

# Investigaciones en Vivienda, Arquitectura, Rehabilitación y Patrimonio Arquitectónico



Junta de Andalucía





**Investigaciones en Vivienda,  
Arquitectura, Rehabilitación  
y Patrimonio Arquitectónico**



Investigaciones en Vivienda,  
Arquitectura, Rehabilitación  
y Patrimonio Arquitectónico

#### Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda

Rocío Díaz Jiménez. Consejera

Mario Muñoz-Atanet Sánchez. Viceconsejero

Alicia Martínez Martín. Secretaria General de Vivienda

Juan Cristóbal Jurado Vela. Director General de Vivienda y Rehabilitación Urbana

María Alegría Cardesa Cabrera. Coordinadora General de Vivienda

Raquel García Soto. Subdirectora de Vivienda y Rehabilitación Urbana

Alberto Morillas Fernández. Consejero Técnico de Cooperación

Mercedes Martínez Costa. Personal Técnico del Servicio de Cooperación

#### Coordinadores:

Alberto Morillas Fernández, José Manuel Romero Ojeda y Daniel Navas Carrillo

#### Edita:

Secretaría General de Vivienda

#### Cuidado editorial:

Servicio de Publicaciones. Secretaría General Técnica

#### Fotografía de portada:

Pedro Pegenaute

#### Fotografías de la publicación:

Responsabilidad de los autores de los capítulos

#### Diseño gráfico y tratamiento de imágenes

Miguel Tarapiella Cejas

#### Impresión

Jumpej, Servicios Generales S.L.

#### ISBN

978-84-8095-612-3

#### N.º Registro oficial

JAFATV/SGV-05-2023

#### Depósito Legal

SE 1880-2023

© Junta de Andalucía Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda



# ÍNDICE

<b>Presentación de la Consejera</b> .....	07
<b>Agradecimientos de la Secretaria General de Vivienda</b> .....	09
<b>Introducción</b> .....	11
<b>Intervenciones en Centros Históricos y el Espacio Público y Urbano</b> .....	15
• Overtourist city: una aproximación a la problemática de los procesos de turistificación y gentrificación de los centros históricos y propuestas para su recuperación social .....	17
• Metodología para un proyecto de regeneración urbana en el espacio público .....	32
• NATURAL SINK. Mejora de la habitabilidad de espacios abiertos en mediante técnicas naturales ....	44
• ANdando a Destinos Atractivos (ANDA): Factores de ruta y entorno urbano para incentivar la caminabilidad en ciudades andaluzas .....	58
<b>Conservación y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico</b> .....	75
• Fortificaciones en Centros Históricos ¿Cómo evaluar el riesgo de pérdida? .....	77
• Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12 .....	90
• Campus Ugr. Sostenibilidad. Plan de actuación para el desarrollo territorial, urbano y arquitectónico de la azucarera de San Isidro y su paisaje .....	102
• Arquitecturas indígenas en la Cuenca del río Madre de Dios (Perú): cambios y permanencias .....	116
• Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán: Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial .....	129
<b>Rehabilitación Residencial y Patrimonial en Ámbitos Urbanos y Rurales</b> .....	143
• Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción .....	145
• REVIVE: Reto demográfico y vivienda en el medio rural andaluz .....	157
• Aplicación de la Estrategia Aura para la rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas: análisis de las condiciones de habitabilidad, confort y salud en el Polígono de San Pablo (Sevilla) .....	169
• La evaluación de los riesgos y vulnerabilidades frente al cambio climático, desastres naturales y antrópicos: un acercamiento inicial desde la cooperación internacional .....	183
<b>Innovación en Vivienda Social y Movilidad: Eficiencia Energética y Sostenibilidad</b> .....	197
• Hacia la implementación de la sostenibilidad mediante BIM en los procedimientos de licitación de viviendas en Andalucía .....	199
• Combinando indicadores para la evaluación del impacto económico, ambiental y social del ciclo de vida de las viviendas sociales en Andalucía .....	215
• Geopolímeros de residuos con propiedades acústicas, térmicas, biocidas y autolimpiantes para revestimiento de fachada .....	229
• Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible .....	242
• Accesibilidad universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba) .....	255



## PRESENTACIÓN DE LA CONSEJERA

Con objeto de fomentar la actividad científica y académica de las universidades públicas andaluzas, así como con el deseo de avivar el potencial de los investigadores e investigadoras que desarrollan su carrera dentro del marco científico andaluz, la Secretaría General de Vivienda de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, desde el año 2018, viene promoviendo subvenciones para el desarrollo de proyectos de investigación gestados desde estas entidades. Estas convocatorias promueven trabajos que impulsen líneas de actuación en materias de Vivienda, Arquitectura, Rehabilitación y Patrimonio Arquitectónico, competencias directas de esta Secretaría, generando resultados de transferencia inmediata en las políticas de esta Consejería o en beneficio de las actividades que se desarrollan en el tejido social andaluz en relación a estas temáticas.

Este documento monográfico que tiene entre sus manos supone una oportunidad de poder visibilizar el trabajo y el esfuerzo llevado a cabo por los equipos participantes en los proyectos que han sido beneficiarios de las subvenciones para el desarrollo de proyectos de investigación en las materias de vivienda, rehabilitación y arquitectura de los años 2018 y 2020, respectivamente. Nos complace poder contar con la experiencia de importantes investigadores y expertos que han volcado todo su conocimiento en aras de alcanzar los objetivos de las investigaciones propuestas, las cuáles nos permiten ponernos en situación y nos ayudan a debatir en torno a las materias desarrolladas sobre temas de elevada pertinencia para nuestra Comunidad Autónoma.

