

Diseño de diques en la cuenca inferior del río Luna

Martínez-Cantó, R.^{a1} e Hidalgo, A.^{a2}

^{a1}Dpto. Ingeniería Geológica y Minera, ETSI Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid. C/ Ríos Rosas, 21.28003 Madrid. ^{a1}raquel.martinez.canto@alumnos.upm.es y ^{a2}arturo.hidalgo@upm.es.

Línea temática D | Estructuras hidráulicas

RESUMEN

El presente estudio estudia el comportamiento de la dinámica fluvial en la zona concreta de Santiago del Molinillo, última población por la que pasa el río Luna antes de confluir con el río Omaña y formar el río Órbigo. Para el estudio se han empleado modelos matemáticos de tipo aguas someras (*shallow waters*) y ecuaciones de St Venant, con el fin de poder predecir situaciones de inundación y con ello ser capaces de planificar e implementar acciones correctoras para recuperar los terrenos afectados. Después de comprobar que era necesaria una actuación, se ha procedido a diseñar unos diques como medidas estructurales que eviten, en parte, los daños y reduzcan los riesgos de la población. Finalmente han sido 3 los diques diseñados, creando barreras efectivas para las inundaciones en Mataluenga, Villarroquel y Santiago del Molinillo.

Palabras clave | diques; medidas estructurales; inundaciones; río Luna.

INTRODUCCIÓN

La modelización matemática y la simulación numérica de dichos modelos son herramientas que permiten representar de manera adecuada la dinámica y el comportamiento de sistemas físicos, así como predecir lo que sucederá en diversas situaciones que se pueden presentar. En este trabajo se estudia el comportamiento de la dinámica fluvial, empleando para ello modelos matemáticos de tipo aguas someras (*shallow waters*) y ecuaciones de St Venant, con el fin de poder predecir situaciones de inundación y con ello ser capaces de planificar e implementar acciones correctoras para recuperar los terrenos afectados. Los modelos antes mencionados vienen representados por leyes de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía.

Aunque actualmente está mejorando la situación, en España el problema de los riesgos de inundaciones (Cutter *et al.*, 2003) y la restauración fluvial está aún por desarrollar lo suficiente (Ollero *et al.*, 2009). De modo que estudios como el presente son necesarios para, de manera experimental y sin grandes gastos monetarios, determinar la mejor posición y características de las medidas estructurales a tomar.

El objetivo principal del estudio es simular el efecto de diques de contención para reducir el alcance de los episodios de tormenta y apertura extraordinaria de las compuertas del embalse que regula el río Luna, de forma que se eviten los daños en las poblaciones adyacentes.

Este estudio se ha hecho en la zona concreta de Santiago del Molinillo, al norte de la provincia de León, en cuyas cercanías se unen el río Luna y el río Omaña para formar el río Órbigo (Figura 1). Centrándonos en el tramo final del río Luna, cercano a su confluencia con el río Omaña porque es una zona que sufre inundaciones periódicas (tal y como se puede apreciar en la Figura 2) y es necesaria una actuación para evitar esos daños.

Para poder definir las medidas estructurales que se toman, es necesario conocer el comportamiento del río y sus características, dominadas por ser un río de montaña, con un alto desnivel desde su cabecera a su confluencia con el río Omaña y altas precipitaciones tanto de lluvia como de nieve durante el periodo invernal. Además, se trata de un río regulado por un gran embalse, el de Barrios de Luna (Haro *et al.*, 2014), a unos 25km en línea recta aguas arriba de la confluencia. Teniendo todos estos datos junto con el caudal circulante de los últimos años, se ha modelizado la respuesta del río ante las grandes

avenidas para comprender si era necesario la actuación prioritaria (cuyos resultados se pueden leer en Martínez-Cantó e Hidalgo, 2016, y Martínez-Cantó *et al.*, 2017).

