



# VULNERABILIDAD FRENTE A LOS RIESGOS NATURALES DE LA ARQUITECTURA CONSTRUIDA CON TIERRA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: CASOS DE ESTUDIO

**Ana Pérez Vila<sup>1</sup>, Lidia García Soriano<sup>2</sup>, Camilla Mileto<sup>3</sup>, Fernando Vegas López-Manzanares<sup>4</sup>**

PEGASO, Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible, Universitat Politècnica de València, València, España

<sup>1</sup>anprevi@arqt.upv.es; <sup>2</sup>ligarso@upv.es; <sup>3</sup>cami2@cpa.upv.es; <sup>4</sup>fvegas@cpa.upv.es

**Palabras clave:** arquitectura de tierra, resiliencia, Niebla, Mula, València.

## Resumen

En el marco del proyecto de investigación "Risk-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de gestión e incremento de la resiliencia", financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación e Universidades del Gobierno de España, se analizan las características de susceptibilidad de la arquitectura vernácula frente a la acción del riesgo sísmico, de inundación y de intervención de fenómenos meteorológicos adversos. Se propone definir las características que debe reunir un conjunto urbano para identificarlo como idóneo para el análisis y evaluación de la vulnerabilidad frente a la presencia de riesgos naturales. Se trata de buscar los casos de mayor aptitud donde identificar las particularidades de los mecanismos de adaptación, además de permitir identificar como la agudización de los fenómenos ambientales debidos al proceso del cambio climático exponen a las construcciones a nuevos riesgos y retos. Se identifican las áreas potenciales pertenecientes al territorio de la Península Ibérica con presencia de riesgo sísmico, riesgo de inundación, riesgo de desertificación y riesgo frente a la presencia de fenómenos meteorológicos adversos. Se evalúa la superposición de la presencia de dos o más riesgos y se acotan las superficies territoriales en las que deberán encontrarse los casos de estudio. Se realiza un cribado de las posibles poblaciones con un alto porcentaje existente de arquitectura vernácula construida en tierra y con la presencia de al menos algún elemento de arquitectura monumental de las mismas características materiales. Se hace patente la adaptación de la arquitectura vernácula al medio en el que se integra dada la escasez de casos capaces de reunir las características definidas de forma clara. Se identifican como casos de estudio las poblaciones de: Niebla (Huelva), Mula (Murcia), y Valencia (Valencia).

## 1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura construida con tierra constituye un patrimonio de gran relevancia e interés en la Península Ibérica. La amplia variedad geográfica, geológica y climática dada la extensión del territorio se refleja en el amplio abanico de técnicas empleadas en esta arquitectura (tapia, adobe, entramado, pared de mano) y en las variantes surgidas en cada lugar (Sanz, 1996).

Por otra parte, los riesgos de origen natural siempre han estado presentes en la historia del hombre como parte de su evolución y el desarrollo de las civilizaciones. Es por ello que existe una amplia documentación general sobre los tipos de riesgos presentes en el territorio peninsular y sus niveles de influencia (COG, 2008; AEMET, 2018, Olcina, 2012a), así como múltiples estudios relacionando los riesgos con el patrimonio construido a nivel internacional (UNESCO, 2008), pero menos que aborden de forma específica la respuesta de la arquitectura construida en tierra. En el ámbito de la Península Ibérica los estudios con mayor desarrollo en este sentido se centran en las acciones del riesgo sísmico (Cantarino et al., 2014).

En este contexto, el proyecto RISK-Terra tiene como principal objetivo abarcar de forma científica el análisis de las amenazas naturales, sociales y antrópicas, y cómo estas afectan las arquitecturas de tierra, tanto a nivel monumental como vernáculo, con el fin de proponer estrategias de prevención, planificación y priorización de acciones de conservación.

En el marco del proyecto RISK-Terra se ha generado una herramienta de análisis de las características arquitectónicas, constructivas y materiales de la arquitectura de tierra, para la evaluación de su nivel de susceptibilidad frente a la presencia de riesgo sísmico, riesgo de inundación y riesgo de intervención de fenómenos meteorológicos adversos. Con esta herramienta se han evaluado 258 construcciones donde el material principal utilizado es la tierra, en todas sus variantes constructivas. Estas construcciones se han seleccionado de modo que estuviesen distribuidas de forma homogénea en todo el territorio peninsular, abarcando así la variación geográfica y climática característica de la península. Esta evaluación ha proporcionado un esquema general del grado de susceptibilidad asociado a la tipología y según el tipo de riesgo (Mileto et al., 2021).