Desde la Junta de Andalucía nos congratulamos de poder contar con publicaciones de esta índole, gracias a las cuáles resulta posible realizar una transferencia de conocimiento desde el ámbito académico hacia las administraciones y la ciudadanía en general. Esto nos permite tener una mayor competencia para poder abordar los problemas que se dan en los municipios andaluces. Es por ello que, con el objetivo de seguir apoyando e impulsando el trabajo desarrollado por las Universidades Públicas Andaluzas, así como contribuir a que su labor redunde en beneficio del progreso y bienestar de nuestra comunidad y su ciudadanía, desde la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda seguiremos impulsando el avance de este tipo de investigaciones por medio de las subvenciones que dan cabida a los proyectos que acoge este monográfico.

Finalmente, desde estas líneas quisiera felicitar a todas las personas participantes en estas investigaciones por el trabajo realizado y por el esfuerzo desarrollado para la consecución de los proyectos. Asimismo, les invito a seguir trabajando en esta línea y esperamos poder contar con su participación en futuras convocatorias.

**Rocío Díaz Jiménez**  
*Consejera de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda*





## AGRADECIMIENTOS DE LA SECRETARIA GENERAL DE VIVIENDA

Sirvan estas líneas para expresar mi agradecimiento a todas las personas que han hecho realidad la ejecución de este monográfico, en especial, a los investigadores participantes, cuyas aportaciones por medio de los capítulos que lo conforman han permitido compendiar en un valioso documento todo el trabajo realizado en los proyectos de investigación subvencionados por esta Consejería. El conocimiento derivado de las investigaciones se entenderá por esta Secretaría General de Vivienda como una herramienta o recurso que ayudará a mejorar la planificación de las políticas y funciones que se desarrollan desde este centro.

Es por ello que, en el contexto de las materias de Vivienda, Arquitectura, Rehabilitación y Patrimonio Arquitectónico, podemos destacar, entre muchas otras, importantes aportaciones que nos invitan a trabajar en el refuerzo de Planeamientos Especiales de Protección de conjuntos históricos con fuerte presencia de actividad turística; innovar en el diseño del espacio público y la planificación urbana para combatir el cambio climático con ciudades más saludables, habitables y resilientes; fomentar políticas de vivienda en el ámbito rural desde la rehabilitación y la regeneración urbana o aplicar nuevas metodologías para la recuperación de bienes patrimoniales dentro de los principios de intervención de la ciudad sostenible e inteligente (*smartcity*).

El valor y la calidad de las investigaciones recopiladas en este texto ha permitido incluso el reconocimiento y la selección de uno de estos proyectos en la muestra de Investigación y Difusión de la XVI Bienal Española de Arquitectura y Urbanismo, concretamente la publicación *Overtourist City*. Estrategias para recuperar la habitabilidad del centro histórico de Málaga frente a la turistificación, que deriva del proyecto liderado por la Escuela de Arquitectura de Málaga. En mi deseo que este monográfico suponga también un valor para la ciudadanía, quisiera expresar mi agradecimiento generalizado a todos/as aquellos/as que diariamente dedican su esfuerzo a seguir impulsando el conocimiento en beneficio de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

**Alicia Martínez Martín**  
*Secretaria General de Vivienda*



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las convocatorias de subvenciones en régimen de concurrencia competitiva promovidas por la anterior Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio ha permitido la ejecución de un total de veinticinco proyectos de investigación desarrollados desde las universidades públicas andaluzas. De todos ellos, siete de los cuáles fueron beneficiarios en la convocatoria para el desarrollo de proyectos de cooperación internacional en las líneas de actuación de fomento y formación en las materias de competencia de la Consejería, del año 2018, y, los dieciocho restantes, de la convocatoria de 2020, para el desarrollo de proyectos de investigación en las materias de vivienda, rehabilitación y arquitectura. Del total de veinticinco proyectos beneficiarios, dieciocho participan en este monográfico, cinco de los cuales pertenecen a la convocatoria de 2018 y trece a la convocatoria de 2020.

La publicación se divide en cuatro secciones que, atendiendo a las materias competencia de la Secretaría General de Vivienda, abordan las siguientes temáticas: Intervenciones en Centros Históricos y el Espacio Público y Urbano; Conservación y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico; Rehabilitación Residencial y Patrimonial en ámbitos urbanos y rurales e Innovación en Vivienda Social y Movilidad. Eficiencia Energética y Sostenibilidad. Cada sección realiza un recorrido amplio por aquellas investigaciones que guardan relación con cada uno de los temas propuestos, con un total de cuatro proyectos en la primera y tercera sección y cinco en la segunda y cuarta sección del monográfico.

La primera sección, titulada Intervenciones en Centros Históricos y el Espacio Público y Urbano, la integran cuatro proyectos de la convocatoria del año 2020 y desarrollados por la Universidad de Granada (UGR.20-13), la Universidad de Málaga (UMA.20-01) y la Universidad de Sevilla (US.20-04, US.20-05). Se compilan trabajos que abordan la problemática de la turistificación y la gentrificación en los centros históricos (UMA.20-01); estudios sobre el comportamiento ciudadano en sus desplazamientos diarios y el impacto que tiene en ellos el entorno urbano (UGR.20-13); el desarrollo de una metodología para la regeneración de espacios públicos de fuerte interés patrimonial (US.20-04), o la búsqueda de soluciones innovadoras de diseño urbano para la mejora de la habitabilidad urbana mediante la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza (US.20-05).

En la segunda sección, Conservación y puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico, se agrupan proyectos de ambas convocatorias, 2018 y 2020, realizados en la Universidad de Granada (UGR.18-02, UGR.20-03), la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (UPO.18-05, UPO.20-01) y la Universidad de Sevilla (US.20-08). Dichas investigaciones se centran en el desarrollo de una propuesta metodológica que ofrece herramientas prácticas y soluciones capaces de evaluar la vulnerabilidad, peligrosidad y riesgo que afectan a la conservación de las fortificaciones de tapial (UPO.20-01); de un protocolo para la fabricación y ejecución de

ensayos de lechadas a base de conglomerantes hidráulicos ultrafinos (US.20-08); de una metodología de recuperación de la Azucarera San Isidro de Granada y su entorno, mediante un plan de actuación para su desarrollo territorial, urbano y arquitectónico (UGR.20-03); el análisis de las transformaciones experimentadas en la arquitectura indígena en la Cuenca de Madre de Dios (Perú) y sus afluentes (UPO.18-05), así como la documentación para la declaración como Patrimonio Mundial de la UNESCO de la Medina, el Ensanche y los cementerios de Tetuán como única realidad patrimonial (UGR.18-02).