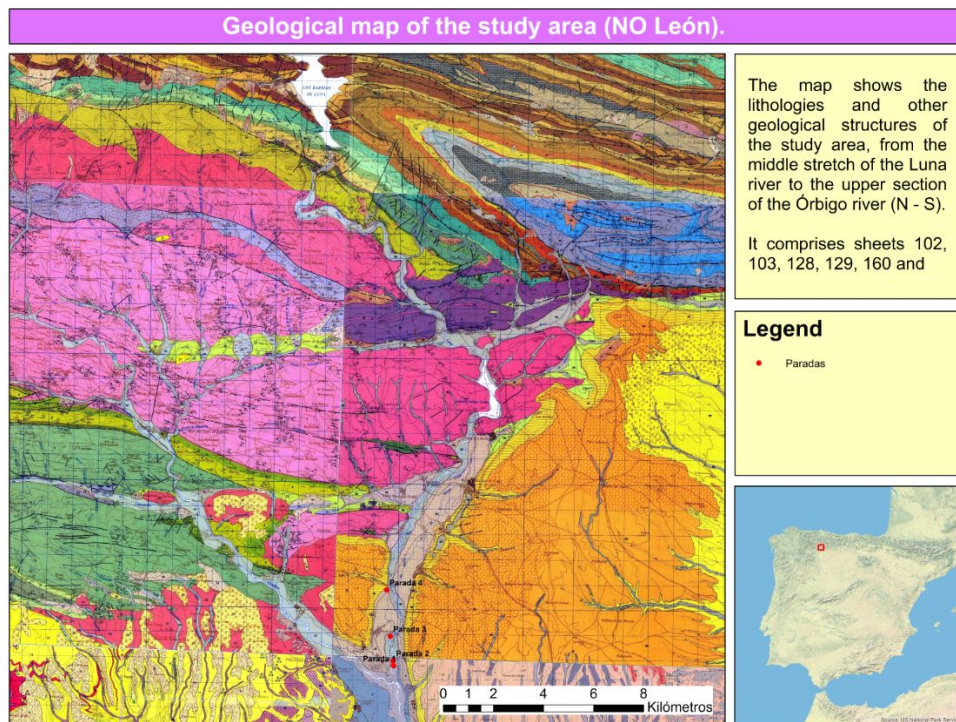


Figura 1 | Localización del área de estudio.

La obra estructural más común para solventar el problema de las inundaciones es la construcción de un dique de retención que lamine las avenidas, siendo la medida que más confianza genera (Roset *et al.*, 1992). Sin embargo, la efectividad de estas y otras obras fluviales no siempre es real y absoluta y son muy tenidos en cuenta a la hora de la ordenación del territorio.

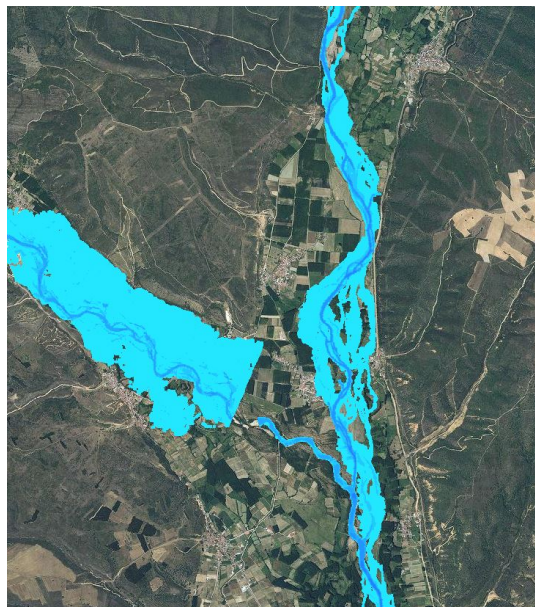


Figura 2 | Mapa que remarca la peligrosidad fluvial en un periodo de retorno de 10 años (extraído del visor SNCZI).

MATERIAL Y MÉTODOS

El modelo matemático empleado se basa en el sistema de ecuaciones de Saint Venant en 2 dimensiones, que se resuelve numéricamente mediante el método de volúmenes finitos empleando el programa Iber (Bladé *et al.*, 2014), para lo cual se requieren ciertos datos hidrológicos y geológicos. Previamente se han recogido los aforos de los últimos 30 años (periodo 1985-2015) de las estaciones de aforo cercanas al área de estudio (Las Omañas, río Omaña; La Magdalena, río Luna; y Santa Marina del Rey, río Órbigo) (Marchi *et al.*, 2010). Estos datos se han analizado antes de aplicarlos al cálculo matemático.

