

## RESUMEN

---

Las inundaciones que año tras año se suceden casi en cualquier parte del mundo y las terribles consecuencias que de ellas se derivan, ponen de manifiesto la importancia de contar con una metodología de control sobre la situación en que se encuentran los puentes que, como pieza clave de las infraestructuras viarias, salvan cursos de agua conectando y cohesionando el territorio. Este tema ha sido tradicionalmente abordado analizando la situación frente a la socavación de una estructura determinada, en un momento concreto, casi siempre, como consecuencia de un suceso extraordinario que ha supuesto un claro peligro o incluso el colapso de la misma. Esta manera de actuar no permite anticiparse a las catástrofes o limitar sus efectos; tampoco priorizar las actuaciones ni disponer de una visión del conjunto de las estructuras, aspecto que es determinante en la Gestión de Puentes.

Es bien cierto que la acción erosiva local del río supone uno de los mayores retos para los puentes que salvan cursos fluviales, pero no es el único. Existen otros problemas hidráulicos asociados a la interacción cauce-puente en situación de avenida. Entre estos problemas podemos citar los asociados a: una capacidad hidráulica insuficiente, las acciones hidrodinámicas del flujo sobre la estructura (incluso impacto de objetos/materiales arrastrados), la erosión general (migración lateral, incisión, ...), la erosión por contracción y finalmente sí, la socavación de pilas y estribos.

Todo ello pone de manifiesto el interés del desarrollo de una metodología que, contemplando la interacción cauce-puente en avenida de manera integral, permita cuantificar la vulnerabilidad de cada uno de los puentes de una red de infraestructuras viarias, de forma que con actuaciones menores puedan evitarse problemas mayores y además, pueda establecerse una priorización de las actuaciones en función de dicha vulnerabilidad.

La metodología propuesta cuantifica esta vulnerabilidad frente a avenidas de los puentes sobre cauces en base a tres descriptores, dos para el cauce – el Descriptor del Cauce de Aguas Arriba y el Descriptor del Cauce de Aguas Abajo-, y uno para el puente – el Descriptor del

Puente-, que deben ser utilizados conjuntamente. Estos descriptores se obtienen a partir de una serie de parámetros y aspectos que se derivan de la inspección de campo en la que se apoya. En ella se recopilan de manera sistemática y objetiva todos los datos necesarios para la consideración de los factores determinantes de la interacción cauce-puente en avenida. Estos factores son de tipo geomorfológico, hidráulico-sedimentológico y estructural.

Los factores geomorfológicos están referidos principalmente a propiedades del cauce y de sus márgenes. Sus características y efectos se consideran muy importantes para el análisis de los problemas de estabilidad del puente asociados a la interacción con el cauce en situación de avenidas. Los factores hidráulico-sedimentológicos tienen una importancia significativa en la evaluación de la vulnerabilidad fluvial de los elementos subestructurales del puente. De ellos depende en gran medida el tipo de interacción que se produzca entre puente y cauce, y por ende, los efectos que de ésta se desprendan. Evalúan problemas asociados a falta de capacidad hidráulica; a la estabilidad fluvial en las inmediaciones de la estructura, la erosión por contracción y la socavación; y a las acciones hidrodinámicas del flujo sobre la propia estructura. Finalmente, los factores estructurales están relacionados con las características resistentes, aunque en ocasiones también durables, principalmente de los elementos de la subestructura y sus cimentaciones, incluidas las medidas de protección de las mismas.

Los tres descriptores de la vulnerabilidad fluvial del puente se unifican obteniendo finalmente un descriptor único denominado Descriptor Global del Puente [DGP], que condensa y sintetiza toda la información. Esto se hace así para optimizar el tratamiento de la información dentro de un Sistema de Gestión de Puentes (p.e de la Red Nacional de Carreteras). Para facilitar su obtención así como el manejo del importante volumen de resultados que se genera al analizar multitud de casos, se diseña un ábaco, el Ábaco del DGP. Este ábaco supone una importante herramienta de gestión, pues ofrece no sólo el valor del DGP actual sino que indica cuál sería la ruta o camino óptimo –desde el punto de vista de las actuaciones necesarias, de ingeniería fluvial o estructurales- para su mejora (aumento de valor) y por tanto para la de la condición de estado del puente al disminuir su vulnerabilidad.

La metodología ha sido desarrollada en base al análisis de un número importante de puentes inspeccionados y a la experiencia profesional tanto en la inspección, incluso forense (puentes colapsados), como en el desarrollo de estudios clásicos y proyectos de reparación de puentes.

Con posterioridad a su desarrollo ha sido contrastada frente a un conjunto de casos reales de puentes que, o bien han sido estudiados desde un punto de vista clásico o bien han colapsado, mostrando resultados plenamente satisfactorios. Esto ha permitido finalmente validar el proceso de unificación propuesto para los tres descriptores y por tanto la obtención del DGP como indicador final único.

Por último, la metodología propuesta ha sido aplicada en su versión completa al conjunto de casos reales inspeccionados y se puede afirmar que es finalista. Es finalista pues consigue cuantificar la vulnerabilidad frente a avenidas del conjunto de puentes fluviales inspeccionado, clasificándolos en función de ella. Esta cuantificación se realiza además, sin perder el significado físico de los parámetros y aspectos que recogen los principales factores intervinientes, lo que permite en última instancia, extraer los puentes que se encuentran en peor situación. De esta forma además, se priorizan y conducen las actuaciones necesarias optimizando el uso de los recursos disponibles, siempre limitados.