V. CONCLUSIONES

Una vez realizados los cálculos de las sobreelevaciones con las ecuaciones empíricas y comparados los resultados con los obtenidos en el Hec-Ras para los diferentes puentes estudiados, y obtenidos los resultados de la influencia de la erosión y la oblicuidad en el cálculo de sobreleevaciones podemos extraer las siguientes conclusiones:

a) Los parámetros hidráulicos más importantes que influyen en la sobreelevación son la velocidad del fluido y el grado de obstrucción del puente (*m*). A mayor grado de obstrucción y a mayores velocidades tendremos mayores sobreelevaciones. Cuando el aumento del grado de obstrucción llega al punto en que se establece el flujo a presión estas sobreelevaciones aumentan de manera mucho más rápida.

b) Los cálculos de sobreelevación utilizando el programa Hec-Ras con el teorema de la Cantidad de Movimiento y con el Teorema de Bernoulli ofrecen resultados muy parecidos, mientras que la aplicación de la ecuación de Yarnell en Hec-Ras se queda del orden de un 2% superior a los valores dados por los dos anteriores.

c) La aplicación numérica de la ecuación de Yarnell ofrece buenos resultados en aquellos puentes con obstrucciones mayores a 0,4 aproximadamente, de un número de pilas mayor a 2 y con una altura de pilas mayor a 4 m. (según los puentes estudiados). A partir del momento en que el agua empieza a mojar el arco, la aplicación numérica de Yarnell pierde exactitud ya que este método es solo aplicable cuando la mayoría de las pérdidas de carga vienen dadas por las pilas. La aplicación de Yarnell mediante Hec-Ras, sin embargo, sí parece funcionar bien para estos casos en que el agua moja el arco.

   Comentar también que para condiciones de contorno del tipo $\sqrt{i}/n \geq 1{,}8$ la aplicación numérica de Yarnell da siempre sobreelevaciones muy por encima del resto de métodos.

d) La aplicación de los coeficientes de pérdidas localizadas obtenidos de laboratorio se puede realizar solo para valores de *m* entre *0,324* y *0,65*. Cuando se aplican estos coeficientes la sobreelevación suele dar menor que si aplicáramos los coeficientes de pérdida genéricos 0,3 y 0,5. Esto se debe, a que normalmente, los coeficientes de pérdida obtenidos en laboratorio no alcanzan estos valores genéricos. Se puede decir que, en la media, la sobreelevación calculada mediante coeficientes de pérdida genéricos suele dar de un orden del 10% mayor para los caudales máximos

estudiados. Es decir, trabajando con unas pérdidas de carga genéricas de 0,3 y 0,5, normalmente nos quedamos del lado de la seguridad para los puentes estudiados (F.S=1,1) (ver tabla 4.14). Estos factores de seguridad dados se deben tomar con precaución, ya que representan una media de la totalidad de los puentes.

e) La ecuación de Bradley, en principio no tiene restricciones de ningún tipo. Sin embargo, se observa que para valores de obstrucción menores de 0,10, la sobreelevación resultante es mucho más pequeña que la calculada por el Hec-Ras. No obstante, esta restricción no debe ser considerada muy importante porque con estas obstrucciones no se deben obtener sobreelevaciones de más de 30 cm. en término general.
Por lo demás, la ecuación de Bradley tiende a quedar del lado de la seguridad, con un F.S del orden de 1.01 (ver tabla 4.14).

f) El efecto que tiene la erosión por contracción en el cauce sobre la sobreelevación es de reducir en gran medida ésta. En función de la granulometría del cauce esta erosión puede llegar a ser tan elevada como para que no se produzca sobreelevación de la lámina de agua.
La erosión local en las pilas solo afecta a una posible socavación de la cimentación del puente, pero no lleva consigo un aumento del área de flujo, por lo que no tiene efectos sobre la sobreelevación.

g) La oblicuidad solo empieza a influir de una manera destacable en la sobreelevación cuando alcanzamos valores superiores a los 20º de oblicuidad. En Hec-Ras la influencia de la sobreelevación es más grande que la observada mediante la aplicación de las ecuaciones empíricas ya que estas introducen el factor corrector en el que se tiene en cuenta que el vano real no es el vano del puente oblicuo ni su proyección a la perpendicular al cauce, sino una cantidad intermedia.

h) Para el único puente en el que se tenía valores reales de calados y caudales, la sobreelevación máxima obtenida para un caudal máximo ha sido del orden de 85 cm. Este valor puede ser representativo del orden de magnitud de la sobreelevación que podemos tener para puentes de estas características. Se deberá tener en cuenta sin embargo que estas sobreelevaciones pueden aumentar considerablemente en función del parámetro $\sqrt{i}/n$ de cada puente. En concreto, el río Tajo a su paso por el Puente de Alcántara tiene valores de i=0,001 y de n=0,06 lo que nos da un $\sqrt{i}/n$ =0,54, un valor relativamente bajo.