

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las presas son en nuestro país una infraestructura muy común debido a la singular combinación de orografía y régimen climático. La orografía nos permite la construcción de presas en las zonas montañosas y nuestros limitados recursos hídricos las hacen aconsejables para poder atender a la demanda de agua en las épocas más secas del año.

Si bien ese no es su objetivo inicial las presas a menudo se constituyen en un elemento de seguridad frente a avenidas debido a su capacidad de laminación, reduciendo o eliminando el caudal que llegaría a las poblaciones situadas aguas abajo de las mismas.

La construcción de una presa conlleva también unos riesgos, ya que en caso de rotura de la misma las inundaciones aguas abajo pueden llegar a afectar gravemente poblaciones, infraestructuras, etc.

El nivel de desarrollo en que se encuentra nuestra sociedad nos exige no solo tener presas como elemento de regulación para tener reservas de agua y laminar avenidas, si no dar un paso más en materia de seguridad ciudadana y establecer esos riesgos y las medidas a adoptar ante ellos.

Para establecer esos riesgos disponemos hoy en día de modelos matemáticos capaces de simular la rotura de una presa y obtener los niveles de inundación aguas abajo de la misma así como el tiempo respecto al momento de la rotura que tardaría en producirse dicha inundación. Los modelos también nos facilitan variables hidráulicas, básicamente velocidad del agua y calado, para poder evaluar la gravedad de la inundación.

El modelo más utilizado hasta la fecha para la simulación de rotura de presas ha sido el americano DAMBRK.

Desde el año 2003 el modelo HEC-RAS, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineers, incorpora entre sus capacidades un módulo que permite la simulación de rotura de presas.

La aparición de esta nueva herramienta es especialmente interesante por diferentes motivos:

1. El uso de HEC-RAS en España está muy extendido y existen numerosos ríos simulados con éste, por tanto existe la posibilidad de incluir una presa y simular su rotura sin necesidad de crear un nuevo modelo.

2. HEC-RAS funciona en entorno Windows, mientras que en la actualidad DAMBRK todavía funciona en entorno DOS, de manera que el primero es más sencillo de manipular a nivel de usuario.

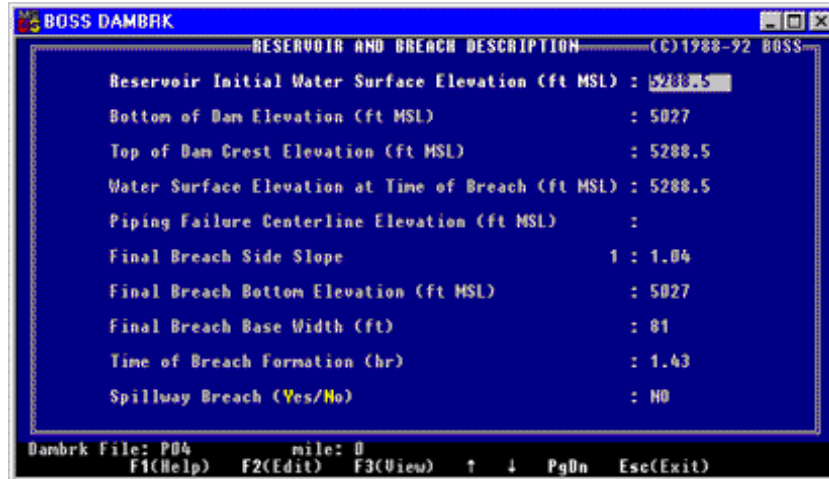


Figura 1.1 Pantalla de DAMBRK (entorno DOS)

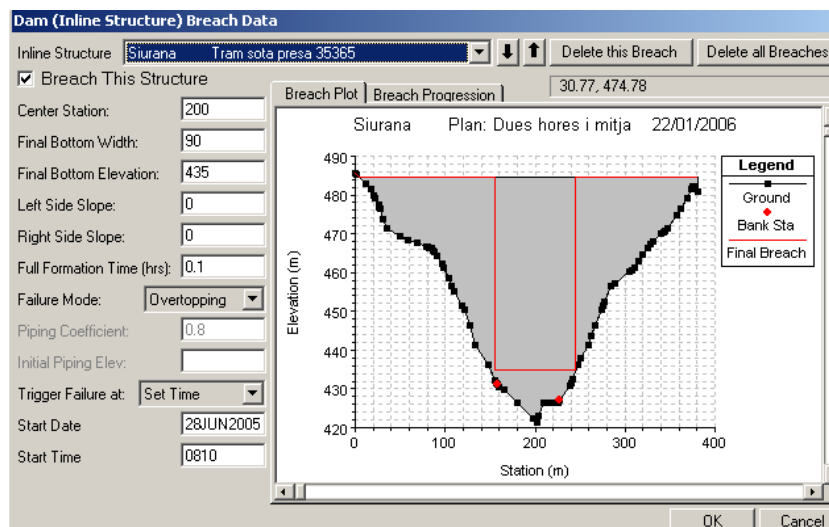


Figura 1.2 Pantalla de HEC-RAS (entorno Windows)

3. HEC-RAS es un programa totalmente gratuito que puede obtenerse en la página web del United States Army Corps of Engineers (cuerpo de ingenieros del ejército de estados unidos).

