

7. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

1) El uso de métodos hidrometeorológicos de cálculo de avenidas es actualmente el procedimiento más empleado en la evaluación de crecidas de diseño. Estos métodos simulan el proceso lluvia-escorrentía y permiten obtener tanto la crecida con un determinado período de retorno como aquella generada por la cuenca ante unas determinadas condiciones prefijadas: avenida máxima probable (PMF). Sólo en el caso de disponer de suficientes registros foronómicos será posible emplear como alternativa un método estadístico para la obtención de la avenida con un período de retorno dado, lo que limita obviamente el empleo de estos últimos métodos.

El conjunto de éstas metodologías emplea como dato básico la lluvia sobre la cuenca, incluyendo no sólo la cantidad total, sino también su duración y su distribución temporal dentro de la misma.

2) La estimación de la lluvia con un determinado período de retorno suele abordarse a partir de los valores de lluvias diarias debido a la mayor densidad de estaciones con medida diaria. La metodología habitual para la asignación de períodos de retorno consiste en la modelación estadística de las series de máximos anuales. La elección del tipo de modelo y de la forma de estimar sus parámetros plantea ciertas dudas, como se expuso en el apartado 2.2.1., especialmente en lo referente al empleo habitual de la ley de Gumbel o al ajuste de leyes con sesgo libre a una única muestra. En general se sugiere el

empleo de este último tipo de leyes pero con métodos regionales de ajuste o bien el uso de leyes de 2 parámetros, como la SQRT-ET max, con sesgos mayores que los implícitos en la ley de Gumbel.

3) La obtención de lluvias para distintas duraciones se puede abordar en España mediante curvas intensidad-duración ligadas a la normativa de la Dirección General de Carreteras. En este sentido se sugiere, a falta de datos pluviográficos, el empleo de la ley intensidad-duración propuesta en la vigente Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial de Carreteras (MOPU, 1990), que permite considerar la distinta torrencialidad de las lluvias de la zona mediante un único parámetro regionalizado a escala nacional.

4) El paso de valores de lluvia puntual a lluvia areal suele realizarse mediante un simple factor reductor, cuyos valores presentan una sensible variabilidad según el autor referenciado. En este sentido, si bien en el apartado 2.3.3., se indican algunas alternativas, convendría la realización de un trabajo específico a escala nacional.

5) Otro aspecto necesario para la definición de la tormenta asociada a un determinado período de retorno es la determinación de la distribución temporal de la tormenta que suele hacerse a partir de curvas adimensionales o de las curvas intensidad-duración. En ausencia de datos específicos, una frecuente aproximación al problema es la consideración de hietograma simétrico con la máxima intensidad en el intervalo central y cumpliendo todo él una determinada curva intensidad-duración.

6) Respecto al posible uso de la avenida máxima probable (PMF) como avenida de diseño, se requiere la definición de la tormenta máxima probable (TMP) a partir de estudios meteorológicos e hipótesis simplificadas de distribución espacial y temporal de la lluvia. En el presente documento se ha prestado una menor atención a este aspecto dado su escaso empleo en nuestro país.

7) Un punto que merece especial atención es la determinación de la duración a considerar en el chubasco de cálculo y que debe estar condicionado por el estudio de las tormentas registradas en la zona y no por el tamaño de la cuenca. En este sentido no se considera correcto el empleo de tormentas con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, siendo preferible en ausencia de datos específicos, el uso de tormentas de 24 horas por su mejor apoyo en los datos diarios mayoritariamente disponibles.

Conviene resaltar en este apartado, la importante influencia que la creciente masa de datos de lluvia suministrada por los S.A.I.H. de las distintas Cuencas debería de tener en los métodos de análisis pluviométrico empleados en nuestro país. En este sentido se considera muy conveniente articular una futura accesibilidad de estos datos a técnicos y científicos interesados en estos temas.

8) El grueso del presente trabajo se ha centrado en la descripción de las metodologías más empleadas en la simulación del proceso lluvia escorrentía, tanto en cuencas unitarias como compuestas. El tratamiento de la cuenca como unitaria o como un conjunto de subcuencas, tramos de red fluvial y nudos de conexión es función del grado de homogeneidad que presenten las características de escorrentía y las tormentas de la zona en cuanto a su distribución espacial y temporal.

La obtención del hidrograma com-

pleto de una cuenca unitaria se aborda habitualmente mediante el método del hidrograma unitario que requiere como pasos fundamentales: a) obtención de la lluvia neta, b) estimación del hidrograma unitario, c) obtención del hidrograma de escorrentía superficial por convolución y d) consideración en su caso del caudal base. Los pasos a) y b) son los que deben tratarse con mayor rigurosidad, tanto por su incidencia en los resultados finales, como por las prácticas incorrectas que se observan frecuentemente.