También se ha hecho una lectura en profundidad del Plan Hidrológico de Cuenca de la Confederación Hidrográfica del Duero, al mismo tiempo se ha estudiado la situación del embalse de Barrios de Luna y los mapas de riesgos de inundaciones implementados por la Confederación (Martínez-Cantó e Hidalgo, 2016). Posteriormente, se han aplicado los datos (Tabla 1) al programa, habiendo hecho un análisis del terreno que se estudiará, para hacer los cálculos y así se han obtenido modelos que expresan las inundaciones ocurridas en años anteriores.

Tabla 1 | Caudales introducidos en el programa.

	Caudal año 2013- 2014
	(m ³ /s)
Río Luna	148.02
Río Omaña	115.44

Al hacer las simulaciones con estos datos se observa claramente que se producen desbordamientos e inundaciones graves, como se puede observar en la Figura 3.

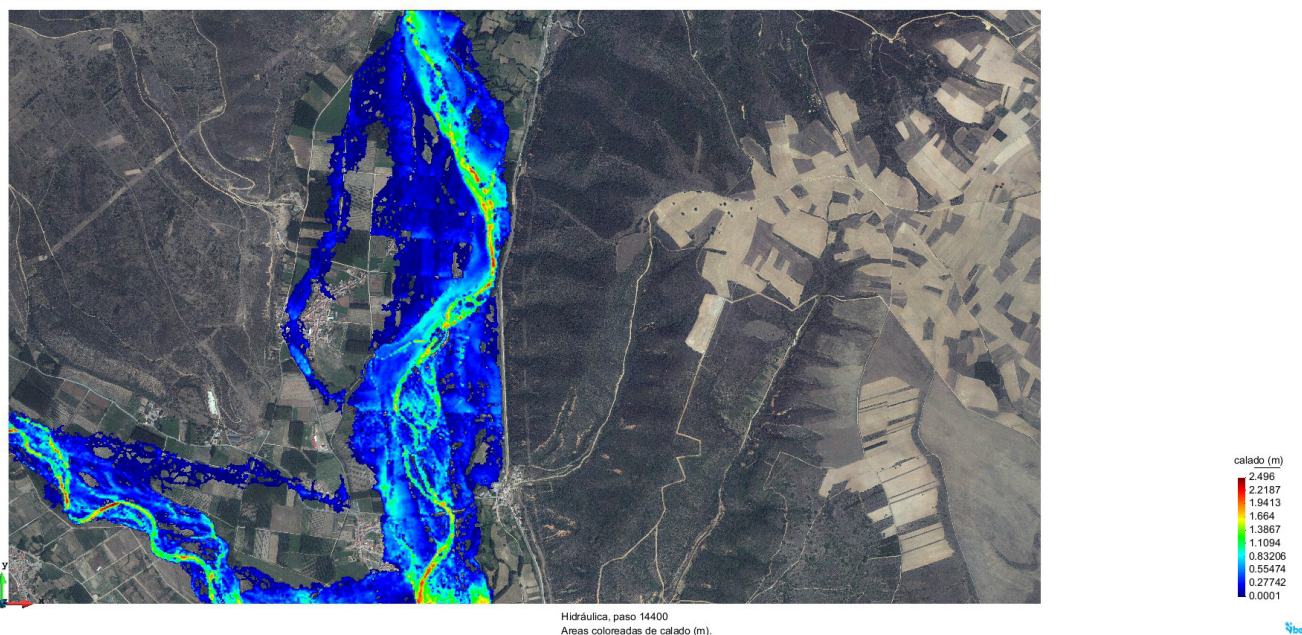


Figura 3 | Simulación con los caudales máximos registrados en el año hidrológico 2013 – 2014, se representa el caudal obtenido (Martínez-Cantó e Hidalgo, 2016).

Una vez hemos comprobado que es necesario proyectar diques que contengan estas inundaciones, pasamos a diseñar los mismos. Todos ellos tienen una amplitud de un metro, siendo su cota de coronación 1.5 m sobre el nivel del terreno en ese punto. Se han considerado estos parámetros después de las pruebas ensayo-error.