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la interacción de los modelos capaces de simular rotura de presas con modelos digitales del terreno. La posibilidad de combinar los resultados de una simulación hidráulica con la información disponible en un modelo digital del terreno mediante herramientas GIS abre un campo de posibilidades que todavía se encuentra en fase embrionaria en nuestro país.

Para trabajar con HEC-RAS existe una aplicación, HEC-GeoRAS, que trabaja en entorno GIS (ArcInfo, ArcView o ArcGIS). A partir de un modelo digital del terreno puede crearse un archivo para importar a HEC-RAS la información geométrica necesaria para llevar a cabo una simulación (cauce, secciones, etc.). De la misma forma después de haber realizado una simulación con HEC-RAS se pueden pasar los resultados al entorno GIS para realizar mapas de inundación y riesgo. La interacción de DAMBRK-FLDWAV con herramientas GIS está en desarrollo pero en la actualidad todavía se encuentra en fase de pruebas.

Las simulaciones que se llevan a cabo para evaluar los efectos de la rotura de una presa son una pieza importante, pero ni mucho menos la única, de cara a poder planificar cómo actuar en caso de rotura de una presa. Existen numerosas actuaciones paralelas: coordinación de equipos de emergencia - policía, bomberos-, identificación de servicios básicos para la población que pudieran verse afectados por la inundación, creación de protocolos de evacuación y un largo etcétera.

Todo esto es materia de la Protección Civil y queda regulado en la “Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones”, la cual hay que consultar para elaborar simulaciones que contengan la información necesaria y en el formato adecuado para poder evaluar riesgos y establecer las medidas a adoptar en caso de avenida por rotura de presa.

1.2 Objetivos

El trabajo que a continuación se presenta persigue los siguientes objetivos:

1. Asegurar la capacidad de HEC-RAS para la simulación de rotura de presas.

Debido a su reciente aparición existe poca experiencia en el uso de HEC-RAS para la simulación de rotura de presas. Se pretende por tanto realizar una revisión de las capacidades del programa para comprobar que cumple con todas las exigencias de las normativas españolas vigentes y aplicarlo a un caso práctico para comprobar su funcionamiento.

2. Creación de una guía para facilitar la simulación de rotura de presas mediante HEC-RAS, ArcView y HEC-GeoRAS.

La documentación a nivel de manuales de usuario de ArcView, HEC-RAS y HEC-GeoRAS es escasa o en su defecto se encuentra solo redactada en inglés, la cual cosa dificulta la inclusión de estas herramientas en el trabajo diario de los ingenieros autores de simulaciones de rotura de presas. Por ese motivo se ha considerado muy interesante plasmar el trabajo de investigación que se ha realizado en este trabajo en una guía para facilitar el uso de estos programas.

Se ha optado para lograr este objetivo por la descripción de todos los pasos seguidos durante la simulación que se ha llevado a cabo en el caso práctico que se incluye en este trabajo.

1.3 Contenido de este documento

Para conseguir los objetivos propuestos en el presente trabajo se han desarrollado distintos aspectos que dan contenido a los diferentes capítulos de este documento.

En el capítulo 2 se hace una descripción general del estado actual del conocimiento en la materia de las simulaciones mediante modelación matemática del flujo en lámina libre, que incluye un repaso a los modelos existentes y una comparación de las capacidades de HEC-RAS y DAMBRK.

El capítulo 3 recoge una descripción de la normativas y guías técnicas aplicables a las simulaciones de rotura de presas. Algunas de estas normativas recogen muchos aspectos que no son estrictamente necesarios para la elaboración de una simulación hidráulica y por otro lado muchos conceptos se repiten en varias de ellas. Por este motivo se ha desarrollado en el punto 2.2 un resumen con los conceptos que son de interés para una simulación hidráulica de manera que aparezca junta y ordenada en un mismo texto.

El capítulo 4 es una revisión de las capacidades del modelo HEC-RAS para comprobar que cumple con todas las exigencias de las normativas vigentes para elaboración de simulaciones de rotura de presas.

La materialización de todos los conceptos teóricos en caso práctico se incluye en el capítulo 5, donde se ha realizado la simulación de la rotura de la presa de Siurana en la provincia de Tarragona y se ha detallado todo el proceso paso a paso para que sirva de ayuda a todo aquel que quiera realizar una simulación con las mismas herramientas (ArcView, HEC-RAS y HEC-GeoRAS) pero que hasta ahora ha tenido dificultades para encontrar material didáctico al respecto.