La tercera sección, Rehabilitación Residencial y Patrimonial en ámbitos urbanos y rurales, recoge proyectos de las dos convocatorias ejecutados en la Universidad Pablo de Olavide (UPO.18-03) y la Universidad de Sevilla (US.20-01, US.20-02 y US.20-11). Se desarrollan aquí estudios para el cálculo y diseño de soluciones de fachadas para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción tomando como caso de estudio el barrio de El Plantinar (Sevilla) (US.20-01); el desarrollo de estrategias de intervención para la revitalización de las zonas rurales andaluzas en situación de vulnerabilidad demográfica que incidan además en la reactivación de las economías rural de la zona (US.20-02); el análisis de las condiciones de habitabilidad, confort y salud en el Polígono de San Pablo (Sevilla) aplicando la Estrategia AURA para la rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas (US.20-11), y la evaluación de los riesgos y vulnerabilidades frente al cambio climático, desastres naturales y antrópicos de los centros históricos de ciudades que carecen de recursos para estudiar los peligros ambientales y la vulnerabilidad de los edificios, promoviendo el desarrollo de herramientas de bajo costo para la gestión de estos riesgos (UPO.18-03).

La cuarta y última sección titulada Innovación en Vivienda Social y Movilidad. Eficiencia Energética y Sostenibilidad engloba también proyectos de las dos convocatorias, promovidos por la Universidad de Jaén (UJA.18-01), la Universidad Pablo de Olavide (UPO.18-04) y la Universidad de Sevilla (US.20-03, US.20-10, US.20-14). Se trata de investigaciones que tenían como objetivo elaborar y sentar las bases de los instrumentos necesarios para la aplicación directa de una metodología de Análisis de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (ASCV) de viviendas, automatizada e integrada en BIM, en los procedimientos de contratación de Vivienda de la Junta de Andalucía (US.20-03); desarrollar un modelo de cálculo del impacto del ciclo de vida completo de edificios de viviendas sociales que arrojar los resultados a modo de «presupuesto socio ambiental» (US.20-10); caracterizar química, física y medioambientalmente materias primas y residuos usados para preparar geopolímeros con propiedades acústicas, térmicas, biocidas y autolimpiantes para revestimiento de fachadas (US.20-14); impartir una formación especializada en el sector de la Movilidad Urbana Sostenible, utilizando un material de calidad y herramientas innovadoras para su difusión por América Latina (UPO.18-04), y contribuir a la puesta en marcha de una política universitaria de gestión estratégica de las dinámicas poblacionales desde la perspectiva de la accesibilidad universal, con énfasis en el envejecimiento poblacional, que la legitime como actor social esencial para el desarrollo territorial (UJA.18-01).



Esta publicación viene a continuar una actividad divulgadora, en el contexto de estas convocatorias de subvenciones, ya iniciada por la Secretaría General de Vivienda mediante la celebración del I Seminario de Investigación en Vivienda, Arquitectura, Rehabilitación y Patrimonio Arquitectónico, organizado conjuntamente con la Universidad de Málaga y que tuvo lugar el día 15 de marzo de 2023 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Málaga. Dicho evento estuvo dividido en cuatro mesas temáticas similares a las cuatro secciones en las que se divide esta publicación. También se ha llevado a cabo un proceso de divulgación digital a través de la web de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, que permite, a través de las páginas de cada convocatoria de subvenciones (2018 y 2020), acceder a la información de cada proyecto, así como contemplar las diferentes actividades y publicaciones llevadas a cabo en el marco de las investigaciones. Esperamos que este monográfico, como instrumento de difusión de los resultados de estos proyectos, sea una herramienta útil en beneficio del ámbito académico, las administraciones y la ciudadanía, y que además sirva para poner en valor el trabajo de investigación desarrollado por las Universidades Públicas Andaluzas en el marco de las subvenciones promovidas por esta Consejería.

**José Manuel Romero Ojeda**  
**Daniel Navas Carrillo**



# INTERVENCIONES EN CENTROS HISTÓRICOS Y EL ESPACIO PÚBLICO Y URBANO

## **I. UMA.20-01**

Overtourist city: una aproximación a la problemática de los procesos de turistificación y gentrificación de los centros históricos y propuestas para su recuperación social.

## **II. US.20-04**

Metodología para un proyecto de regeneración urbana en el espacio público.

## **III. US.20-15**

NATURAL SINK Mejora de la habitabilidad de espacios abiertos mediante técnicas naturales.

## **IV. UGR.20-13**

ANdando a Destinos Atractivos (ANDA): Factores de ruta y entorno urbano para incentivar la caminabilidad en ciudades andaluzas.





# Overtourist city: una aproximación a la problemática de los procesos de turistificación y gentrificación de los centros históricos y propuestas para su recuperación social

## UMA. 20-01. Universidad de Málaga. Estrategias de recuperación del espacio público y uso residencial frente a la gentrificación y turistificación en Málaga

**Investigador principal:** Carlos Rosa Jiménez.

**Equipo del proyecto:** Antonio Álvarez Gil, María José Andrade Marqués, Jorge Asencio Juncal, Roberto Barrios Pérez, Francisco Javier Castellano Pulido, Francisco José Chamizo Nieto, Guido Cimadomo, Aberto E. García Moreno, Juan Gavilanes Velaz de Medrano, Eduardo Jiménez Morales, María Dolores Joyanes Díaz, María José Márquez Ballesteros, Jorge Minguet Medina, Nuria Nebot Gómez de Salazar.

