

# Herramienta pedagógica en hidrología mediante una instalación de realidad aumentada

## *Hydrological education tool based on an augmented reality facility*

(Recepción 30/03/2022;

Aceptación 19/12/2022)

Regueiro-Picallo, M.<sup>1,2</sup>; Puertas, J.<sup>1</sup>; Cea, L.<sup>1</sup>; García-Alén, G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade da Coruña, Grupo de Enxeñería da Auga e do Medio Ambiente (GEAMA), Departamento de Enxeñería Civil, 15071 Elviña, A Coruña, España

<sup>2</sup>Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, CH-8600 Dübendorf, Switzerland

Teléfono: +34 981 167 000

Email: [manuel.regueiro1@udc.es](mailto:manuel.regueiro1@udc.es)

**Resumen.** *El uso de nuevas tecnologías de visualización, como la realidad aumentada, está facilitando la educación en muchos campos de investigación. En el presente artículo, se muestran las capacidades del módulo TopoSandBox, desarrollado para la divulgación de estudios hidrológicos. Su uso permite tener una mejor perspectiva para entender, abordar y solucionar problemas como, por ejemplo, los riesgos asociados a inundaciones, dentro de un territorio. La diferencia de esta instalación frente a otras herramientas similares es que el motor gráfico integra el modelo Iber, lo que permite simular escenarios hidrológicos e hidráulicos más realistas.*

**Palabras clave.** *Educación superior; hidrología; modelización numérica; realidad aumentada.*

**Abstract.** *The use of new visualisation technologies, such as augmented reality, facilitates higher education and e-learning in many research fields. This article shows the capabilities of the TopoSandBox system, which was developed for the outreach of hydrological studies. This facility allows a better perspective to understand, address and solve problems, such as flooding risks, within a territory. The main difference between this system and other similar tools is that the graphic engine integrates Iber, a two-dimensional hydraulic model which allows simulating more realistic hydrological and hydraulic scenarios.*

**Keywords.** *Augmented reality; higher education; hydrology; numerical modelling.*

## 1. Introducción

Tradicionalmente han existido dos metodologías de análisis de fenómenos hidráulicos: los métodos numéricos y los modelos físicos. La modelización física hidráulica aporta una cercanía con el problema y una visualización del entorno físico que es difícilmente sustituible con los modelos numéricos. Observar en tres dimensiones un estudio de inundaciones, percibir como una lámina de agua inunda una zona y proponer soluciones, por ejemplo, mediante barreras protectoras, es algo que se hace de un modo mucho más intuitivo sobre un modelo físico que sobre un modelo numérico.

La idea básica sobre la que se sustenta el desarrollo del modelo físico-numérico TopoSandBox parte de ampliar el concepto de los conocidos sistemas de realidad aumentada AR-SandBox (Reed et al, 2014; AR-SandBox, 2022). Estos sistemas permiten la representación topográfica y la generación de lluvia y escorrentía virtual sobre una superficie construida con arena de una forma rápida e interactiva. Como inconveniente, no permiten introducir ningún tipo de información cuantitativa, lo que hace que sea una instalación esencialmente lúdica y didáctica, pero no admite un uso profesional. La instalación presentada en este artículo se ha diseñado como un simulador realista de flujo en ríos y análisis de zonas inundables, absolutamente cuantitativo, con introducción de datos técnicos y soluciones basadas en un modelo de cálculo

con el software Iber (Bladé et al., 2014; García-Feal et al., 2018).

## 2. TopoSandBox en el dominio MEDUSA

La instalación se ubica en el Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Enxeñería Civil (CITEEC) de la Universidade da Coruña, en concreto dentro del laboratorio de ingeniería hidráulica. La orientación general del laboratorio se centra en el análisis del sistema del agua urbana y del desarrollo urbano sensible al agua (DUSA), e incluye algunas instalaciones permanentes con una finalidad esencialmente de investigación, pero también docente y divulgativa, denominados MEDUSA (Módulos Experimentales DUSA).

En la actualidad el laboratorio incluye siete de estas instalaciones, que cubren distintos aspectos del sistema del agua urbana, incluyendo el abastecimiento, el saneamiento, el drenaje, el control de la calidad de las aguas superficiales, los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) y también las inundaciones urbanas, tanto de origen pluvial como fluvial (CITEEC, 2022). Es en este ámbito en el que se enmarca la instalación TopoSandBox, que también se conoce como MEDUSA-6 (Figura1).



