

MODELO NUMÉRICO DE EROSIÓN GENERAL POR TRANSPORTE DE FONDO EN CAUCES FLUVIALES BAJO CONDICIONES UNIDIMENSIONALES EN RÉGIMEN VARIABLE.

RESUMEN

Uno de los principales objetivos de la ingeniería fluvial es el análisis, a poder ser cuantitativo, de los procesos de erosión, depósito y transporte de sedimentos en ríos. Ejemplos de la gran importancia de estos fenómenos son el aterramiento de algunos embalses, la pérdida de calado en ríos navegables y la socavación de cimentaciones de muchos puentes. Entre estos procesos merece especial atención la erosión general, aquella que se produce a lo largo de grandes longitudes de un cauce por efecto del arrastre de sus partículas sólidas, ocasionado a su vez por la velocidad media del flujo. Debido a su extensa área de actuación, este tipo de erosión puede movilizar grandes cantidades de sedimento y por tanto tener una gran repercusión sobre la morfología de un río.

La gran complejidad de todos estos procesos ha impedido, en la mayor parte de los casos, el desarrollo de modelos teóricos. Sólo en el caso de la erosión general existen simplificaciones de los fenómenos reales - bajo condiciones unidimensionales, cauces de material uniforme y régimen hidráulico variable que pueden ofrecer resultados suficientemente adecuados para muchos de los problemas que afronta la ingeniería fluvial. En esta tesina se ha adoptado un modelo de este tipo, constituido por un sistema de tres ecuaciones diferenciales no lineales: conservación de la masa y de la cantidad de movimiento en el fluido (Ecuaciones de Saint-Venant) y conservación de la masa de sedimento (Ecuación de Exner); con sus correspondientes tres incógnitas: caudal y sección de fluido y cota del sedimento. Este sistema debe completarse además con dos relaciones de carácter empírico que describen las pérdidas de energía por fricción (Fórmula de Manning) y la capacidad de transporte del fluido (Fórmula de Meyer-Peter & Müller).

Dado que sólo existen soluciones analíticas del modelo unidimensional para los casos más simples, su resolución debe realizarse de forma numérica, mediante el uso de esquemas de discretización de ecuaciones y métodos de carácter iterativo para hallar soluciones de sistemas no lineales. En esta tesina se ha propuesto como esquema de discretización el denominado Método de los Volúmenes Finitos. Partiendo de la forma integral de las ecuaciones, definidas en pequeños volúmenes en los que se divide todo el dominio de un problema, este método permite independizar los dominios temporal y espacial y, operando entonces con las técnicas habituales de discretización, derivar en su forma discreta las ecuaciones que finalmente han de constituir el modelo numérico de la tesina. Para su solución basta contar, en cada instante de cálculo fijado, con un esquema numérico que resuelva sistemas de ecuaciones no lineales (Método de Newton-Raphson, o alguno de sus derivados), prestando especial atención a la imposición de las condiciones de contorno particulares de cada caso.

Este modelo se ha aplicado a una serie de ejercicios que simulan diferentes posibles ejemplos de erosión general, cuyos resultados se presentan básicamente en forma de perfiles de la lámina de agua y del fondo del cauce a lo largo del canal para diferentes instantes de cálculo. El estudio y los comentarios de estos resultados, y de su evolución temporal, se han llevado a cabo fundamentalmente a nivel cualitativo, con la

observación de tendencias y comportamientos generales, ya que sólo se ha podido contar con resultados reales, que han permitido establecer una comparación y una valoración cuantitativa, para un único caso de los propuestos. Por último, en las conclusiones se presenta un análisis de los resultados obtenidos, de los principales problemas surgidos durante el desarrollo de la tesina y de las posibilidades y limitaciones del modelo para reproducir fenómenos reales.

f

Debe remarcarse que el objetivo principal de esta tesina es comprobar que un determinado modelo teórico de resolución de las ecuaciones disponibles en la actualidad permite obtener resultados razonables del fenómeno de transporte de sedimentos. No se pretende con este trabajo la realización de un análisis exhaustivo de los métodos numéricos empleados (en cuanto a velocidad de cálculo, garantías de convergencia, etc.), sino el estudio de los comportamientos hidráulicos que se pretenden simular.