**Autores del proyecto:** Carlos Rosa Jiménez<sup>1</sup>, Jorge Asencio Juncal<sup>1</sup>, Roberto Barrios Pérez<sup>1</sup>, Francisco José Chamizo Nieto<sup>1</sup>, Gavilanes Velaz de Medrano<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Grupo de investigación PAIDI HUM-969 Urbanismo, Turismo, Paisaje e Innovación Arquitectónica (UTOPIA), Departamento de Arte y Arquitectura, Universidad de Málaga, Málaga, España.

### Resumen

Este proyecto de investigación trata de aportar estrategias frente a los procesos de despoblamiento de los centros históricos agravados por la sobrecarga de la actividad turística que limitan su respuesta habitacional, especialmente por el desarrollo de la oferta de viviendas turísticas. Un problema que se caracteriza por: un hiperdesarrollo de la terciarización de las plantas bajas de los edificios —a favor de las franquicias y en detrimento del comercio local y de proximidad—, los problemas de convivencia por un aumento de los niveles de turismofobia en la población local, los niveles de ruido derivados del ocio nocturno y las actividades lúdica en el espacio público, y la ocupación del espacio público por terrazas.

Se trata de ofrecer alternativas y vías de solución a un problema ampliamente analizado por la literatura científica, pero del que existen escasos trabajos académicos que lo traten de manera integral y desde el enfoque propositivo de soluciones. El objetivo general es, por tanto, desarrollar una metodología integral enfocada a la recuperación del espacio público, para potenciar la habitabilidad residencial en los centros históricos frente a los procesos de gentrificación y turistificación, y que permita además, una convivencia entre la actividad residencial y la turística y comercial.

Se ha tomado como caso de estudio el centro histórico de la ciudad de Málaga, por su rápida transformación efecto de los procesos de rehabilitación urbana, unido a un importante crecimiento de la actividad museística y de cruceros. Los resultados del proyecto han determinado los principales impactos y las propuestas para la recuperación social de la habitabilidad. El proyecto propone herramientas para determinar los conflictos sociales derivados de los efectos de la turistificación, e igualmente propone recomendaciones para que el planeamiento urbano incorpore la recuperación de la habitabilidad de los centros históricos. Por un lado, se propone el concepto de “barrio protegido”, como una figura de protección de usos residenciales alrededor de un espacio público pensado para la ciudadanía y dotado con equipamientos multifuncionales; de forma que los usos turísticos y comerciales queden estructurados de forma periférica. Por otro lado, el proyecto establece estrategias frente a la actividad de cruceros, basado en una lectura más sensible del patrimonio portuario y de las posibilidades de diversificar la oferta turística más allá del propio territorio.

### Palabras clave

Barrios protegidos; Centros históricos; Gentrificación; Participación Ciudadana; Turistificación.

### Línea temática

5. Intervención en los centros históricos, incentivando su dimensión de habitabilidad y convivencia a través del estudio y análisis del impacto de la actividad turística que revierta en propuestas de mejora para contrarrestar la gentrificación.
6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

## 1. ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN SOCIAL DE LOS CENTROS HISTÓRICOS

No existen estudios que analicen en profundidad el impacto de la gentrificación y la turistificación en el espacio público de los centros históricos. Por eso es necesario, de acuerdo con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, “lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles” (ONU, 2015, p. 24). Frente a los procesos de gentrificación turística (Gotham, 2005) en los centros históricos, y trascendiendo de un diagnóstico que evalúe este proceso, la aportación de esta investigación persigue la definición de estrategias que faciliten la compatibilidad de usos residenciales y turísticos en el espacio público, con el fin de garantizar la habitabilidad y la vida de barrio del casco antiguo.

La innovación de la metodología propuesta es que se unifican diferentes enfoques y estudios realizados de forma parcial, aportando un enfoque completo de la problemática y favoreciendo el desarrollo de estrategias integrales. La investigación se estructuró en: (1) Análisis del impacto de la gentrificación y turistificación en el espacio público, (2) Diagnóstico y determinación de estándares de habitabilidad del espacio público y (3) Estrategias de recuperación de espacio público para el uso residencial protegido.

El caso de estudio andaluz se centró en Málaga, ciudad que ha sufrido un fuerte crecimiento en la actividad turística de su centro histórico, tras las políticas de peatonalización y creación de museos. Además del turismo cultural —similar a los casos de Granada y Sevilla—, Málaga cuenta con un *waterfront* de ocio que permite el atraque de cruceros, con el impacto que supone la visita de cruceristas en el centro histórico por su cercanía al puerto.

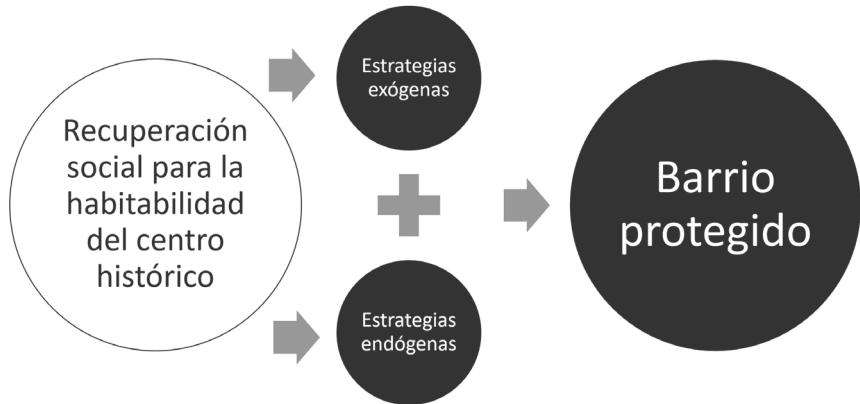


Figura 01. Recuperación social de los centros históricos como la suma necesaria de estrategias exógenas y endógenas que permiten definir el concepto de barrio protegido.