RESULTADOS

Como se ha comentado, la simulación se ha hecho con los datos del año hidrológico 2013 – 2014 por coincidir con los datos previstos para una inundación con un periodo de retorno de 100 años. De este modo, se han evaluado las poblaciones afectadas obteniendo que las mismas son Mataluenga, Santiago del Molinillo y Villarroquel. En la Figura 4 se puede observar como Mataluenga queda fuera de peligro gracias al dique diseñado aguas arriba (Figura 5).

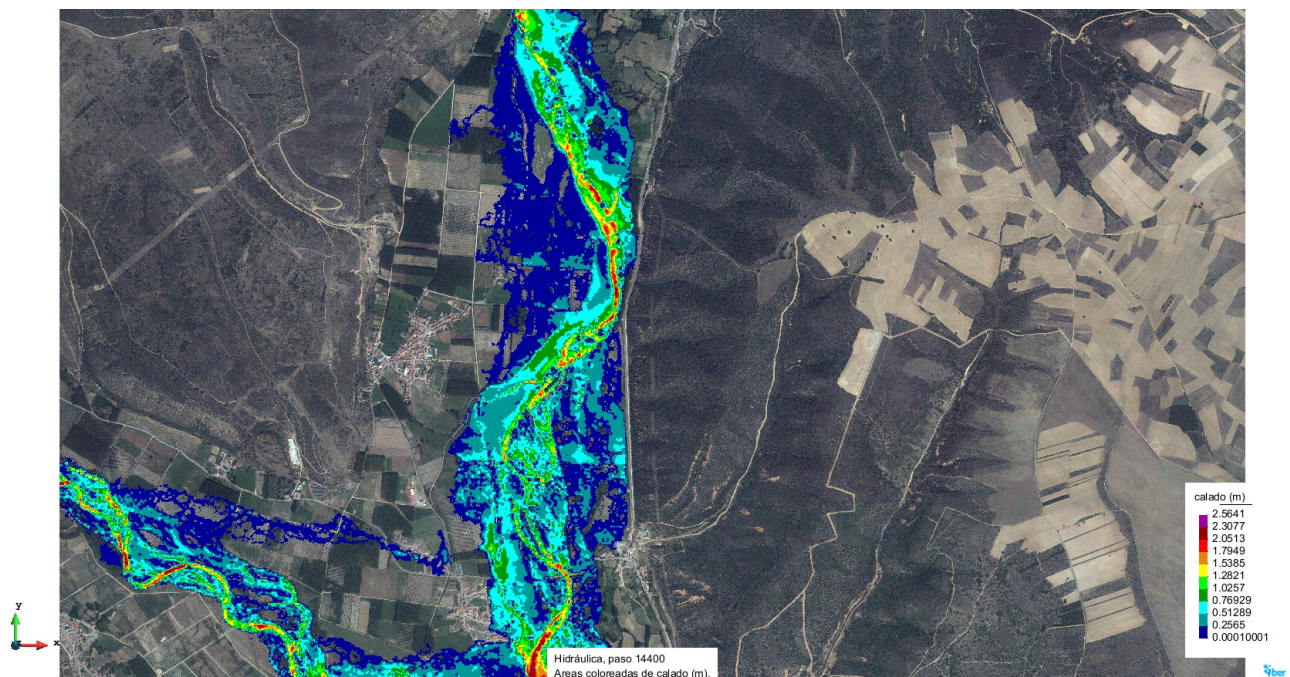


Figura 4 | Simulación con el diseño de un dique en la parte superior del área, con los caudales máximos registrados en el año hidrológico 2013 – 2014, se representa el caudal obtenido.