Como desarrollo de los resultados obtenidos a nivel de evaluación de la susceptibilidad, en este texto, se pretende exponer la metodología empleada para seleccionar los casos de estudio, donde evaluar a nivel de detalle las características arquitectónicas de las construcciones de tierra como continuación del análisis territorial. La profundización de este análisis sobre áreas donde existe la presencia de riesgo permitirá reconocer las particularidades de los sistemas que componen la arquitectura y los mecanismos de adaptación frente a la situación de riesgo que a lo largo de la historia se han ido implementando, con lo que posteriormente se comprobará la efectividad de la herramienta sobre casos con vulnerabilidad.

Por otra parte, este análisis de detalle permitirá reconocer las transformaciones y los sistemas contemporáneos utilizados con propósito de mejora y el tipo de reacción de los mismos tras la intervención del riesgo.

La definición de los casos de estudio es de gran relevancia en el desarrollo global de la investigación dado que deberá permitir la concreción de la herramienta de análisis desarrollada. Principalmente se busca que los resultados que devuelva dicha herramienta sean precisos, con el propósito de elevar la metodología a otros casos donde la presencia del riesgo pueda no ser actualmente una amenaza evidente, pero que debido a la evolución principalmente del cambio climático puedan presentarse en un futuro, de modo que, según los resultados obtenidos se podrá planificar para aplicar las más oportunas propuestas de prevención.

El principal objetivo de este texto es describir la metodología empleada para la localización y determinación de los núcleos urbanos y/o rurales sobre los cuales se realizará la aproximación del análisis.

## **2 METODOLOGÍA**

Para conseguir el objetivo marcado se plantea una estrategia metodológica basada en tres fases: la identificación de las áreas potenciales de riesgo, la definición de las áreas con mayor presencia de arquitectura construida con tierra y la definición de las características mínimas necesarias a reunir por los conjuntos urbanos y rurales para ser idóneos para el análisis.

### **2.1 Identificación de los riesgos y sus áreas de influencia**

Existen diversos tipos de riesgos y amenazas naturales que intervienen en determinadas áreas de la Península Ibérica. Para afrontar el análisis de la vulnerabilidad de la arquitectura de tierra se ha determinado previamente cuáles son los riesgos cuya acción pueda ocasionar mayores daños físicos y como consecuencia menoscabar la función y las características particulares de la arquitectura. Se determinan como riesgos a evaluar: la acción del sismo, el riesgo por inundación y el riesgo por intervención de fenómenos meteorológicos adversos.

La acción del sismo, es uno de los riesgos naturales históricamente reconocidos, sin embargo, no existen métodos capaces de predecir los terremotos, en tiempo, lugar y magnitud con precisión, siendo por tanto acciones repentinas e impredecibles. Es por ello

que se considera de gran importancia tomar medidas preventivas frente a su intervención. No obstante, sí es posible determinar las áreas susceptibles de sufrir la acción de un sismo y el grado de intensidad del mismo, a partir de datos proporcionados por los antecedentes de sucesos acaecidos a lo largo de la historia (Ministerio del Interior del Gobierno de España, 2020).

La Península Ibérica en términos globales no se puede considerar un territorio de alto riesgo sísmico, sin embargo, su situación en el borde sudoeste de la placa euroasiática en su colisión con la placa africana expone a una parte del territorio a la posibilidad de sufrir la acción del sismo. Las áreas potenciales de riesgo se encuentran en el sureste de la península y en el noreste sobre la cordillera de los Pirineos, siendo las provincias de Granada (Andalucía) y Murcia donde mayor actividad sísmica se ha presentado en los últimos años.

El riesgo de inundación, de igual modo que el riesgo sísmico, es históricamente reconocido y de poca predictibilidad. Las inundaciones pueden ser de origen fluvial o marino, debidas a crecidas repentinas de los caudales ordinarios de algunos ríos o aumentos repentinos del nivel del mar. Las inundaciones pueden ser generadoras de grandes daños tanto a nivel humano como físico, pudiendo menoscabar en gran medida la solidez de las construcciones.

En el ámbito geográfico de la Península Ibérica existen áreas con potencial riesgo de inundación relacionadas principalmente con los cauces de los grandes ríos presentes en el territorio, pero especialmente en las zonas cercanas a sus desembocaduras, así como, en prácticamente todo el litoral de las costas mediterráneas y cantábricas (Olcina, 2012b).

El riesgo de intervención de fenómenos meteorológicos adversos es de mayor complejidad a la hora de su análisis territorial. Este riesgo se refiere a los fenómenos meteorológicos cuando se ven agudizados e intervienen con gran intensidad, arbitrariedad y espontaneidad. Los fenómenos atmosféricos siempre se han reconocido como uno de los principales factores de alteración y origen de múltiples procesos patológicos en las construcciones vernáculas de tierra, por lo tanto, cuando se ven intensificados pueden suponer un gran riesgo para la estabilidad y seguridad de dichas construcciones.