9) La estimación de la lluvia neta puede abordarse por cualquiera de los métodos existentes, pero la facilidad para estimar sus parámetros debe ser un factor básico en su elección, especialmente en los casos habituales de escasa o nula información foronómica. En este sentido, el método del S.C.S. presenta facilidades para la estimación de parámetros a partir exclusivamente de características físicas de la cuenca y de estados globales de humedad previa del complejo suelo-vegetación (seco, medio o húmedo), por lo que es uno de los más frecuentemente empleados.

10) La determinación del hidrograma unitario de una cuenca, si bien puede abordarse directamente en el caso de suficiencia de datos, suele efectuarse mediante hidrogramas unitarios sintéticos. Estos hidrogramas dependen de unos pocos parámetros que pueden calibrarse con datos de algunas crecidas o bien estimarse en ausencia de estos últimos a partir de fórmulas empíricas función de las características físicas de la cuenca. En este último caso, es preciso asegurar la coherencia entre las fórmulas empíricas empleadas para la estimación de tiempos característicos (tiempo de concentración, tiempo mediano, etc) y los parámetros del hidrograma unitario utilizado.

11) En los casos en que sea previsible una escasa laminación del hidro-

grama de avenida, solo será necesario considerar el valor del caudal máximo y no la totalidad del hidrograma, siendo el método racional la metodología más frecuentemente empleada. La versión del método racional desarrollada en este documento es una modificación de la incluida en la normativa 5.2 IC ya mencionada, que permite ampliar el tiempo de aplicación hasta cuencas de unos 3000 Km². Como aportaciones más interesantes se pueden destacar una definición del coeficiente de escorrentía basada en el método del S.C.S. para la estimación de la lluvia neta y la adición a la fórmula tradicional de un factor corrector de uniformidad de lluvias. Asimismo es de gran importancia la elección de una fórmula de estimación del tiempo de concentración coherente con el conjunto del método racional empleado.

12) El análisis hidrometeorológico de una cuenca compuesta requiere el cálculo de la propagación de los hidrogramas por la red fluvial para lo cual suelen emplearse métodos hidrológicos simplificados como los expuestos en el capítulo 5. Los más frecuentemente utilizados son el método de Puls en caso de embalses o de tramos de río con una cierta laminación y el método de Muskingum en casos de reducida laminación o con escasos datos. El método de Muskingum - Cunge, análogo al anterior, pero con unos parámetros dependientes del caudal circulante y basados en la geometría del tramo del río, suele conducir a buenos resultados cuando se dispone de datos suficientes.

13) Una vez definida la formulación con que se modelan los distintos procesos, el empleo de los métodos hidrometeorológicos requiere dos fases sucesivas claramente diferenciadas: calibración de parámetros y simulación, tal y como se indica en el capítulo 6. Conviene resaltar la importancia de la fase de calibración y en concreto

la incidencia que la humedad previa tiene en los parámetros de lluvia neta y que imposibilita su calibración independientemente de esta consideración.

14) Posteriormente a la calibración de los parámetros del modelo, éste puede utilizarse para obtener por simulación la avenida de un determinado período de retorno o la avenida máxima probable.

En el primer caso, suelen emplearse tormentas sintéticas tal y como se definieron en el capítulo 2, aunque la hipótesis habitual de asumir idéntico período de retorno en lluvias que en hidrogramas debe ser contrastada y en su caso corregida, si existen datos foronómicos para ello. Esta corrección suele plantearse, modificando la frecuencia asociada a las tormentas sintéticas o bien modificando los parámetros de obtención de la lluvia neta asociándoles un determinado estado de humedad. Este segundo método es el sugerido en la normativa 5.2 IC donde la consideración de una humedad previa coherente con la situación media en la época habitual de presentación de las crecidas, conduce, para el método racional, a una correspondencia en los períodos de retorno de lluvias y caudales. Parece conveniente el contraste de esta hipótesis con métodos hidrometeorológicos basados en el hidrograma unitario en los casos en que existan datos foronómicos.

La aplicación de los métodos hidrometeorológicos en la obtención de la avenida máxima probable sólo requiere la simulación del comportamiento de la cuenca ante la tormenta máxima probable prestando especial atención a considerar valores conservadores en los parámetros del modelo. Esto es especialmente importante en los parámetros de obtención de lluvia neta en los que debe asumirse un estado previo de humedad en el suelo elevado.