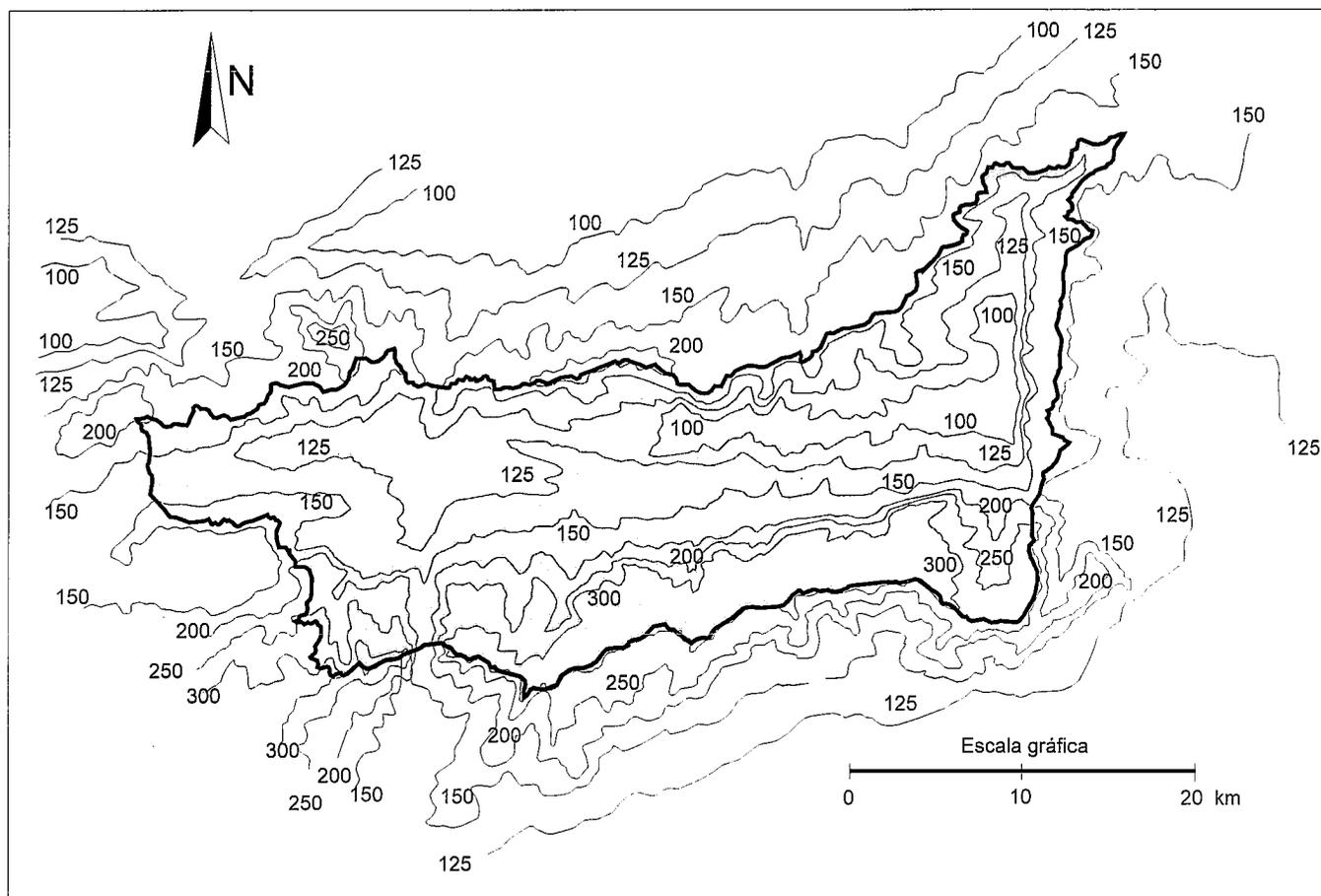


Fig. 1.- Isomáximas de precipitación en 24 horas (mm) para un período de retorno de 100 años a partir de una función de distribución de tipo SQRT-ET<sub>max</sub>. En trazo grueso, la divisoria de la subcuenca de El Burguillo.

