

MÉTODOS NUMÉRICOS PARA LA PREDICCIÓN DE INUNDACIONES

NUMERICAL METHODS FOR PREDICTING FLOODS

28

Autores

Erasmus Alexander, Miguel Battikk, Cristian Castillo, Aidin Mendoza, José Poveda y Eynar Vásquez.

Área

Licenciatura en Ingeniería Civil
Centro Regional de Veraguas
Universidad Tecnológica de Panamá

RESUMEN

En este proyecto nos enfocamos en el desarrollo de tecnologías de apoyo y el uso de aplicaciones software para la simulación de inundaciones. En este estudio se utilizó, básicamente, el software Hec-RAS que permite la simulación en 2D y en 3D de cuencas hidrográficas y además, GoogleEarth. Para este estudio se realizó la simulación de una inundación de la cuenca del río Tabasará y de algunas grandes ciudades del mundo.

PALABRA CLAVE

Modelización numérica; Inundaciones.

ABSTRACT

In this project we focus on the development of supporting technologies and software applications for flooding simulations. This study used the Hec-RAS software, which allows the simulation of watersheds in 2D and 3D, in addition to Google Earth . For this study we simulated a flood of the Tabasará River and of some large cities of the world.

KEY WORDS

Numerical modeling; Floods.

1. Introducción

Hoy en día, se posee una amplia variedad de modelos de simulación de inundaciones, algunos de ellos utilizan un enfoque en 1D y en 2D, y también existen otros que integran ambos modelos 1D-2D. La tecnología ha avanzado a un nivel en el que algunos programas presentan una imagen realista de la zona que se están investigando, ofreciendo una mejor perspectiva de las áreas que pueden ser inundadas. La calidad del simulador de inundaciones depende de su capacidad para describir el sistema físico, a partir de datos topográficos, ya que algunos softwares se apoyan mucho en programas topográficos.

El modelado numérico constituye una poderosa herramienta para obtener un conocimiento cuantitativo de procesos físicos en general y de flujos hidrodinámicos en particular. El uso de este modelado proporciona información sobre variables relevantes como la variación del caudal, variación de presiones, etc.

1.2 Modelo numérico de pronóstico de tiempo

La modelización numérica de la hidrodinámica de ríos precisa del uso de la teoría hidráulica del flujo en lámina libre y de los métodos numéricos, para resolver las ecuaciones de conservación de masa, entre otras. El conjunto se ha definido recientemente como hidroinformática.

Los modelos numéricos de predicción del tiempo son abstracciones de representaciones del mundo real aplicadas al tratamiento predictivo, que discretizan áreas o cuerpos en dos o tres dimensiones respectivamente, aplicando funciones aproximadas del comportamiento de las propiedades que se quieren estudiar y juegan un papel clave en el proceso de la predicción del tiempo.

Un sistema moderno diario de pronóstico del tiempo consiste en cinco componentes:

1. Recopilación de datos (estaciones meteorológicas de superficie, boyas marítimas, datos de satélites, etc).
2. Asimilación de datos (se realiza en cada institución meteorológica del mundo).
3. Predicción numérica del tiempo (a través de

los modelos matemáticos de pronóstico).

4. Post-procesamiento de modelos de salida (intervención humana).

5. Presentación del pronóstico al usuario final (páginas web, difusión en los medios, etc.).

De acuerdo con las escalas espaciales a las que se aplican, los modelos meteorológicos se pueden clasificar en tres grandes bloques: los modelos globales, los modelos regionales (o de mesoescala) y los modelos de micro escala. Los primeros se encargan fundamentalmente de la predicción numérica del tiempo a escala planetaria o de los estudios de cambio climático, los modelos regionales son los que sirven para reproducir fenómenos de mesoescala y predecir el “tiempo local” y los modelos de microescala se diseñan para simular fenómenos turbulentos y superficiales de especial interés en la simulación de dispersión de contaminantes.

1.3 Métodos existentes

1.3.1 Método unidimensional

En los métodos de una dimensión lo habitual es considerar el río como una línea, con una serie de puntos de cálculo que son las secciones transversales, de manera que la geometría del cauce es una propiedad de cada punto de cálculo o sección. Para utilizar estos métodos, se deben cumplir algunas hipótesis básicas que influyen los resultados del modelo, podemos mencionar que el flujo de agua se produce en el sentido del eje del río y es perpendicular a cada sección transversal; la cota y la velocidad del agua es constante en cada sección.