La estrategia principal propuesta es el “barrio protegido”. Se trata de un modelo físico que articula las políticas y estrategias de recuperación social de los centros históricos, tanto exógenas (fuera del ámbito declarado como Conjunto Histórico) como endógenas (incluidas dentro de dicha delimitación); y que persigue la compatibilidad y el equilibrio de usos residenciales, comerciales y turísticos, a través de una distribución espacial de los mismos en función de las características de su espacio público. Este modelo integral, que define ejes de actividad turístico-económica y áreas residenciales con limitaciones en el tipo de actividades turísticas a desarrollar, contribuye a una gestión responsable del espacio público garantizando la habitabilidad del centro histórico y facilitando espacio al

uso turístico sin que este comprometa al residencial. Estableciendo una serie de medidas en los siguientes instrumentos de ordenación:

**A. Programa de rehabilitación de Conjuntos Históricos.** Las conclusiones del trabajo indican que, para el Planeamiento Especial de Protección de Conjuntos Históricos con fuerte presencia de actividad turística, se debe incluir:

- a) Un plan de peatonalización que gradúe el acceso del vehículo (abierto, restringido, peatonal).
- b) El fortalecimiento en los catálogos de protección de la figura del patrimonio inmaterial y así como la inclusión específica del comercio histórico. Tanto el patrimonio inmaterial como el comercio histórico recuperan la actividad de las personas que habitan el centro como elementos centrales de la recuperación del centro histórico, superando la visión monumentalista que ha caracterizado el planeamiento de las últimas décadas.
- c) Se necesita una regulación más intensa y precisa de los usos pormenorizados, siendo recomendable su ordenación a nivel de parcela catastral y en función de los niveles, donde en el ámbito residencial se determine las limitaciones de las viviendas turísticas, y en el resto de actividades sujetas a licencia municipal;
- d) El desarrollo de metodologías de participación ciudadana basada en la revisión de noticias de periódicos que permite establecer los principales agentes, problemáticas y soluciones a dichas problemáticas.

**B. Diseño del espacio público.** El estudio establece una clasificación de plazas y calles atendiendo a sus funciones principales: Residencial protegido, comercial-representativo, turístico-cultural y terciario. Donde además de las limitaciones de ocupación se deben establecer características diferenciadas de diseño.

**C. Políticas de vivienda pública.** Las promociones públicas deberían diversificar sus programas actuales en la misma zona de intervención, a fin de aumentar la diversidad social. En áreas con escasez de equipamientos, deberían incorporar espacios públicos asociados a un equipamiento de barrio —en función del tamaño de las parcelas— para ayudar a generar barrios protegidos

**D. Actividad de cruceros.** Finalmente, en relación a la actividad de cruceros se proponen 5 estrategias: Comprender el comportamiento y los movimientos de los pasajeros, fortalecer la identidad local, regionalizar el negocio de cruceros, dispersar los visitantes en diferentes áreas de la ciudad y potenciar el patrimonio industrial del puerto.

## 2. MÁLAGA COMO CASO DE ESTUDIO: EVOLUCIÓN IMPARABLE DESDE EL ABANDONO A LA HIPERTROFIA.

A principios de los años 80 del siglo pasado el centro histórico de Málaga se encontraba en una situación muy deteriorada y con síntomas de abandono y patologías urbanas diversas. Pero esto no siempre fue así. El centro histórico de Málaga alcanzó uno de sus momentos más memorables de actividad, vida y comercio a lo largo del siglo XIX con la apertura del puerto al comercio de Indias como consecuencia del Decreto y Real Instrucción, del 16 de octubre de 1765, del rey Carlos III, donde se incluía por primera vez a Málaga a participar de ese comercio directo con los puertos americanos (Muñoz, 1947). El siglo XIX por tanto fue un siglo de expansión que transformó la ciudad levantándose sobre la trama medieval una amable ciudad, de aspecto colonial, de tres o cuatro alturas y con unas leves intervenciones de atirantado decimonónico con la calle Larios de 1891 como principal exponente.

Esta situación se extendió a lo largo del siglo XIX, pero no más allá. La entrada en el siglo XX fue el inicio de una etapa de decadencia y abandono que ocupó más de medio siglo hasta 1959, con la llegada del Primer Plan de Estabilización se inició la entrada del nuevo turismo internacional de masas a través del tráfico aéreo principalmente (Gavilanes, 2012), fenómeno que todavía perdura. Pero esa expansión económica y cultural se extendió solamente por la línea costera de la provincia al oeste del río Guadalhorce dejando a la ciudad de Málaga sumida en su abandono y sirviendo solo como dormitorio de la nueva migración que vendría llamada por las nuevas oportunidades laborales del turismo.

El deterioro progresivo provocó que el centro histórico de Málaga se convirtiera en una periferia dentro de la ciudad, con un paulatino abandono de la población. La nueva democracia de 1978 llegó con su Constitución a una ciudad de Málaga oscura e insegura, vieja y fea. El PGOU de Málaga de 1983 (Moreno et al., 1983), fue la primera herramienta de planificación urbana de la ciudad del nuevo periodo democrático y también analizó el centro histórico por primera vez como lugar de la historia de la ciudad y de su patrimonio, donde el principal dato a parte del deterioro físico, era un decrecimiento poblacional galopante.

A partir de este momento las corporaciones municipales democráticas iniciaron un proceso de mirada e intervención activa hacia el centro histórico malagueño. Realmente se dio lugar una suerte de capas de acciones superpuestas de distintas corporaciones que se apoyarían unas sobre otras permitiendo una progresiva mejora del lugar. Entre estas acciones cabe destacar las que atendieron a la renovación de las redes y servicios urbanos, a la recuperación patrimonial, al control del tráfico rodado y la expansión de aparcamientos, la mejora y renovación del espacio público, la rehabilitación del parque de edificios y viviendas, la protección y restauración de monumentos, la mejora de la iluminación y el incremento de la oferta cultural y museística, entre otras.