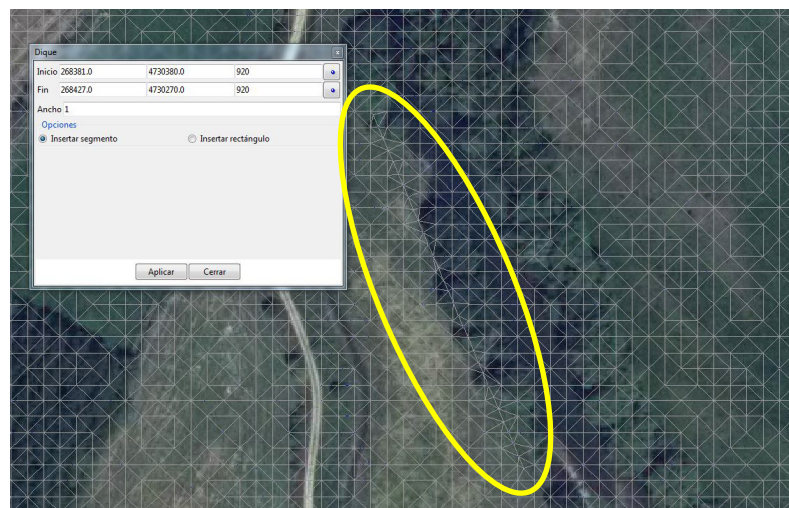


Figura 5 | Diseño del dique (en la zona amarilla) en la malla y datos del mismo.

Para evitar las inundaciones en las otras poblaciones, se ha probado a diseñar distintos diques sin resultados satisfactorios, pero aun así se ha conseguido reducir el riesgo para la población, como se muestran a continuación (Figura 7). Cabe señalar que el dique modelizado en el margen izquierdo del río Luna está situado sobre el dique construido por la Confederación Hidrológica del Duero, pero con una altura mayor (siempre con 1.5 o 2 m sobre el terreno, habiendo considerado estas alturas en base a los calados presentados en las zonas de posible construcción).

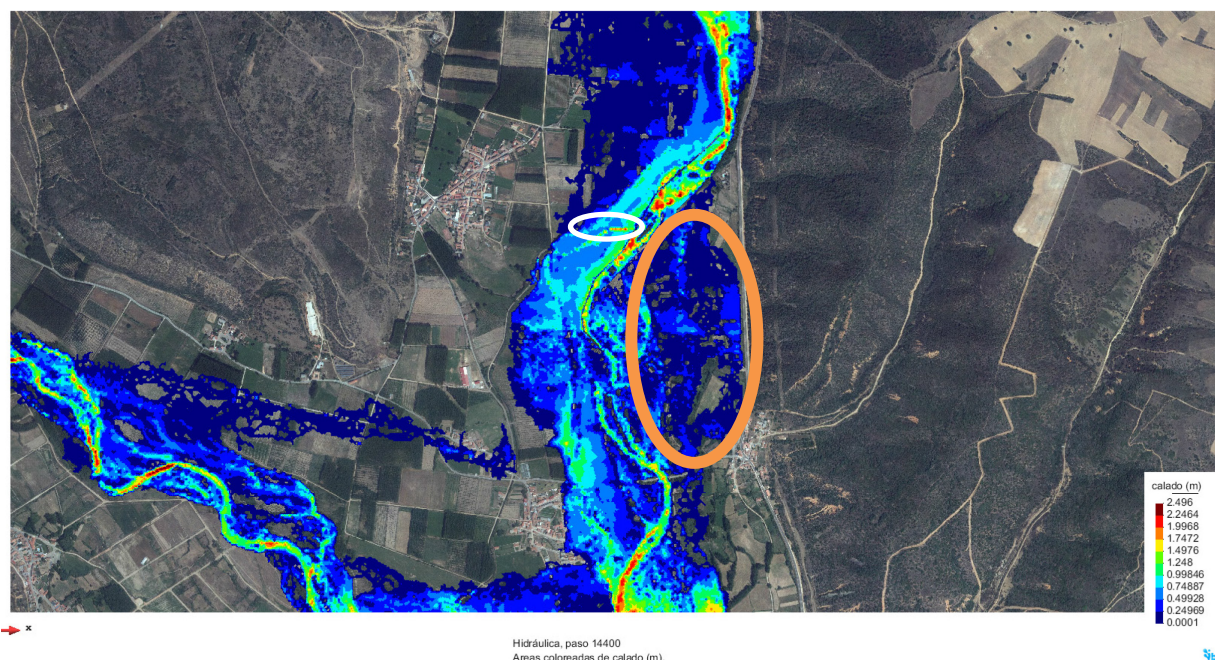


Figura 6 | Simulación con un dique en el margen derecho del río, junto a Villarroquel. En la zona marcada con el círculo naranja, se aprecia una disminución del caudal circulante gracias al dique diseñado. También se puede apreciar el dique diseñado en el margen izquierdo, a la altura de Mataluenga, en pro de controlar la avenida, aunque no se obtienen resultados característicos debido a las pérdidas encontradas en el punto señalado en blanco.