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), estos fenómenos son los relacionados con: precipitaciones torrenciales, variaciones bruscas de temperatura, fuertes rachas de viento, tormentas de nieve o heladas, etc.

Definir áreas concretas con potencial riesgo de sufrir la acción de los fenómenos meteorológicos adversos en el territorio peninsular alberga gran dificultad. Las áreas más propensas a sufrir este tipo de acciones son los litorales y las zonas con grandes elevaciones, pero cada vez su incidencia se encuentra más uniformemente distribuida en todo el territorio, hecho atribuible principalmente a las condiciones generadas por el cambio climático (figura 1).

## **2.2 Localización de la arquitectura construida en tierra**

La arquitectura de tierra se encuentra presente a lo largo de todo el territorio peninsular utilizada con gran variedad de técnicas y sistemas constructivos, tanto a nivel vernáculo como monumental. La diversidad de variantes detectadas se relaciona con la diversidad ambiental y climática del territorio.

Fruto de investigaciones previas (Proyecto ResTapia y Proyecto SOSTierra) se ha desarrollado la clasificación tanto de las técnicas constructivas que emplean la tierra como materia principal, como de sus variantes. A partir de esta clasificación se han elaborado mapeados abarcando todo el territorio que comprende la Península Ibérica según técnicas (adobe, entramado y tapia) y según sus variantes (Mileto; Vergas, 2014; Mileto et al., 2011; 2018; Vegas et al., 2017).

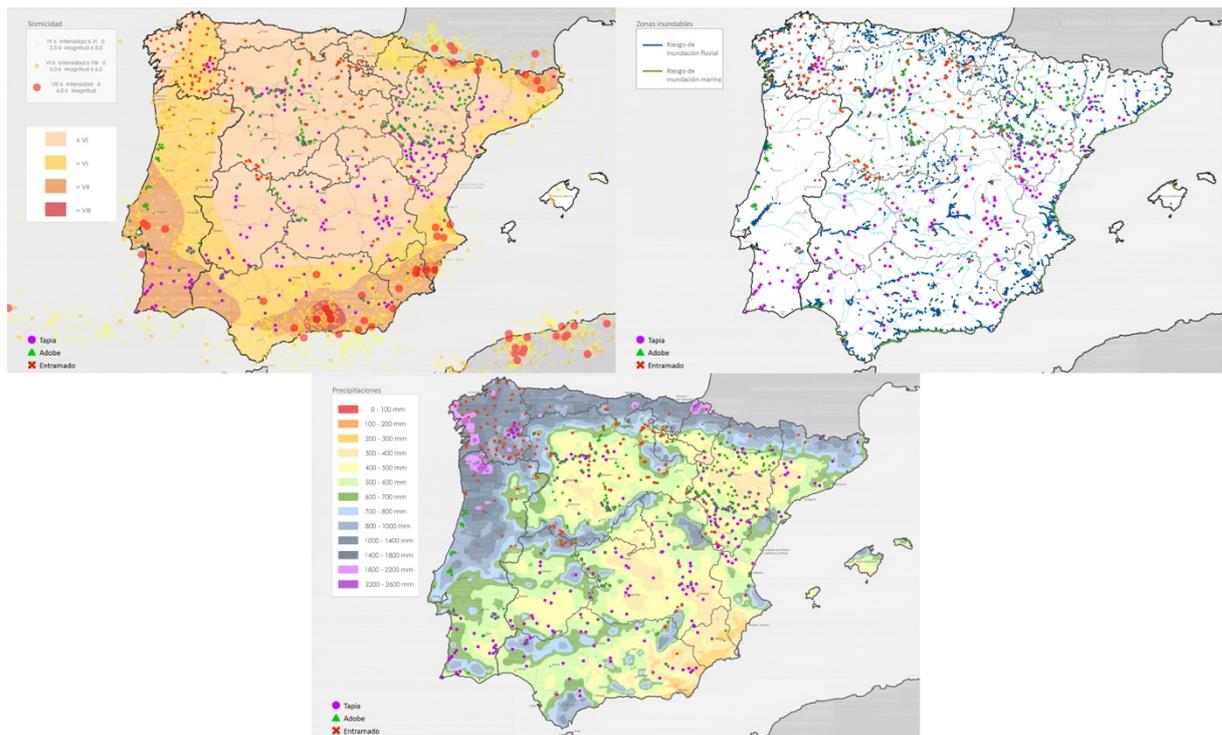


Figura 1. Localización de los 258 casos de estudio de la base de datos a nivel territorial en el análisis de los riesgos<sup>1</sup>

### 2.3 Definición de las características de los casos de estudio

Dado que la investigación abarca el estudio de la arquitectura de tierra en todas sus variantes funcionales, la primera premisa para la búsqueda y selección de los casos de estudio es que cuenten en un área de proximidad con un número considerable de construcciones de tipo vernáculo conservadas en proporción al total de las construcciones allí presentes y al menos una construcción de tipo monumental.