El modelo más utilizado para métodos unidimensionales es el Hec-RAS.

El modelo hidrodinámico unidimensional resuelve las ecuaciones promediadas de Saint Venant para flujo permanente y no permanente (Hec-RAS, 1999).

La herramienta numérica resuelve las ecuaciones en dirección del flujo dentro del dominio que representa a la región de estudio.

1.3.2 Método bidimensional

En dos dimensiones el río ya no se discretiza como una línea con una serie de secciones transversales, sino como una malla formada por

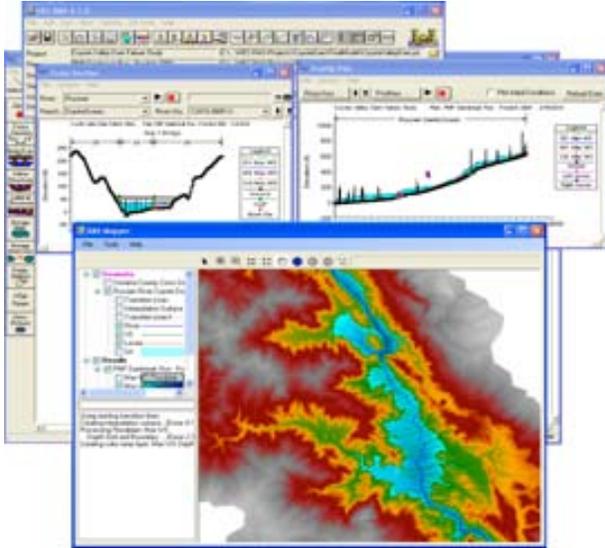


Figura 1. Ejemplo de imagen obtenida con el método unidimensional.

una serie de celdas poligonales que representan la topografía del cauce y llanuras de inundación. Dicha malla puede ser regular o irregular, estructurada o no estructurada. La mayor flexibilidad para una buena representación de la geometría y contornos se suele conseguir con una malla irregular.

Existen modelos comerciales que permiten, para su mejor estudio, una combinación de esquemas 1D y 2D, un ejemplo de esto es el IBER. Este consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional de cauces (y en consecuencia posibilita la definición de zonas inundables, la delimitación de vías de intenso desagüe o en general la zonificación del Dominio Público Hidráulico), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación.

Otro ejemplo de este tipo de modelos es ISIS, que es un software conformado por un conjunto de módulos que ofrece soluciones numéricas para simular flujo de agua, hidrología, cambios en la calidad de agua y transporte de sedimentos en ríos, llanuras de inundación, canales, estuarios, cuencas y áreas urbanas.

ISIS es adecuado en un amplio espectro de aplicaciones ingenieriles y medioambientales, desde el cálculo de curvas de remanso en canales

a superficie libre, hasta el modelado de cuencas enteras.

La lista de requisitos que un modelo bidimensional deberá cubrir para ser utilizado en la descripción de flujos de inundación en llanuras incluye los siguientes:

- El campo de flujo debe ser representado en al menos dos dimensiones, representándose procesos dinámicos conocidos.
- Se debe utilizar un algoritmo numérico eficiente que haga tratable el problema desde el punto de vista computacional.
- El modelo deberá representar la topografía del terreno y la forma arbitraria de los ríos en la planicie (ej. meandros).
- El esquema numérico deberá ser capaz de manejar fronteras móviles en la planicie de inundación, asociadas con el mojado y secado de elementos. Ver figura 3.