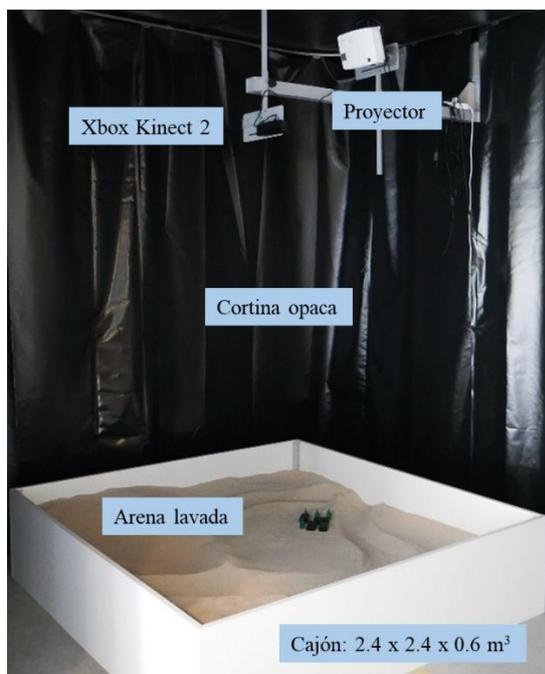


Figura 1. Vista general de la instalación TopoSandBox (MEDUSA-6).

Esta instalación cuenta con un cajón de arena de 3.5 m<sup>3</sup> sobre el cual se pueden moldear diferentes relieves, incluyendo elementos que puedan simular estructuras, pavimentos, zonas de cultivo, etc. Las elevaciones se obtienen a través de una cámara de profundidad Xbox Kinect 2 (Microsoft, USA), y se procesan a través de un software de visualización desarrollado en la propia Universidade da Coruña (Hernández-Ibáñez y Barneche-Naya, 2021). Al motor gráfico se le ha integrado un módulo que incluye el escalado de la superficie y la integración del software Iber. Esto permite simular, por ejemplo, la dinámica fluvial o la escorrentía superficial con una mayor precisión que otras instalaciones similares. Este instrumento de visualización y cálculo numérico se gestiona a través del lenguaje de programación Python, incluyéndose una interfaz gráfica de usuario (GUI) basada en la librería Tkinter. En todo el proceso de adquisición del mapa de elevaciones y simulación hidráulica, se proyecta de forma interactiva sobre la propia arena datos técnicos como las curvas de nivel, calados, y las zonas de potencial riesgo de inundación. Para mejorar la experiencia de usuario en la instalación se ha incluido una cortina opaca.

Puesto que este artículo pretende abordar aspectos de aprendizaje en enseñanzas superiores de ingeniería hidráulica y medioambiental no se presentan más datos técnicos relativos a la instalación o el software de visualización. Todas estas características se pueden consultar libremente en Puertas et al. (2020).

### 3. Aplicaciones pedagógicas

Una de las ventajas de la instalación TopoSandBox es la posibilidad de realizar estudios hidrológicos a nivel cuenca. Para ello, es necesario reproducir la topografía del terreno sobre el modelo físico y conocer las condiciones hidráulicas para realizar una simulación

numérica con el modelo Iber (Figura 2). La facilidad para modificar la topografía y la rapidez en el cálculo permiten el estudio de diferentes estrategias para evitar que se produzcan fenómenos hidráulicos adversos, como son las inundaciones provocadas por fuertes episodios de tormenta.

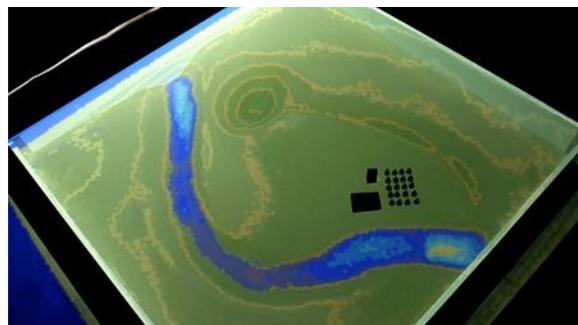


Figura 2. Proyección de las curvas de nivel y de la simulación de un cauce fluvial sobre la superficie del cajón de arena.

Uno de los trabajos realizados sobre la instalación TopoSandBox fue el estudio del riesgo de inundación en instalaciones agropecuarias ubicadas cerca de cauces de ríos. Este sistema ha permitido simular y visualizar de una forma interactiva el grado de afectación potencial en este tipo de instalaciones, permitiendo conocer los elementos que se podrían inundar y el coste asociado debido a una inundación. A partir de las simulaciones anteriores, se pudo analizar diferentes medidas de adaptación para paliar el efecto de las inundaciones. Asimismo, se ha podido estudiar la implantación de diferentes sistemas de protección de cultivos frente a inundaciones (Figura 3):

- Canales de drenaje.
- Bandas de protección.
- Cultivos en caballones.
- Cultivos resistentes.
- Zonas de inundación controlada.