Otra de las premisas fundamentales que se debe cumplir es que los núcleos urbanos o las áreas rurales a documentar como caso de estudio deben encontrarse en al menos el área de intervención de uno de los riesgos definidos, de forma que se pueda realizar la evaluación de la vulnerabilidad real de las construcciones a catalogar.

Con el propósito de poder evaluar la herramienta de análisis generada de la forma más completa posible, se establece como tercera premisa, que los casos de estudio deben responder a esquemas urbanos, morfológicos, constructivos y materiales diferentes entre sí. La variación de las características a nivel arquitectónico entre los casos, junto con la variación de los condicionantes geográficos y climáticos, permitirán abarcar el mayor abanico posible de variables de cara a validar la herramienta de análisis.

## 3 CASOS DE ESTUDIO

La selección de los tres primeros casos de estudio se resuelve a partir de la superposición de los mapas riesgos con los mapeados de técnicas constructivas. A partir de esta superposición se han seleccionado las áreas susceptibles para el análisis, estando principalmente situadas en la franja sureste de la península, dada la intensa actividad

<sup>1</sup> a) sismo: análisis de intensidad y magnitud sísmica (Atlas Nacional de España; Instituto Geográfico Nacional; Ministerio de Fomento; European Seismological Comision); b) inundación: áreas inundables de origen marino y fluvial (Instituto Geográfico Nacional; Atlas Nacional de España; MAPAMA 2015. Sistema Nacional de Información de Ambiente SNIAMB); c) fenómenos meteorológicos adversos: precipitación media anual (1971-200) (Atlas Climático Ibérico. Atlas Nacional de España; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España)

sísmica de esta zona y la gran afluencia de desarrollos fluviales.

Como siguiente paso, a través de fuentes bibliográficas y el desarrollo de la investigación a nivel territorial se ubican aquellas poblaciones que cumplen con la premisa de conservar un número elevado de construcciones vernáculas en proporción a la extensión del núcleo urbano o del conjunto rural en el que se integran y algún elemento con carácter monumental cuyo sistema constructivo principal sea de tierra.

Los municipios o localidades que cumplen con las mencionadas condiciones, pese a la importancia y la gran presencia de la arquitectura de tierra en toda la extensión del territorio peninsular son escasos. La superposición con las áreas susceptibles de análisis nos devuelve como potenciales casos de estudio para conseguir el objetivo fijado: Mula, en la Región de Murcia, Niebla en la Provincia de Huelva (Andalucía) y Valencia, concretamente el área periférica correspondiente con la Huerta Sur y Huerta Norte de Valencia, en la Comunidad Valenciana.



Figura 2. Mapa indicando la localización de los tres casos de estudio: Mula en la Región de Murcia, Niebla en la provincia de Huelva (Andalucía) y Valencia en la Provincia de Valencia (Comunidad Valenciana)

### 3.1 Mula

El municipio de Mula se encuentra ubicado en la Región de Murcia (España). Su núcleo urbano principal se encuentra situado en la vertiente sureste de una colina a los pies del Castillo de los Velez y su muralla defensiva (Lopez; La Spina; Fernandez del Toro, 2020). Esta construcción de origen medieval cuenta con muros de fábrica de sillería y de tapia, estos últimos presentes principalmente en la conformación del recinto amurallado. Tras la inspección in situ de las construcciones que configuran su núcleo urbano se han detectado 143 casos de construcciones de tipo vernáculo cuyo sistema constructivo principal es la tapia en sus variantes de tapia simple y tapia calicostrada combinándose en ocasiones con machones de mampostería y ladrillo.

El área geográfica en la que se encuentra ubicado el municipio de mula se encuentra expuesto a los riesgos de sismo e inundación habiendo sido ambos dos riesgos, en el pasado, generadores de grandes daños tanto a nivel humano como material afectando gravemente a las construcciones existentes (García; Alonso; Belmonte, 2016).