A su vez, el PEPRI Centro de 1989 fue la herramienta urbanística que permitió concretar y apoyar estas intervenciones en el centro histórico, a partir del diagnóstico del PGOU 83 con un determinado y significativo carácter ambivalente entre la protección y la reforma del patrimonio (Jiménez, 1993, p. 83). La entrada de España en Europa en 1985 llegó también como un potente vector económico de recuperación del centro histórico, desde lo público a lo privado, con una batería de planes de ayuda, que empezarían a ser efectivos (Barreiro, 2013, p. 18) y verse sus frutos a partir de 1995 hasta el día de hoy (Plan Urban I 1995-1999, FEDER 2000-2006, URBANA 2007-2013, POCTEFEX, etc).

Las renovaciones de espacios públicos, calles y plazas, en un proceso de semi peatonalización fueron las que más visibilidad obtuvieron. De entre ellas destaca como punto de inflexión la renovación de la calle principal del siglo XIX y de la plaza más antigua: la calle del Marqués de Larios y la plaza de la Constitución (Gavilanes, González y Pérez, en 2002)<sup>1</sup>. Todas estas actuaciones sirvieron, a modo de alfombras mágicas, de valor añadido y de nuevos ánimos para la llegada de inversores privados. Se inició un proceso de reforma y recuperación del caserío del centro histórico en el que destacaron las actuaciones de rehabilitación de viviendas que atrajeron a una nueva población más joven que decidió vivir en el centro.

A todo esto, se unió otro importante acontecimiento como lo fue la llegada del Museo Picasso a Málaga, su ciudad natal, con los fondos de sus descendientes que dio pie a una política de fomento de los museos que activó la oferta cultural llegando desde los turistas a los escolares malagueños (Centro de Arte Contemporáneo, Museo Carmen Thyssen, Centre Pompidou Málaga, Museo de Málaga, etc).

Los acontecimientos se fueron sucediendo, pero no todos fueron tan positivos. La crisis financiera de 2007 frenó el mercado de la construcción de manera tajante. La economía se detuvo durante años y muchos se vieron obligados a reciclar su actividad. Este duro golpe también se notó en el centro histórico de Málaga y de esta manera se inició un cambio de ciclo.

Aparecieron nuevas formas de gestionar los viajes y sus estancias y actividades de manera individualizada y autónoma a través de páginas web de internet que se extienden hasta nuestros días. Esto trajo consigo multitud de consecuencias no esperadas ni planificadas (como webs de vuelos baratos, Airbnb y otros, Free tours, TripAdvisor, etc.). Esta nueva oportunidad provocó que se incrementaron los negocios de hostelería por el centro histórico de Málaga y se aumentó el parque de apartamentos turísticos y de hoteles. Empezaron a llegar multitud de cruceros a la nueva terminal del puerto y tanto la nueva terminal del aeropuerto como la llegada del AVE o la mejora de la conexión de la ciudad a través de autovías tuvo como consecuencia directa que la actividad turística empezó a ejercer una presión no prevista sobre un trozo de ciudad cargada de historia y renovado durante décadas. Los beneficios económicos han sido y lo son, indudables. Hoy día el centro de Málaga se encuentra vivo y plagado de actividad, lleno de bullicio entre los momentos de

<sup>1</sup> Los autores del proyecto de renovación urbana son Juan Gavilanes, Francisco González e Iñaki Pérez, junto a GMU de Málaga]

felicidad del turista, la mejora de la convivencia y el contraste, y a veces encontronazo, con los que habitan el centro, los que quedaron y los que se instalaron en él cuando el cambio y mejora comenzó con el inicio del siglo XXI.

Con todos estos argumentos que se han amplificado en estos últimos años se ha dado una circunstancia de hipertrofia de la actividad turística. El centro histórico de Málaga, en estos 40 años, ha pasado de estar prácticamente abandonado y en desuso a un exceso de actividad que en ciertos casos y horas puede rozar el abuso. Sin duda alguna la rehabilitación llegó para quedarse, las inversiones y proyectos han sido muy multilaterales e intensos, el embellecimiento y oferta cultural es innegable e irradia optimismo y ha conformado una marca de Málaga como lugar deseado. Pero la convivencia de todos sus habitantes, el uso ordenado del espacio público y esta nueva realidad deben establecer algún tipo de regulación que permita mejorar la convivencia sin menoscabar la mina de servicios que supone el centro histórico para el conjunto de la economía de la ciudad y su región.

### 3. DESPLAZAMIENTO DEL USO RESIDENCIAL E IMPACTO SOCIAL

#### 3.1. El auge de las viviendas turísticas: pérdida de la habitabilidad en el distrito Centro

El análisis de las mutaciones del uso residencial en el distrito Centro de Málaga está motivado por la irrupción de las Viviendas con Fines Turísticos (VFT). La plataforma Airbnb es el portal más popular a nivel mundial donde se anuncian, con 6,6 millones ofertas en más de 220 destinos a fecha de diciembre de 2022 (Airbnb, 2023). En el caso de la ciudad de Málaga, justo antes de la pandemia, en diciembre de 2019, estaban ofertados en el distrito Centro un total de 8.291 anuncios según la empresa de monitorización de datos AirDNA (2023). El cambio de modelo del alquiler de larga temporada a corta duración ha desplazado el uso residencial y, por tanto, ha llevado a la pérdida de habitabilidad en el distrito Centro.