Fig.1.- Isomaximum lines of the 24 hours precipitation for a return period of 100 years, using the SQRT-ET<sub>max</sub> distribution function. The El Burguillo watershed border is in thick tracing.

nes, hacen variar considerablemente la precipitación media anual entre 1500 y 800 mm, y las temperaturas medias entre 8° y 12 °C.

**Metodología**

Para el cálculo hidrometeorológico de caudales se parte del análisis y tratamiento de los datos pluviométricos, seleccionando para ello las 15 estaciones meteorológicas del I.N.M. situadas en la subcuenca y su entorno. El análisis se centra en las series anuales de precipitaciones máximas en 24 horas, cuyos datos son oportunamente filtrados y seleccionados en función de su representatividad y validez. El tratamiento estadístico de estas series por métodos paramétricos se realizó con unas funciones de distribución SQRT-ET<sub>max</sub> y Gumbel, utilizando como métodos de estimación de parámetros Máxima Verosimilitud de la función y de los límites de 0.95 de confianza, respecti-

vamente. La asignación de probabilidad muestral se realizó con la fórmula de Gringorten utilizando únicamente datos locales.

La obtención de la lluvia para diferentes duraciones se hizo mediante el mapa de isolíneas I<sub>r</sub>/I<sub>d</sub> (Témez, 1978, 1991), asignando un valor para la cuenca de 10. Por su parte, la lluvia areal se obtuvo por el método de Thiessen modificado, apoyando los polígonos en un mapa de isolíneas de precipitación para T=100 años (SQRT-ET<sub>max</sub>; Fig.1). Como factor corrector del área se aplicó el propuesto por Témez (1991), que para la subcuenca completa adopta un valor de K<sub>a</sub> de 0.7986.

En el cálculo del umbral de escorrentía (o del número de curva) según la propuesta metodológica de Ferrer *et al.* (1995), el paquete informático comercial utilizado como sistema de información geográfica ha sido el *Integrated Land and Watershed Management Information*

*System* (ILWIS) ver. 1.4 (ITC, 1993) para ordenador personal, donde se han introducido diferentes coberturas (vegetación/ usos, pendientes y tipos de suelos) mediante digitalización de mapas a escala 1:200.000 y su posterior poligonización; los tratamientos multicapa se realizaron en formato raster con un pixel de 200 m.

Entre las formulaciones del método racional, se eligió la modificación propuesta por Témez (1978, 1991), con objeto de contemplar la influencia de la lluvia neta dentro del tiempo de concentración. Para ello se calcularon los coeficientes de uniformidad y escorrentía con las simplificaciones propuestas en dichos trabajos y se consideraron unos rangos de umbrales de escorrentía (P<sub>0</sub>) entre 10 y 100 mm.

Por lo que respecta al cálculo mediante hidrograma unitario se obtiene, a partir de un hietograma sintético simétrico de 28 horas, por el método de Sherman (Sherman, 1932), con una estimación de la lluvia neta mediante las tablas del Soil