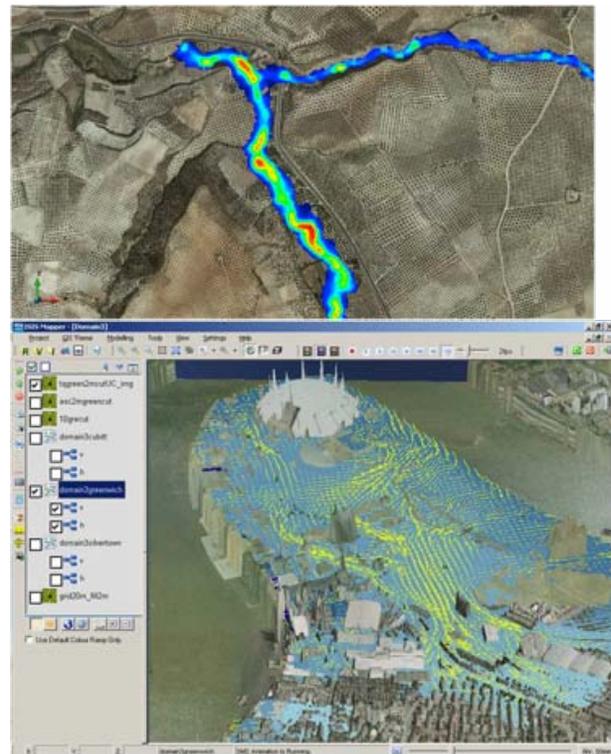


Figura 2. Ejemplo de imágenes obtenidas con el método bidimensional.

El Principio de Saint-Venant como modelo bidimensional establece que los sistemas estáticamente equivalentes producen los mismos efectos que los otros modelos descritos anteriormente.

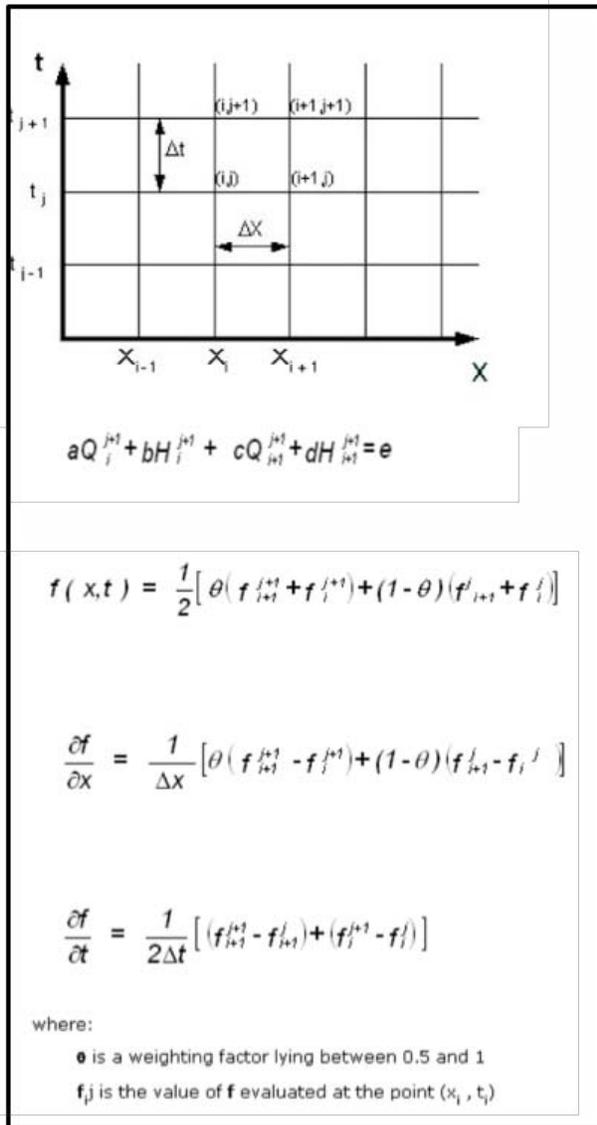


Figura 3. Esquema numérico de Pressmann.

1.3.3 Método tridimensional

La utilización de modelos tridimensionales para el cálculo de zonas inundables es mucho menos común que la de los modelos 1D y 2D, debido a que la extensión espacial del modelo requeriría la utilización de mallas de cálculo de varios millones de elementos, con un coste computacional muy elevado. Los modelos 3D aplicados a hidráulica fluvial se suelen restringir al estudio del flujo local en meandros o en torno a estructuras hidráulicas como pilas de puentes, vertederos o compuertas.