El distrito Centro está conformado por 35 barrios, de los cuales 23 de ellos han experimentado un decrecimiento de la población residente durante el periodo 2009-2019 (Ayuntamiento de Málaga, 2009, 2019). Concretamente, el barrio con una mayor pérdida de habitantes (-17,48%) es el Centro Histórico, pasando de 5.194 a 4.286 residentes. Únicamente experimentan un crecimiento positivo aquellos barrios que se encuentran en el límite del distrito, a excepción de aquellos que están localizados en el eje costero. A pesar del aumento de la población en estos 12 barrios limítrofes, el balance global neto de todo el distrito sigue siendo negativo para el mismo decenio: 91.489 residentes en total en 2019, 216 residentes menos respecto al año 2009. Estos datos contrastan con la oferta de vivienda del distrito, que suma un total de 44.187 inmuebles con fecha de construcción hasta el año

2019 inclusive, según los datos recogidos por la Sede Electrónica del Catastro (Ministerio de Hacienda y Función Pública, 2023). El Centro Histórico es el segundo barrio del distrito con mayor número de viviendas: 4.429 inmuebles. A pesar de ello, el centro antiguo es el barrio que mayor pérdida de población local ha experimentado. Este desplazamiento de la comunidad residente es un fenómeno que es difícil de revertir, especialmente si en el lugar de retorno se produce una intensidad de uso turístico en detrimento de la habitabilidad en los barrios. A modo de diagnóstico, las mutaciones del uso residencial del centro se concretan en los siguientes puntos:

- a) Existe una fuerte dependencia en el Centro Histórico como atractor turístico: museos, alojamientos turísticos tradicionales (p. ej., hoteles y apartamentos turísticos), monumentos, restauración y ocio. Debido a la especialización turística de carácter intensivo que ha experimentado el centro, las condiciones de habitabilidad quedan comprometidas, ya no solo porque el parque de viviendas existente destinado al alquiler no esté en régimen de larga temporada, sino porque los equipamientos y servicios de barrio se han desplazado para atender las demandas de los turistas. Poder vivir en el centro no depende únicamente de poder tener opciones para acceder a una vivienda, sino de tener cubiertos servicios básicos y de proximidad pensados para la comunidad local.
- b) El Centro Histórico está saturado de viviendas turísticas, donde se localiza el 30% de la oferta del distrito Centro. Como consecuencia de la saturación del centro antiguo, la nueva oferta se está expandiendo a barrios aledaños, hasta áreas situadas en sucesivas coronas de barrios como La Trinidad. Estos barrios se caracterizan por tener una alta densidad de viviendas y por estar próximos al centro. Esta tendencia expansiva invita a estudiar y definir estrategias que regulen el alquiler vacacional, a través, por ejemplo, de la delimitación de áreas tensionadas donde el precio del alquiler haya crecido exponencialmente como consecuencia de la falta de oferta de alquiler de larga temporada.

### 3.2. Análisis de contenido en prensa: temáticas, agentes y estrategias contra la turistificación

El análisis de contenido de la prensa malagueña ha permitido conocer, a partir de las noticias publicadas sobre turistificación y gentrificación, qué cuestiones son noticiables y qué actores intervienen, así como qué propuestas y estrategias se formulan y anuncian para mediar en el conflicto. Se han considerado los periódicos locales con mayor impacto medido en número de lectores diarios (entre abril de 2019 y marzo de 2020) según la Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (AIMC): *Diario SUR*, *La Opinión de Málaga* y *Málaga Hoy*.

A partir de la hemeroteca digital de cada diario, se ha filtrado, primero, por aquellas noticias publicadas durante la serie histórica hasta el año 2020 inclusive, y, seguidamente, por aquellas que contienen las siguientes palabras clave tanto en el titular y subtítulo como en el cuerpo de



la noticia: “turistificación”, “gentrificación” y “apartamentos turísticos”. En una primera muestra construida a partir de las noticias filtradas y de aquellas que están relacionadas y referenciadas en estas, se han cribado aquellas noticias cuyo contenido se centra en el caso de Málaga. En total se ha obtenido una muestra de 166 noticias, teniendo mayor representación *La Opinión de Málaga* (75 noticias), seguido de *Málaga hoy* (55 noticias) y *Diario SUR* (36 noticias). El año con mayor número de noticias recogidas es 2018 debido a varios sucesos, donde destaca el avance en la declaración de Zonas Acústicamente Saturadas en áreas del Centro Histórico por problemas de ruido debido al ocio nocturno, la ocupación de vía pública por terrazas y un amplio calendario de eventos en el espacio público. En relación a las temáticas codificadas en las noticias, se identificaron las siguientes:

- a) **Vía pública:** Ocupación del espacio público por terrazas, eventos públicos y exposiciones al aire libre, restricción al tráfico rodado y delimitación de áreas de aparcamiento.
- b) **Regeneración urbana:** Patrimonio histórico e integración de nuevos usos, diseño urbano, transformación del espacio público y creación de mesas de trabajo técnico-ciudadanas.
- c) **Actividad turística:** Pérdida del comercio local frente a franquicias, escala de cruceros y aumento de la población flotante, ruido y ocio nocturno, y pérdida del uso residencial.
- d) **Alojamientos turísticos:** VFT y alojamientos tradicionales (p. ej., hoteles).
- e) **Carga turística:** Intensidad de uso turístico y pérdida de la habitabilidad en los barrios.
- f) **Crisis sanitaria COVID-19:** Confinamiento turístico, dependencia del Turismo de la economía local, promoción de corredores COVID free y conversión de los pisos turísticos en centros sanitarios.

