

# ***Diseño hidrológico de alto período de retorno mediante generación sintética de eventos de crecida.***

## ***B. Hidrología y gestión del agua. Riegos. Energía hidroeléctrica***

*Félix Francés, Rafael García Bartual, Gianbattista Bussi, José Luis Salinas y Estefanía Fernández*

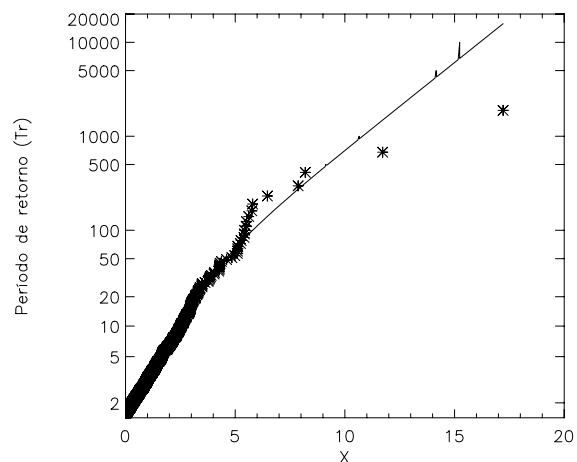
*Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (IIAMA). Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022 Valencia.*

*ffrances@hma.upv.es*

El concepto de “Avenida de Proyecto” se basa a su vez en una “Tormenta de Diseño” con una asignación de probabilidad a partir del total de precipitación acumulada. Como se analiza en otra comunicación de este congreso, el principal problema del concepto de “Tormenta de Diseño” es la pobre representación de la estructura espacio-temporal de las tormentas reales, que da lugar a una incertidumbre adicional en la estimación de cuantiles de crecidas, inasumible el caso de cuantiles de alto período de retorno. Adicionalmente, hay que decir que en Estadística no tiene sentido la asignación de una probabilidad de no excedencia a un proceso multivariado, como lo es un hietograma o un hidrograma. Dentro del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de las comarcas de la Marina Alta y de la Marina Baja, nuestra propuesta metodológica para resolver los problemas anteriores debe considerarse como innovadora y se basa en los siguientes puntos fundamentales:

### **Análisis regional de la precipitación diaria máxima anual**

Para conseguir la máxima fiabilidad en el análisis de la frecuencia de las precipitaciones diarias máximas anuales se ha recurrido a un análisis regional. Se ha comprobado que el conjunto de estaciones de las dos comarcas presentan un comportamiento homogéneo en el coeficiente de variación, por lo que se han podido tratar como una única región. El total de “años equivalentes” de la serie regional es de 1054 que contrasta fuertemente frente a una longitud máxima de 48 años en caso de realizar exclusivamente análisis locales. El software utilizado para la estimación de los parámetros de los distintos modelos estadísticos ha sido AFINS (de libre distribución). El modelo finalmente elegido ha sido la distribución TCEV (Rossi et al., 1984) con regionalización Gumbel, que en general, es el más adecuado para regiones del Mediterráneo Occidental.



*Figura 1. Ajuste de la función de distribución TCEV a la serie regionalizada de precipitaciones diarias máximas anuales por el método de regionalización Gumbel de la zona de estudio.*

### **Generación de tormentas sintéticas**

Para la generación de tormentas sintéticas utilizamos un modelo estocástico espacio-temporal. Esto es factible hoy en día en España dada la existencia de las redes automáticas de información hidrológica junto con la información de radar. En tal caso, la caracterización de las propiedades estructurales internas del campo  $\zeta(x, y, t)$  durante el evento lluvioso adquiere especial trascendencia. En esta investigación se emplea el modelo estocástico RAINGEN (Salsón y García-Bartual, 2003), construido específicamente para la reproducción de los patrones espacio-temporales más característicos propios de las tormentas extremas de carácter convectivo en regiones mediterráneas. Con ello, se proponen una diversidad de escenarios de lluvia posibles, todos ellos sujetos

a una asignación de probabilidad (periodo de retorno  $T$ ) estimado a posteriori mediante un análisis estadístico descriptivo de cada uno de los eventos sintéticos seleccionados, y debidamente contrastado con el marco probabilístico definido en el análisis regional previo de los máximos anuales de  $P_D$ .