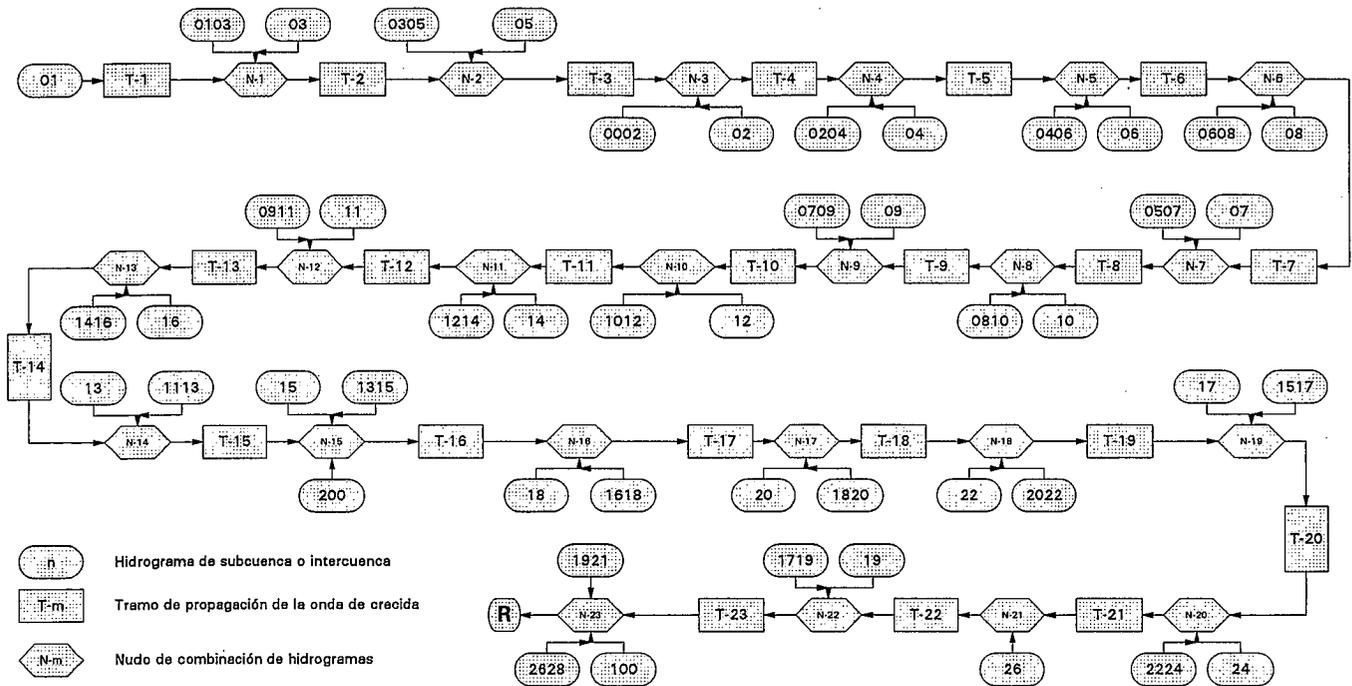


Fig. 2.- Organigrama de la estructuración en la generación, combinación y propagación de hidrogramas en las subcuencas y tramos, introducido en el paquete HEC-1 para el modelo semidistribuido.

Fig. 2.- Organigraph of the structuration for the generation, combination and propagation of the hydrographs in the subbasins and stretches, introduced into HEC-1 pack for the semidistributed model.

Conservation Service (S.C.S., 1972), y una aproximación de los tiempos característicos con las fórmulas del hidrograma triangular de Témez (1978, 1991). Para esta transformación del hidrograma sintético al hidrograma se utilizó el programa HEC-1 (HEC, 1981) con una estructura de modelo semidistribuido en el que la lluvia areal, el factor corrector del área y el umbral de escorrentía se calculan para cada una de las 24 subcuencas de los afluentes, utilizando el sistema de información geográfica. Los hidrogramas de cada subcuenca se combinan y propagan (Fig. 2) por el método de Muskingum, con una celeridad de onda entre 0.5 y 2 m/s y valores de 0.5 ó menor para X; la longitud de los tramos de propagación fue de 1200 m para que el cálculo sea estable. La información planimétrica se realizó a partir de mapas a escala 1:50.000 del S.G. del Ejército, utilizando un planímetro digital Ushikata X-Plan 360 d.

**Resultados y discusión de los mismos**

El valor medio para el umbral de escorrentía en la subcuenca completa, obtenido con aplicación directa de las tablas del S.C.S., es de 16.83 mm (CN=58.82), supuesto un estado de humedad del suelo

Período de retorno	Caudales (en m³/s)		
	MÉTODO RACIONAL (Q <sub>p</sub> )	HIDROGRAMA UNITARIO (HEC-1)	
		Punta (Q <sub>p</sub> )	Medio 24 h. (Q <sub>24</sub> )
2 años	347.22	657.27	291.99
5 años	673.98	1051.59	494.60
10 años	952.86	1349.03	655.38
25 años	1385.17	1792.40	898.44
50 años	1749.72	2150.81	1099.22
100 años	2166.05	2550.52	1323.93
500 años	3271.23	3538.75	1892.07
1000 años	3810.54	5425.90	2674.86

Tabla 1. Cuantiles correspondientes a la salida de la subcuenca de El Burguillo para las dos alternativas metodológicas contempladas en el texto. Obsérvese la diferencia de magnitud entre los caudales punta obtenidos mediante el método racional y el hidrograma unitario.