Figura 3. Análisis de medidas de adaptación al riesgo de inundación en explotaciones agropecuarias y cultivos.

El laboratorio en el que se encuentra situada esta instalación recibe decenas de visitas cada año, exceptuando los meses de mayores restricciones durante la pandemia de la Covid-19. La instalación TopoSandBox representa uno de los atractivos de las visitas, ya que permite exponer de una forma interactiva los problemas y soluciones para la adaptación al riesgo de inundaciones. Es habitual que estudiantes universitarios de la rama de ingeniería y

arquitectura realicen visitas o prácticas en esta y en el resto de las instalaciones del laboratorio durante el curso académico. Además, debida a la importante transferencia tecnológica que se lleva a cabo en el centro de investigación, estas instalaciones reciben visitas de representantes del sector industrial. También de representantes de la administración pública, que son los principales responsables de abordar estos problemas. Por ello, contar con una instalación que se apoye en técnicas de realidad aumentada simplifica la exposición de los retos de la sociedad en materia de gestión de los recursos hídricos o del riesgo de inundaciones. Por último, un gran porcentaje de las visitas al laboratorio son excursiones de escolares en edad pre-universitaria, por lo que la interacción con esta instalación permite explicar y entender de una forma sencilla las investigaciones que se están desarrollando en este campo y, además, ayudar a despertar vocaciones dentro de esta rama de la ingeniería.

#### 4. Conclusiones

La integración de elementos de realidad aumentada en instituciones de educación superior y centros de investigación permite una mejor difusión de los trabajos de investigación realizados por el personal técnico e investigador, así como acercar el conocimiento a estudiantes, profesionales, y representantes de administraciones públicas, a través de un aprendizaje interactivo. En este estudio se ha presentado un módulo híbrido experimental y numérico que permite identificar y visualizar zonas de riesgo potencial de inundaciones, así como cuantificar los daños y costes asociados. Esta herramienta complementa los trabajos en materia de adaptación al riesgo de inundaciones desarrollados en el CITEEC, y sirve de elemento interactivo en las visitas que recibe el centro para destacar la importancia de establecer estrategias que permitan gestionar este tipo de episodios.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a los integrantes del grupo de investigación de Visualización Avanzada y Cartografía de la Universidade da Coruña por el apoyo en la construcción de la instalación y el desarrollo del motor gráfico.

El trabajo desarrollado por el investigador Manuel Regueiro-Picallo está financiado con fondos del Programa de ayudas a la etapa postdoctoral de la Xunta de Galicia 2021 (Consellería de Cultura, Educación e Universidade).

#### Referencias

- AR-SandBox. (2022). Recuperado de: <https://web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/>
- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J, y Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*, 30(1), 1-10. DOI: [10.1016/j.rimni.2012.07.004](https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004)
- CITEEC, Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Enxeñaría Civil (2020). *Laboratorio de Ingeniería Hidráulica*. Recuperado de <https://www.udc.es/citeec/citeec360/>
- García-Feal, O., González-Cao, J., Gómez-Gesteira, M., Cea, L., Domínguez, J. M., y Formella, A. (2018). An accelerated tool for flood modelling based on Iber. *Water*, 10(10), 1459. DOI: [10.3390/w10101459](https://doi.org/10.3390/w10101459)
- Hernández-Ibáñez L.A., y Barneche-Naya V. (2021) Heightmap Examiner. A Descriptive Tool for Education in Digital Cartography. *Stephanidis C. et al. (eds) HCI International 2021 - Late Breaking Papers: Cognition, Inclusion, Learning, and Culture. HCII 2021*. Lecture Notes in Computer Science, vol 13096. Springer, Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-90328-2\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90328-2_26)
- Reed, S., Kreylos, O., Hsi, S., Kellogg, L., Schladow, G., Yikilmaz, M.B., Segale, H., Silverman, J., Yalowitz, S., y Sato, E. (2014). Shaping Watersheds Exhibit: An Interactive, Augmented Reality Sandbox for Advancing Earth Science Education. *Proceedings of the American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, CA, USA, ED34A-01.
- Puertas, J., Hernández-Ibáñez, L., Cea, L., Regueiro-Picallo, M., Barneche-Naya, V., y Varela-García, F. A. (2020). An Augmented Reality Facility to Run Hybrid Physical-Numerical Flood Models. *Water*, 12(11), 3290. DOI: [10.3390/w12113290](https://doi.org/10.3390/w12113290)

