

MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES. CASO DE LA CUENCA DEL RIO CALDERA, PANAMA

Hernán Solís y Johnny Cuevas

Summary: Tropical type weather, steep mountains, inadequate land use, lack of institutional support and empirical solutions explain the seriousness of the flooding problem in Central America. Since 1990, CATIE started a pioneering effort to improve the technological level for addressing these problems, by introducing in the region hydrologic and hydraulic models that allow a better diagnosis of the problems and the design of efficient and comprehensive solutions. In this paper, the Boquete City case, in the Caldera river watershed, in Chiriquí, Panamá, is presented. Firstly, a hydrological modeling, using HEC-1, includes the calibration of the model with historical data of recorded floods, and the calculation of discharge hydrographs for hypothetical future events, using rainfall data for a 25 return period. Secondly, hydraulic modeling, using HEC-2, evaluates hydraulic behaviour of the river and its affluents, identifying river reaches in which banks are overtopped, and bridges and culverts that lack enough capacity to pass the total flow. Finally preventive corrective measures, such as the establishment of flood prone areas, with severe development restrictions, and corrective works, like widening or deepening of the channel, levee construction or bridge redesign, are recommended to prevent or, at least, alleviate the consequences of inevitable future extreme flooding events.

Introducción

La problemática de las inundaciones en América Central es de una gravedad enorme. A partir de 1990 el CATIE inició una labor pionera de introducción de tecnologías avanzadas de modelación hídrica. Los modelos HEC-1 (hidrológico) y HEC-2 (hidráulico) hicieron su aparición en 1968 y las versiones para microcomputadoras en 1984. Estos modelos fueron creados por el Hydrologic Engineering Center, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

El objetivo básico de este trabajo es el análisis de la conducta hídrica de la cuenca del río Caldera. La ciudad de Boquete está asentada en las planicies de inundación del río Caldera, el cual provoca severas inundaciones. Las altas intensidades y láminas de precipitación, las fuertes pendientes, la fragilidad de muchos suelos, el uso inadecuado del suelo y, sobre todo, un desafortunado proceso de desarrollo urbanístico en las planicies de inundación del río, olvidando las lecciones del pasado, se conjugaron para crear una situación muy problemática, de muy difícil solución.

El primer paso para resolver o aliviar este grave problema consiste en conocer la conducta hídrica del río, de modo que se puedan identificar las zonas de riesgo. Una vez definidas las planicies de inundación para diferentes periodos de retorno, se puede proceder a establecer medidas preventivas, como es la restricción de construcciones en zonas de alto riesgo, y medidas correctivas, donde sea ingenieril y económicamente factible, como pueden ser obras de mejoramiento del cauce o diseño adecuado de puentes.

Materiales y métodos

La Cuenca del río Caldera pertenece al Río Chiriquí, vertiente del Pacífico, en la provincia de Chiriquí, Panamá, y está comprendida entre las coordenadas geográficas: 8° 45' y 8° 53' de latitud norte y entre los 82° 22' y 82° 33' de longitud oeste. El área de drenaje es de 136 km².

La modelación hidrológica es la simulación matemática de la respuesta de una cuenca ante la ocurrencia de un evento de precipitación. El modelo HEC-1 fue seleccionado por ser adecuado para eventos provocados por lluvias de alta intensidad y corta duración. El modelo debe ser calibrado debidamente, especialmente en los parámetros de pérdidas y del hidrograma unitario, lo cual se pudo realizar en forma directa, gracias a la existencia del sistema hidrometeorológico de la cuenca. Se cuenta con la estación limnigráfica Caldera Jaramillo, ubicada a escasos 3 kilómetros aguas abajo de la ciudad de Boquete, la estación pluviográfica Los Naranjos y las estaciones

pluviométricas finca Lérica, Bajo Boquete y Bajo Grande. A continuación se modela la cuenca para un evento de precipitación de un periodo de retorno de 25 años. El análisis estadístico se realiza utilizando la distribución de valores extremos de Gumbel, la ecuación de Chow y la fórmula de Weibull para calcular el periodo de retorno.

La modelación hidráulica permite el cálculo del perfil de los ríos para flujo permanente gradualmente variable en ríos, tanto para régimen subcrítico como supercrítico. Este modelo permite, a partir de caudales de entrada, analizar la conducta hidráulica de un río. De este modo se puede, por ejemplo, prever cuales sectores del río no tienen la capacidad de transportar de manera segura el caudal producido por eventos extremos de precipitación y escurrimiento, y tomar las medidas de prevención correspondientes. Permite a su vez, analizar las características energéticas del torrente, las cuales están asociadas a su capacidad de socavación.

Resultados

El evento que cumplió mejor las condiciones de calibración fue el del 10 de junio de 1976, lográndose un adecuado ajuste entre los caudales observados y los calculados (Figura 1). Los parámetros adoptados finalmente son: abstracción inicial de 35 mm y número de curva de 59 mm.

Una vez calibrado el modelo, se procedió a la modelación de la cuenca del río Caldera para un periodo de retorno de 25 años. Con base en estudios estadísticos se obtuvo una precipitación diaria de 208 mm para la estación Los Naranjos, 302 mm en Bajo Grande, 247 mm en Finca Lérica y 216 mm en Bajo Boquete. Como resultado se determinó el caudal máximo en cada una de las subcuencas y el tiempo en el que se produce. Interesa en especial los valores de caudal del río Caldera, a su paso por Boquete: 480 m³/s; y de las quebradas Grande y Aserrió: 93 y 27 m³/s, por ser los ríos tradicionalmente más conflictivos. Estos valores son usados en la modelación hidráulica.