DISCUSIÓN

A mitad de la zona, se observa que el agua se dispersa en el margen izquierdo en el punto señalado en la Figura 6. Tras una campaña de campo se ha comprobado que es debido a la canalización que va desde Mataluenga al río Luna (Figura 7). En esta zona no se puede diseñar un dique y las compuertas, como se observan en la Figura 7, son demasiado pequeñas y no evitan la entrada de agua del río hacia el canal, cuando hablamos de situación de grandes avenidas. Por tanto, se debe proponer otra actuación diferente para este punto, que no entraremos a valorar en este estudio por no ser objeto del mismo.

Se debe tener en cuenta para todas las actuaciones, que el río Luna duplica e incluso triplica su caudal punta en episodios extremos como el que se ha simulado en esta investigación, por lo que todas las medidas estructurales que se tomen no estarán en uso todos los años ni todos los días. Así mismo, la actuación final de construcción y adecuación debe considerar la posibilidad de ser incluida en el paisaje para que no tenga un impacto negativo en el entorno.



Figura 7 | Salida de la canalización al río, detalle de las compuertas.

Este trabajo puede establecerse como metodología para otras investigaciones con la misma finalidad, ya que el software es libre y sencillo de conseguir, el uso de metodologías técnicas que no implican construcción sobre el terreno reduce los impactos negativos en el área de estudio (tanto económicos como de impacto ambiental), etc. Esta opción elimina problemas como el que actualmente hay en la zona de estudio, donde se ha podido comprobar que el dique construido por la Confederación Hidrológica del Duero no cumple su función, por lo que se ha tenido que programar otra actuación (aunque todavía no se ha llevado a cabo por problemas entre las administraciones).

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos con el programa y el análisis de los datos, es necesario trasladar los resultados a una actuación sobre el terreno por parte de las autoridades competentes, de forma que se construyan estos diques para evitar que las poblaciones de Santiago del Molinillo, Mataluenga y Villarroquel vean su actividad diaria afectada por las inundaciones.

Esto hace obligatorio un entendimiento entre las partes implicadas, Confederación, Ayuntamiento y Junta Vecinal, para que se pueda llevar a cabo en los terrenos más cercanos al río sin ningún problema, ya que su instalación es necesaria para evitar que los daños sufridos durante años se repitan.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen a AEMET, MAGRAMA y CHD el haber facilitado los datos con los que se ha podido llevar a cabo este estudio.

REFERENCIAS

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J. y Coll, A. (2014). Iber – herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos, 30, pp. 1-10.

- Cutter, S., Boruff, B., Shirley, W. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84, 2, pp. 242 – 261.
- Haro, D., Solera, A., Paredes, J., Andreu, J. (2014). Methodology for drought risk assessment in within-year regulated reservoir systems. Application to the Orbigo river system (Spain). *Water Resources Management*, DOI: 10.1007/s11269-014-0710-3
- Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., Gaume, E. (2010). Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implicatins for flood risk management. *Journal of Hydrology*. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.07.017
- Martínez-Cantó, R. e Hidalgo, A. (2016). Inundaciones fluviales en Santiago del Molinillo y alrededores (León). *Geotemas*, 16, pp.87.
- Martínez-Cantó, R., Martínez, A. e Hidalgo, A. (2017). Modelo bidimensional para el flujo en aguas poco profundas: tratamiento con iber. In-press.
- Ollero, A., Ibisate, A., Elso, J. (2009). El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. *Geographicalia*, 56, pp. 37-62.
- Roset Pagés, D., Saurí Pujol, D., Ribas Palom, A. (1992). Las obras hidráulicas en los sistemas fluviales de la Costa Brava: preferencias locales y limitaciones de un modelo convencional de adaptación al riesgo de inundación. *Investigaciones geográficas*, 22, pp. 79-93.