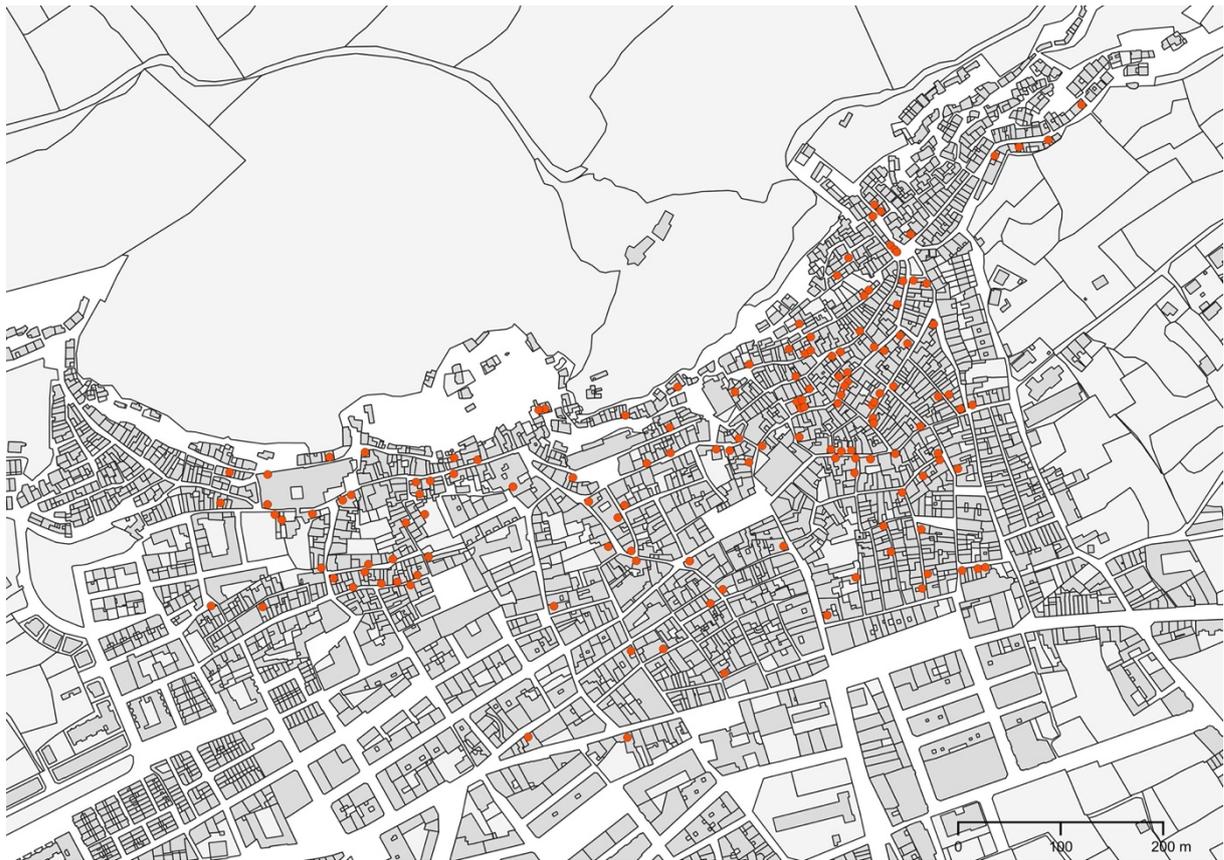


Figura 3. Mapa catastral de la localidad de Mula con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

### 3.2 Niebla

La localidad de Niebla se encuentra ubicada en la provincia de Huelva (Andalucía). La característica principal de este núcleo urbano es que se desarrolla principalmente en el interior del recinto amurallado del Castillo de Niebla también denominado como Castillo de los Guzmanes, el cual se encuentra custodiado por el río Tinto que envuelve la fortaleza por su lado sureste, dándose por lo tanto el crecimiento urbano de la población extramuros en orientación noroeste. A nivel geográfico la superficie que engloba el núcleo urbano se encuentra prácticamente sin desniveles. El sistema constructivo principal del castillo y las murallas es la tapia. El mismo sistema constructivo se identifica en las construcciones vernáculas del interior y algunas del exterior del recinto, que, tras la inspección y toma de datos in situ se han detectado 57 construcciones cuya variante constructiva principalmente es tapia simple en algunos casos reforzada con zócalos y machones de mampostería.

Esta localidad se encuentra ubicada en una superficie donde el riesgo natural con mayor presencia es el sismo, habiendo sufrido su acción en diversas ocasiones a lo largo de la historia, habiendo sido uno de los más notables en 1755 el cual provocó grandes desperfectos en las murallas y la torre del homenaje.