Table 1. Flood discharges corresponding to the outflow of the El Burguillo basin, for the two computation alternatives described in the text. See the magnitude difference between the series of peak discharges values.

«normal» previo a la precipitación. Los valores del umbral de escorrentía (subcuenca completa y afluentes) son anormalmente bajos respecto a los 24-35 mm que se suponen como valor medio peninsular. Este hecho, ya puesto de manifiesto por Témez (1978, 1991), es debido a las condiciones de humedad iniciales consideradas como «normales» para la situación media en el cálculo del umbral de escorrentía. En la mayor parte de la Península, las precipitaciones que dan lugar a episodios de crecida se producen en períodos de humedad inicial del suelo «seca» (condición I del S.C.S.); por ello, los valores de umbral calculados precisan la aplicación de un factor corrector cuando se estudian situaciones medias. Témez (1987) propone la aplicación al umbral de un coeficiente de humedad inicial que varía a nivel peninsular entre 1 y 2.5, adoptando para la zona centro un valor de 2 ó 2.1. Sin embargo, siempre y cuando sea posible, este factor corrector debe extraerse para cada subcuenca de la comparación entre los resultados de los métodos hidrometeorológicos con los obtenidos a partir del análisis estadístico de caudales, que nos permitirá calibrar empíricamente el valor del umbral de escorrentía.

Los caudales resultantes para el método racional modificado y el hidrograma unitario se encuentran recogidos en la Tabla I. Considerando únicamente los valores equiparables entre ambos métodos

( $Q_p$ ), puede observarse que los estimados con el método del hidrograma unitario son sensiblemente mayores; el orden de magnitud de la diferencia entre los resultados tiende a atenuarse a medida que aumenta el período de retorno. Esta circunstancia nos hace pensar en la dudosa aplicabilidad para cuencas medianas y de estructura compleja, de los modelos agregados como el método racional, aun considerando modificaciones como las introducidas por Témez (1987, 1991).

### Conclusiones

El valor del umbral de escorrentía es el parámetro a calibrar en el cálculo hidrometeorológico de caudales, ya que el resto de las variables apenas suponen alteraciones sustanciales cuando se modifican sus valores dentro de los rangos habituales. El uso de los valores según el S.C.S. precisa la aplicación de un factor corrector que compense el efecto de la humedad inicial del suelo previa al evento de precipitación. Para su estimación es preciso realizar una calibración empírica del umbral de escorrentía mediante la comparación de los resultados hidrometeorológicos y el análisis estadístico de caudales.

El contraste de los resultados obtenidos mediante el método racional y el hidrograma unitario nos confirma la mayor precisión de los modelos semidistri-

buidos frente a los agregados cuando se trata de cuencas de mediana dimensión y cierta complejidad en la organización del drenaje.

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Miguel Ángel Sanz Santos su colaboración en el tratamiento informático de los datos, y al personal del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX sus sugerencias y aportaciones.

### Referencias

- Ferrer, F.J. (1993): *Monografías CEDEX*, 37.  
 Ferrer, M., Rodríguez, J. y Estrela, T. (1995): *Ingeniería del agua*, 2(4): 43-58.  
 HEC (1981): *HEC-1: Flood Hydrograph Package*, U.S. Army Corps of Engineers.  
 ITC (1993): *Integrated Land and Watershed Management System: ILWIS*. User's manual ver. 1.4.  
 Pedraza, J. de, y Díez, A. (1996): En: Pedraza, J. de *et al.*, *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*, Ed. Rueda, Madrid. 414 pp.  
 S.C.S (1972): *Nat. Engin. Handbook*, Section 4.  
 Sherman, L.K. (1932): *Engin. News-Rec.*, 108: 501-505.  
 Témez, J.R. (1978, 1987): *D. Gral. de Carreteras*, MOPU.  
 Témez, J.R. (1991): *XXIV Congr. I.A.H.S.*, vol. A: 33-40.