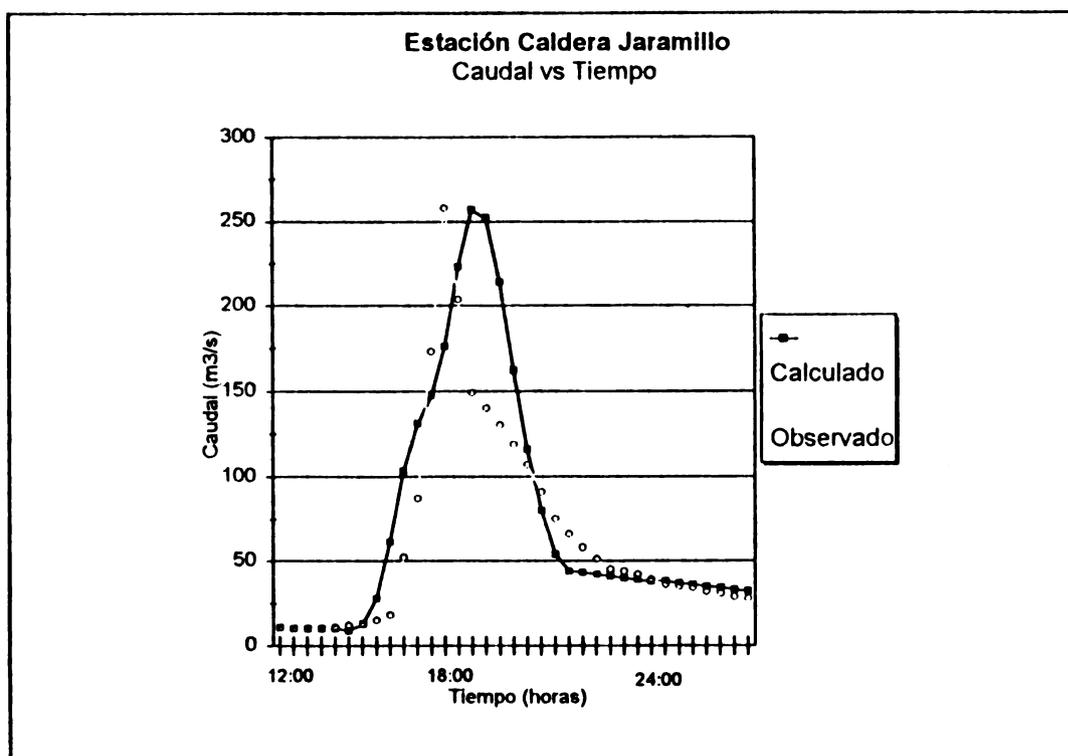


Figura 1. Calibración del modelo HEC-1

La simulación hidráulica permitió el cálculo del nivel del agua, el nivel energético, la pendiente, la velocidad, el caudal en el canal y las planicies de inundación, la profundidad del agua, el flujo en los puentes y el número de Froude, para cada sección del río. El Río Caldera no presenta desbordamientos a su paso por la ciudad, pero su energía cinética es de tal magnitud que puede cambiar de curso, como la ha hecho en el pasado, destruyendo las zonas urbanas que aparecen a su paso. Las quebradas Grande y Aserrió sí presentan serios problemas de inundación, siendo menores los problemas energéticos, dada la menor masa transportada.

Discusión y conclusiones

- La conclusión esencial es que la ciudad de Boquete está ubicada en las planicies de inundación del río Caldera. La única solución definitiva es la implementación estricta de un plan de desarrollo urbano basado en la definición de las planicies de inundación, a medio plazo.

- La composición geológica del lecho del río, aluvial no consolidada, ofrece una limitada resistencia a la capacidad erosiva del río, conduciendo a la socavación de los taludes y el lecho. Este tipo de suelos hace inestable la construcción de obras rígidas de protección, tales como muros de concreto, debido a la dificultad de lograr adecuadas fundaciones.

- Los resultados de la modelación hidrológica e hidráulica indican que el río Caldera no tiene problemas de desbordamiento, pero sí presenta una alta capacidad de socavación. Los puentes tienen suficiente capacidad hidráulica. Las medidas correctivas recomendadas en el río Caldera son:

- Protección de los taludes con rip rap y espigones, contruidos con rocas de diferente tamaño, - Protección de las pilas de los puentes con rip rap.

- Establecimiento de una franja de prohibición de construcción, de 50 metros de ancho a ambos lados de las márgenes del río.

- Los resultados de la modelación indican, por el contrario, que las quebradas Grande y Aserrió, al igual que muchos de sus puentes y alcantarillas, no tienen suficiente capacidad hidráulica, y presentan desbordamientos en numerosos sectores de su trayecto. Las medidas correctivas pueden ser:

- Excavación de cauce de las quebradas, ampliando su capacidad hidráulica.

- Reconstrucción de varios puentes ampliando significativamente sus dimensiones actuales.

- Protección de los taludes con gaviones, especialmente en los sectores cóncavos de las curvas.

- Rehubicación de las edificaciones que dificultan implementación de obras correctivas

- Establecimiento de una franja de prohibición de construcción, de 20 metros de ancho a ambos lados de las márgenes del río.

- Establecimiento de un plan de vigilancia y mantenimiento de las obras y políticas implementadas, de modo que se mantengan las características geométricas iniciales.

Bibliografía

Hoggan, D. Computer Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics. McGraw-Hill, New York, 1989.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC-1, Flood Hydrograph Package, User's Manual, Davis, California, 1990.

U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC-2, Water Surface Profiles, User's Manual, Davis, California, 1990.