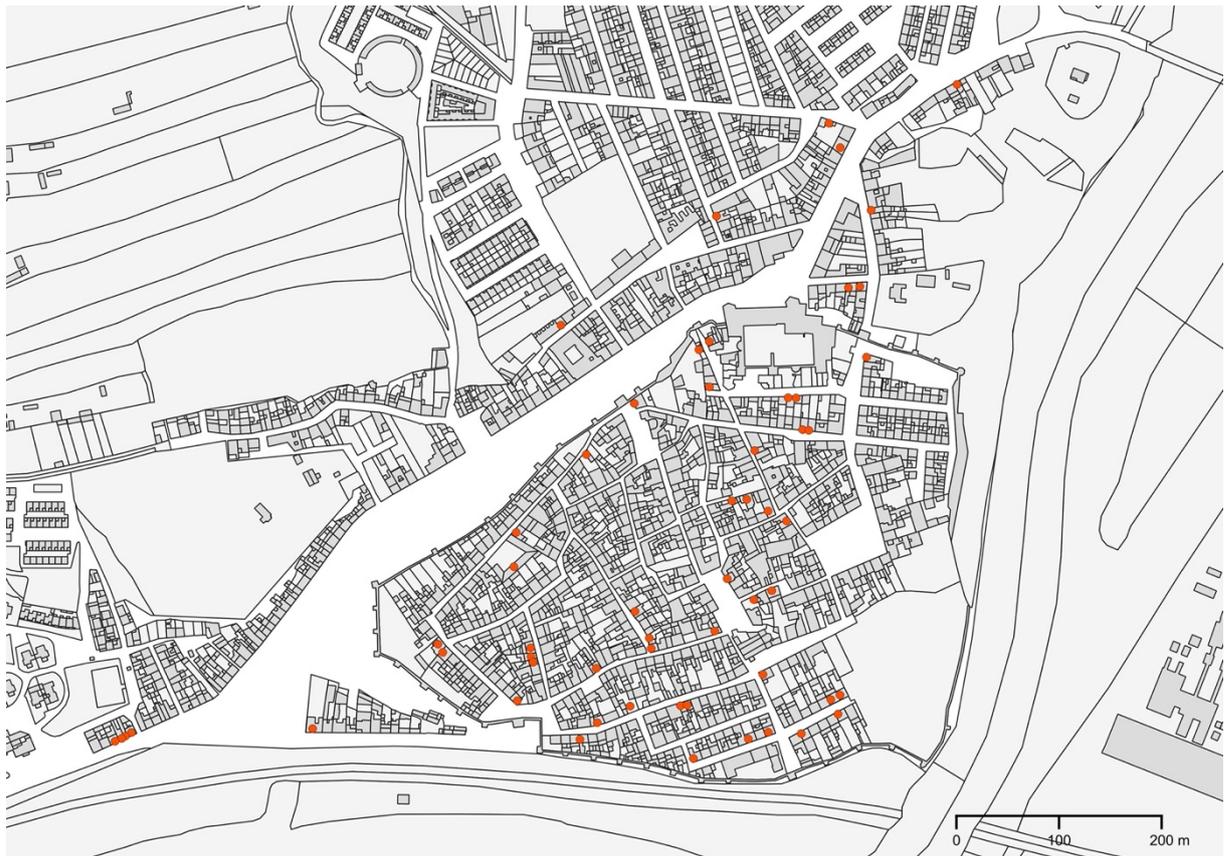


Figura 4. Mapa catastral de la localidad de Niebla con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

### 3.3 Valencia

El municipio de Valencia se encuentra ubicado en la provincia central de la Comunidad Valenciana. Se trata de la tercera ciudad y área metropolitana más poblada de España. No obstante, su núcleo urbano se encuentra bastante acotado y restringido por el área de huerta protegida que lo envuelve, y es en esta área donde se centra la localización de construcciones como caso de estudio. Las principales características de este entorno son su proximidad al mar, la presencia de la desembocadura del río Turia cuyo cauce atraviesa el núcleo urbano consolidado y su proximidad a la Albufera, uno de los lagos más grandes de España.

En esta área se ubican varios ejemplos de arquitectura monumental de carácter civil y religioso cuyo sistema constructivo principal es la tapia en su variante de tapia vareada con ladrillo o tapia valenciana. En cuanto a las construcciones vernáculas, tras el estudio in situ se han detectado 73 construcciones cuyo sistema constructivo es principalmente la fábrica de adobe.

Los riesgos principalmente identificables en esta área son el riesgo de inundación y la intensificación del riesgo por intervención de fenómenos meteorológicos adversos en forma principalmente de lluvias torrenciales.

