

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo modelar el comportamiento hidráulico de la estructura de la presa Toachi mediante la aplicación de los modelos HEC-HMS y HEC-RAS 2D que son programas de libre acceso, con la finalidad de analizar los posibles impactos generados aguas abajo ante un escenario de falla y proponer medidas de mitigación orientadas a la gestión del riesgo. De este modo, se realizó el estudio hidrológico de la cuenca del río Toachi ubicada aguas arriba de la presa para lo cual se utilizó el modelo HEC-HMS en condiciones de lluvias extremas. Se usaron parámetros como la intensidad y duración de la precipitación, el tiempo de concentración, características geomorfológicas de la cuenca y las condiciones del almacenamiento para poder generar los hidrogramas de caudal que sirven para el análisis hidráulico. Adicionalmente, se evaluaron los mecanismos de falla estructural asociados a la subpresión en la presa hidráulica, determinando su influencia en la estabilidad global de la obra de arte y en el incremento de fuerzas actuantes. Con base en los resultados hidrológicos obtenidos, se procedió a la simulación de la rotura de la presa mediante HEC-RAS 2D, modelando la propagación del flujo y la delimitación de la llanura de inundación resultante. Los escenarios simulados permitieron identificar áreas potencialmente inundables, profundidades de flujo y tiempos de llegada de la onda de avenida, permitiendo identificar de manera referencial las zonas de mayor vulnerabilidad. Los resultados obtenidos constituyen una aproximación preliminar al comportamiento hidráulico ante un escenario de rotura, proporcionando criterios orientativos para la evaluación del riesgo ante un evento extremo. En este sentido, el estudio aporta información base para el análisis y la toma de decisiones en materia de gestión del riesgo, sin sustituir estudios de detalle o análisis estructurales específicos requeridos para el diseño definitivo.

Palabras clave: rotura de presa, HEC-HMS, HEC-RAS 2D, modelación hidrológica, inundación, gestión del riesgo.

Abstract

The present research aims to model the hydraulic behavior of the Toachi Dam structure through the application of the HEC-HMS and HEC-RAS 2D models, which are open-access programs, with the purpose of analyzing potential downstream impacts in a failure scenario and proposing mitigation measures oriented toward risk management. In this way, a hydrological study of the Toachi River basin located upstream of the dam was carried out using the HEC-HMS model under extreme rainfall conditions. Parameters such as precipitation intensity and duration, time of concentration, geomorphological characteristics of the basin, and storage conditions were used to generate flow hydrographs for hydraulic analysis. Additionally, structural failure mechanisms associated with uplift pressures in the hydraulic dam were evaluated, determining their influence on the overall stability of the structure and on the increase of acting forces. Based on the obtained hydrological results, the dam breach was simulated using HEC-RAS 2D, modeling flow propagation and delineating the resulting floodplain. The simulated scenarios allowed the identification of potentially flood-prone areas, flow depths, and floodwave arrival times, enabling the referential identification of the most vulnerable zones. The obtained results constitute a preliminary approximation of hydraulic behavior in a breach scenario, providing guiding criteria for risk assessment during an extreme event. In this sense, the study provides baseline information for analysis and decision-making in risk management, without replacing detailed studies or specific structural analyses required for the final design.

Keywords: dam break, HEC-HMS, HEC-RAS 2D, hydrological modeling, flooding, risk management.