Los modelos 3D utilizan distintos tipos de discretización espacial, la cual suele estar relacionada con el método utilizado para el

tratamiento de la lámina libre. Una posibilidad muy extendida es la utilización de capas sigma (Phillips, 1957) para generar la discretización vertical, que consiste en una malla 2D horizontal a partir de la cual se generan un número determinado de capas en la dirección vertical, que tienen un espesor variable y se distribuyen entre el fondo y la lámina libre. Además, se pueden conseguir algunos programas para modelado 3D de manera gratuita, tales como Flow3D, el cual ha sido utilizado en un gran número de aplicaciones de ingeniería hidráulica, fluvial y medioambiental, incluido el cálculo de zonas inundables.

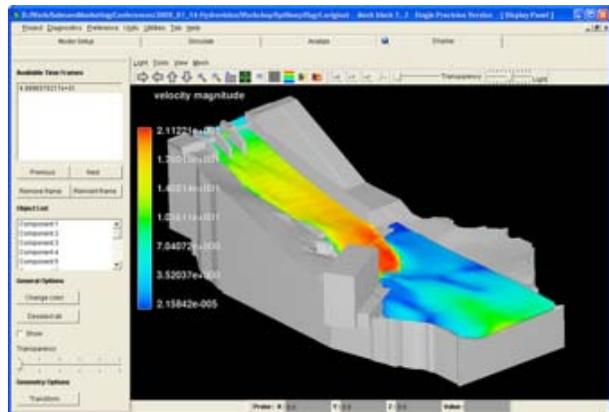


Figura 4. Ejemplo de imagen con el método tridimensional

2. Método utilizado

El método utilizado para este proyecto fue el 1D-2D, porque nos permite analizar, de manera más precisa, la zona que vamos a utilizar para presentar el proyecto y el programa que nos pareció más conveniente utilizar fue el ISIS, en conjunto con algunos software topográficos.



Figura 5. Imagen de Google® Earth™ de la zona objeto de estudio.

2.1 Zona de estudio

La zona utilizada para realizar este proyecto fue la cuenca del río Tabasará.

2.2 Procedimiento

Se realizaron dos tipos de simulación en inundaciones, una por Google Earth y otra con datos proporcionados por ETESA y utilizando el programa Hec-RAS.

Para la simulación con Google® Earth™:

- Luego que se abre Google® Earth™, en la carpeta de lugares temporales, se añade y nombra una nueva carpeta.

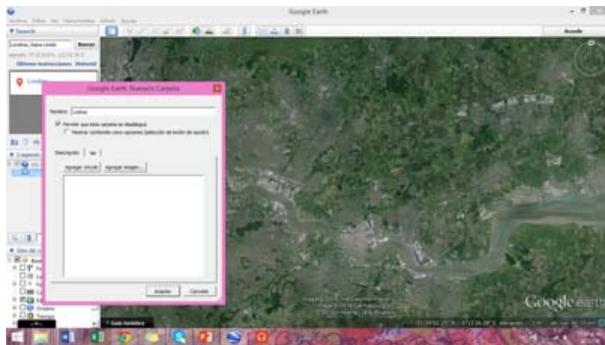


Figura 6. Imagen de Google® Earth™.

- Posterior a dar aceptar, se va a la opción “añadir” y se elige la opción “polígono”.

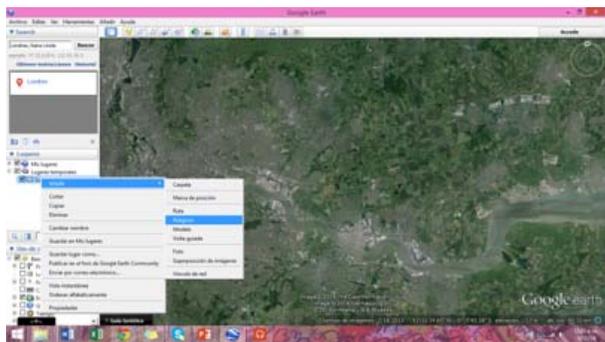


Figura 7. Imagen de Google® Earth™.

- La simulación se hizo a 5m, luego de eso se cambia el color y se selecciona el polígono que se desea inundar.

Simulación con Hec-RAS

Para realizar este proyecto se visualizó el área de estudio en Google® Earth™ y se marcó la ruta por donde pasaba el río Tabasará. Con los datos que recibimos de ETESA y utilizando el programa Hec-RAS, se utilizó el valor de los caudales.