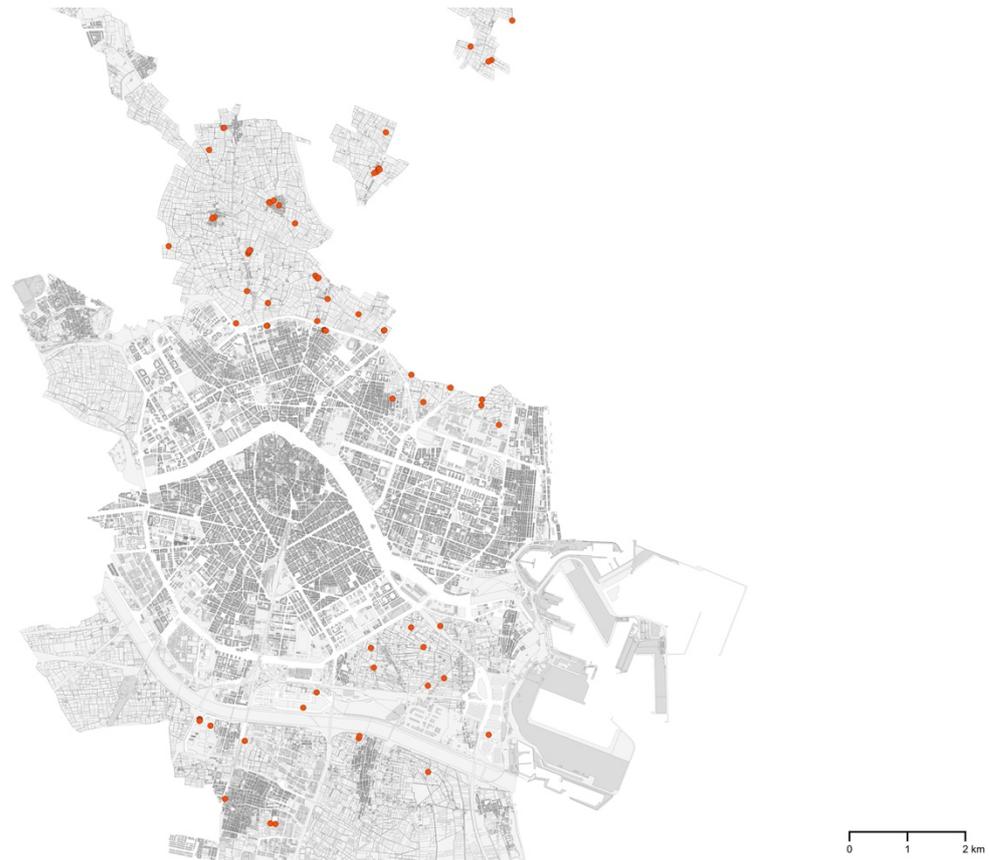


Figura 5. Mapa catastral de la ciudad de Valencia con indicación de las construcciones de tierra objeto de análisis

#### 4 CONSIDERACIONES FINALES

Las tres áreas seleccionadas para el análisis pormenorizado cuentan con características geográficas y materiales dispares, tal como es propósito para poder enriquecer esta primera evaluación de detalle. Pero también, estas tres áreas cuentan con condicionantes sociales claramente distintos, hecho que puede aportar a la investigación conclusiones acerca de los fenómenos de transformación y adaptación dependiendo de la evolución urbana tanto a nivel arquitectónico como social y cultural.

Como continuación de la investigación se recopilará la información en cuanto a características arquitectónicas y sobre los sistemas constructivos y materiales de las construcciones de tierra detectados en cada uno de los tres casos, además de recopilar las patologías presentes en los mismos. Estos datos pasarán a introducirse en la herramienta de análisis de la susceptibilidad frente a cada uno de los riesgos definidos.

El desarrollo del análisis de los tres casos en base a los resultados y la metodología establecida para el estudio a nivel territorial aportará la concreción de conclusiones en el objetivo principal del proyecto, proponer estrategias de prevención, planificación y priorización de acciones frente a la intervención de riesgos naturales.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEMET (2018). Plan nacional de predicción y vigilancia de fenómenos meteorológicos adversos. Meteoadvertencia. España: Agencia Estatal de Meteorología

Cantarino, F. J.; Torrijo, S. Palencia; Gielen, E. (2014). Assessing residential building values in Spain for risk analyses – application to the landslide hazard in the Autonomous Community of Valencia. Natural Hazards and Earth System Sciences, Copernicus Publications, 14, p. 3015-3030

COG – Colegio Oficial de Geólogos (2008). Riesgos naturales. Guía metodológica para la elaboración de cartografías en España. España: COG/Ministerio de Vivienda

García, R., Alonso, F., Belmonte, F. (2016). Riesgos naturales de las cuencas de los Ríos Mula y Guadalentín. En: Geografía Aplicada en la Región de Murcia: Guía de las Salidas de Campo XV Coloquio ibérico Code GeoGrafía Murcia, España, 7-9 noviembre 2016. España. Asociación de Geógrafos Españoles. Pp. 56-121.