## La modelación hidrológica con TETIS

El modelo hidrológico conceptual de parámetros físicos y distribuido en el espacio TETIS (Francés et al., 2002, Francés et al, 2007) ha sido calibrado y validado en las estaciones de aforo disponibles a escala de evento ( $\Delta t = 10$  minutos), utilizando como datos de input la precipitación de los pluviómetros SAIH (datos desde 1989 hasta hoy). La calibración y validación del modelo ha sido satisfactoria, obteniendo índices de Nash-Sutcliffe superiores a 0.8 tanto en calibración (Figura 2) como en casi todas las validaciones espacio-temporales.

Dado que el objetivo de la modelación hidrológica es la simulación de tormentas sintéticas independientes, no queda definido el estado de humedad inicial. Por esta razón, el modelo TETIS ha sido calibrado y validado

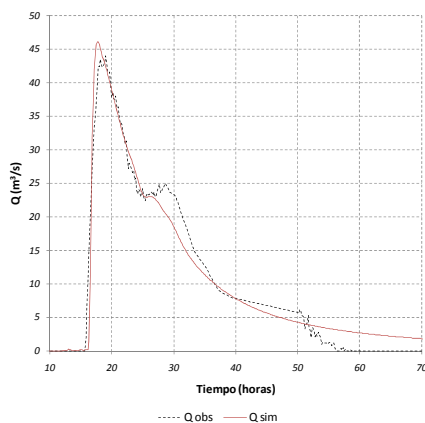


Figura 2. Hidrograma simulado y observado del evento de Abril 2003 en la estación SAIH "Isbert".

también a escala de simulación histórica ( $\Delta t = 1$  día), y se han reproducido las variaciones del estado de humedad del suelo desde 1943 hasta hoy, utilizando como input la precipitación diaria registrada por AEMET en las estaciones presentes en las dos comarcas.

A partir de la serie de estados de humedad del suelo en la cuenca, a través de un análisis de frecuencia, se han determinado tres estados de humedad inicial (es decir anterior a un evento de precipitación) representativos del comportamiento hidrológico de la cuenca (10%, 40% y 80% de humedad del suelo) y se les ha asignado una probabilidad de ocurrencia.

El modelo TETIS se ha empleado para simular la transformación lluvia – escorrentía de los 368 eventos sintéticos disponibles, utilizando como estado inicial de humedad cada uno de los tres estados determinados anteriormente, obteniendo así 1104 hidrogramas por cada uno de los más de 150 puntos de simulación hidrológica (entradas de los modelos hidráulicos, puntos problemáticos, infraestructuras hidráulicas, embalses, etc.).

## Asignación de probabilidad

Dado que la generación de tormentas sintéticas no asigna fecha a cada una de ellas, es necesario un tratamiento estadístico final para la obtención adecuada de probabilidad de no excedencia a cualquiera de las variables de interés: caudal pico de entrada a la zona de inundación o a una presa, caudal pico de salida de la zona de inundación, nivel máximo alcanzado en la zona de inundación o en la presa, ... Para ello es necesario el considerar un modelo estadístico trivariado entre la precipitación diaria máxima anual, el estado de humedad inicial de la cuenca y la variable de interés, del que se conoce las funciones de distribución marginales de las dos primeras variables y sus correlaciones.

A partir de conceptos elementales de probabilidad, es posible la estimación de la probabilidad empírica de la distribución marginal de la variable de interés a partir de los valores generados sintéticamente. La Figura 3 representa los resultados obtenidos en uno de los 150 puntos de simulación, en este caso, en un posible escenario futuro.

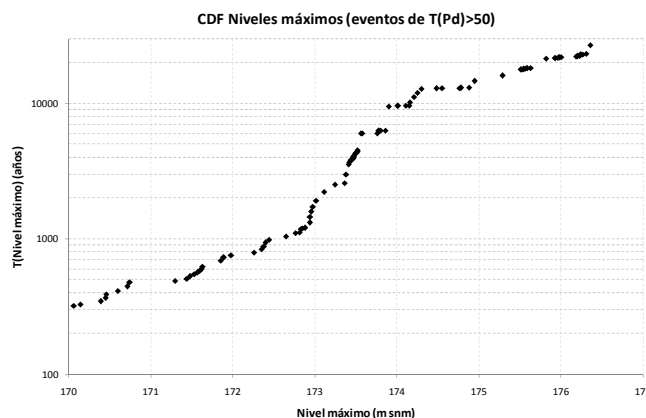


Figura 3. Probabilidad de no excedencia del nivel máximo anual en una presa ficticia en la cuenca alta del río Girona.

Preferencia de tipo de presentación: **Presentación oral**