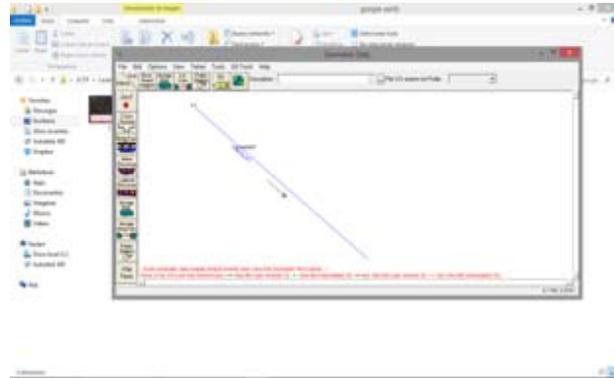


Figura 8. Imagen de Hec-RAS.

3. Resultados

Para la simulación de inundaciones con Google® Earth™ se tomaron como ejemplos hipotéticos las ciudades de Londres y Nueva York, como se muestran en las figuras a continuación.



Figura 9. Imagen de Google® Earth™ Londres, Inglaterra.



Figura 9. Imagen de Google® Earth™ Londres, Inglaterra.

Por otro lado, con la utilización del programa Hec-RAS se obtuvieron algunos resultados significantes como los que se presentan en las imágenes a continuación:

- Las características de los resultados obtenidos con los diferentes programas están en función de la disponibilidad de datos, de las particularidades de los modelos y de los métodos de simulación y de la experiencia del modelador.
- La modelización numérica en ríos es una herramienta fundamental para la evaluación del riesgo de inundación, porque le permite a una persona o institución estar prevenido con anticipación sobre la ocurrencia de una inundación.

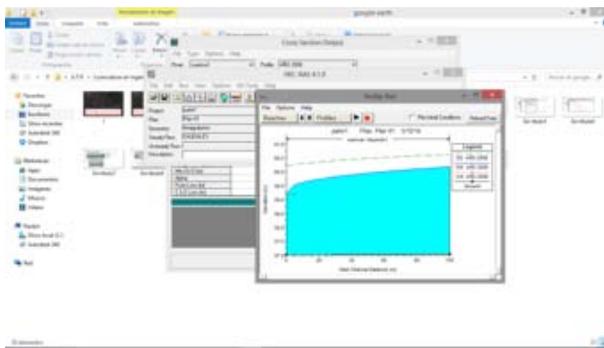


Figura 11. Imagen de Hec-RAS.

REFERENCIAS

- [1] Bladé E., Ceab L., Coresteina, G., (2014), Modelización numérica de inundaciones fluviales.
- [2] Catanedo, S., (2000), Desarrollo de un modelo hidrostático tridimensional para el estudio de la propagación de ondas largas en estuarios y zonas someras.
- [3] Hydroeurope team 8 <https://sites.google.com/a/aquacloud.net/hydroeurope14team08/our-work/hydraulic-modelling/isisA>
- [4] Ghimire S., (2013), Application of a 2D Hydrodynamic Model for Assessing Flood Risk from Extreme Storm Events.
- [5] Martínez, González Y., (2003) Solución numérica de las ecuaciones de flujo impermanente unidimensional.
- [6] Manzano, E., (2011) Validación de modelo matemático acoplado de fondo móvil para ríos, Tesis de maestría en Ingeniería civil-hidraulica Universidad Nacional Autónoma de México.

4. Conclusiones

En forma más detallada podemos concluir que:

- Actualmente existen distintas metodologías para la modelización numérica de inundaciones fluviales. Ante la ya consolidada utilización de software unidimensional, estos se fueron desarrollando y mejorando para crear software bidimensional, y luego empezaron a utilizarse herramientas para abordar simulaciones en tres dimensiones.
- Las características de los resultados obtenidos con los diferentes programas están en función de la disponibilidad de datos, de las particularidades de los modelos y de los métodos de simulación y de la experiencia del modelador.
- La modelización numérica en ríos es una herramienta fundamental para la evaluación del riesgo de inundación, porque le permite a una persona o institución estar prevenido con anticipación sobre la ocurrencia de una inundación.