Lopez, F.J., La Spina, V., Fernandez del Toro, J. (2020). "Residential Earthen Architecture in Mula (Spain): Study and Cataloguing of its Construction Technique", en ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 44M1, pp. 985–992, 2020. doi:10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-985-2020.

Mileto, C.; Vegas, F. (coord.) (2014). La restauración de la tapia en la Península Ibérica: criterios, técnicas, resultados y perspectivas. Lisboa/Valencia: Argumentum/TC Editores.

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V. (2011). Earthen architecture in Spain. In: Terra Europae. Earthen Architecture in the European Union. Pisa, Italy. Edizioni ETS. p. 181-183

Mileto, C.; Vegas, F.; Cristini, V.; García Soriano, L. (2018). SOSTierra Project. Initial results. In: Vernacular and Earthen Architecture. Conservation and Sustainability. Reino Unido. CRC-Blakema / Taylor & Francis Group. p. 185-190

Mileto, C.; Vegas, F.; García Soriano, L.; Pérez, A. (2021). Assessment of vulnerability of earthen vernacular architecture in the Iberian Peninsula to natural risks. Generation of an analysis tool. International Journal of Architectural Heritage. Reino Unido. Taylor & Francis Group.

Olcina J. (2012a). De los mapas de zonas afectadas a las cartografías de riesgo de inundación en España. Anales de geografía, vol. 32

Olcina J. (2012b). Reducción del riesgo de extremos pluviométricos en España: últimos avances. Territoris, 8, p. 153-176

Sanz, J.M. (1996). Técnicas y oficios tradicionales: barro, adobe y tapial. BIA nº 185, Madrid.

UNESCO (2008). List of factors affecting the properties. Disponible en: <http://whc.unesco.org/en/factors/>

Vegas, F.; Mileto, C.; García Soriano, L.; Villacampa, L.; Gómez, F.J. (2017). Primera aproximación a la variedad constructiva de la arquitectura vernácula de tierra en la Península Ibérica. En: Actas del X Congreso Nacional y II Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. España. Instituto Juan de Herrera, p. 1051-1060

## NOTA

El trabajo de investigación presentado forma parte del proyecto "RISK-Terra. La arquitectura de tierra en la Península Ibérica: estudio de los riesgos naturales, sociales y antrópicos y estrategias de intervención e incremento de la resiliencia" concedido por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (ref. RTI2018-095302-B-I00; IP: Camilla Mileto y Fernando Vegas).

## AUTORES

Ana Pérez Vila, Arquitecta y Mater en conservación en Patrimonio Arquitectónico por la Universitat Politècnica de València, es técnico superior de investigación en el Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO).

Lidia García Soriano es Arquitecto (2010), Master en conservación del patrimonio arquitectónico (2013) and Doctora en Arquitectura (2015). Actualmente, profesora asociada del Departamento de Composición Arquitectónica de la Universitat Politècnica de València (UPV) e investigadora en PEGASO Centro de Investigación en la UPV. Su actividad profesional e investigadora se desarrolla en el ámbito del patrimonio arquitectónico en general y la arquitectura de tierra en particular. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible"

Camilla Mileto, PhD, es Arquitecta y Profesora de Conservación de la Arquitectura en grado, posgrado y doctorado en la Universitat Politècnica de València (España), donde es directora del Centro de Investigación en Arquitectura, Patrimonio y Gestión para el Desarrollo Sostenible (PEGASO). Ha recibido varios premios internacionales por su investigación, proyectos y trabajo construido en conservación arquitectónica y por su enseñanza en conservación. Es directora de la

revista científica internacional Loggia y ha publicado extensamente sobre conservación arquitectónica en libros, artículos y actas de conferencias.

Fernando Vegas López-Manzanares, PhD, es arquitecto y profesor en la Universitat Politècnica de València (España), donde enseña conservación arquitectónica y composición arquitectónica. Es director de la revista científica internacional Loggia y ha publicado extensamente sobre conservación arquitectónica. Ha recibido varios premios internacionales por su investigación, proyectos y trabajos de construcción en conservación arquitectónica. Es autor de numerosos estudios, proyectos e intervenciones sobre la conservación de la Alhambra de Granada, así como de otros monumentos españoles.