De las seis temáticas (A-F), la (C) actividad turística tiene mayor presencia en las noticias analizadas (129 noticias), seguido de los (D) alojamientos turísticos (122 noticias) y la (E) sobrecarga turística (116 noticias). Además de las temáticas destacadas en las noticias, se han identificado 229 agentes como asociaciones de vecinos, plataformas ciudadanas o patronales hoteleras, entre otros. De todos los actantes representados en prensa, 153 de ellos están geolocalizados en Málaga y 88 formulan propuestas para la gestión del uso turístico. De las 177 propuestas publicadas, 71 de ellas están recogidas en más de una noticia y están apoyadas por más de un agente. Destacan aquellas medidas dirigidas a la regulación de la oferta de alquiler vacacional a través de la declaración zonas saturadas o la creación de una tasa turística, entre otras propuestas.

## 4. IMPACTO DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA Y COMERCIAL EN EL ESPACIO PÚBLICO

Se ha demostrado que el centro histórico de Málaga actualmente es el foco del fenómeno de la turistificación en la ciudad, haciéndose notar en esta zona sus consecuencias (Castellano-Pulido et al., 2022). El Plan Especial de Protección y Reforma Interior del Centro de Málaga (1990) —PEPRI Centro—, alertaba en su redacción de una serie de problemas derivados del abandono del centro histórico, en pro del desarrollo de la ciudad en zonas periféricas, como eran el envejecimiento de la población, un proceso de terciarización con comercios orientados al sector servicios o la pérdida de usos tradicionales y diversidad, entre otros. Con este documento se establecieron algunas medidas correctoras como la regulación de las nuevas edificaciones o pautas para su rehabilitación, o una protección de los edificios según su interés patrimonial, a través de un catálogo con distintos grados de protección. Sin embargo, no abordaba aspectos también importantes como el uso y carácter del centro histórico, entendido como paisaje cultural, donde se asume el patrimonio arquitectónico como algo inseparable de su uso cotidiano, lo que abría la puerta a un proceso de turistificación. En este proceso, la transformación que la actividad comercial ha tenido en el centro histórico y el incremento de la actividad de restauración han desempeñado un gran papel.

Para la constatación de esta premisa se estudia, a partir del análisis cartográfico, la evolución en los últimos años y la tendencia de crecimiento de un proceso de sobreocupación que está provocando disfunciones perjudiciales para la habitabilidad del centro histórico. Con el fin de analizar el impacto y la dinámica de la ocupación del espacio público por la actividad comercial, como metodología de trabajo se ha realizado un estudio de su evolución, analizando la distribución y evolución de las zonas de mayor concentración comercial, diferenciando por tipos de locales —negocios franquiciados y actividades turísticas—, así como la distribución de la actividad comercial temporal en la calle, como mercadillos urbanos y venta en vía pública, frente a los comercios. En cuanto a los locales de restauración, se ha estudiado su distribución, dinámica de cambio en el tiempo, sus instalaciones temporales asociadas y su impacto en el espacio público.

A partir de los análisis cartográficos se constata la saturación del espacio público del centro histórico de Málaga, especialmente de actividades y comercios relacionados con el turismo. La *zona monumental* alberga las principales atracciones turísticas y es donde se concentran las actividades específicamente dedicadas a esta industria, con gran impacto en el espacio público:

- a) Se ha constatado el riesgo de especialización de la zona comercial por el incremento de tiendas estandarizadas o franquicias orientadas principalmente al turista y una pérdida de los usos tradicionales, necesarios para la población local. El alto precio de los locales, por el atractivo de su localización, permite únicamente a grandes inversores privados su adquisición, con la consiguiente pérdida de identidad y autenticidad.

- b) La actividad de restauración se ha intensificado en ciertas zonas, monopolizando el espacio público, sobre todo a través de la instalación de terrazas. Estas actividades provocan grandes molestias, sobre todo en horario nocturno, degradando la calidad de vida en esta zona.
- c) Las estrechas calles del centro histórico están saturadas de usos turísticos. Los numerosos eventos turístico-culturales o mercados completan esta saturación en las calles más amplias o plazas. Paradójicamente, las medidas puestas en marcha para mejorar la calidad del espacio peatonal, como vegetación, servicios o la peatonalización, contribuyen más a amplificar la saturación que a mejorar la calidad del espacio público.

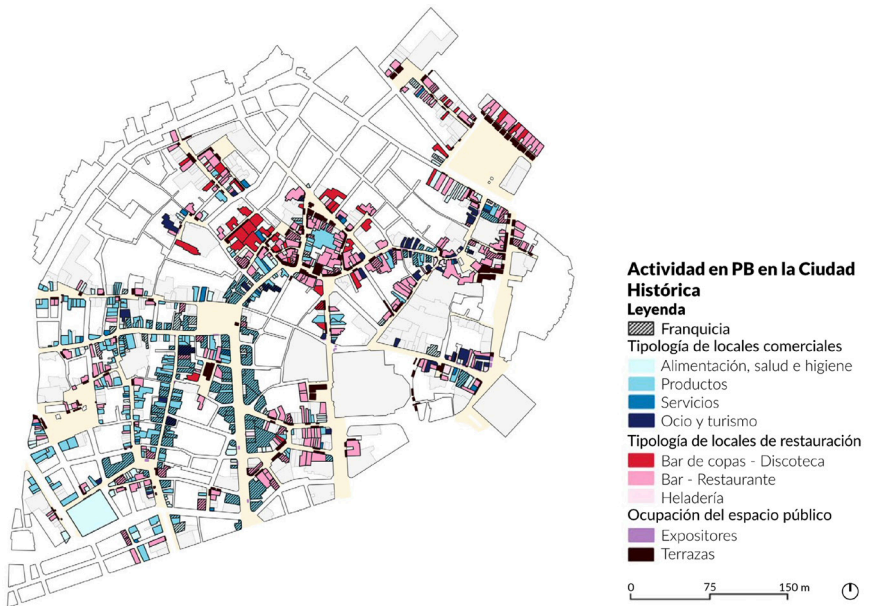


Figura 02. Relación entre la actividad comercial y de restauración y la ocupación del espacio público en el área de estudio. Fuente: Castellano-Pulido et al. (2022).

En consecuencia, se advierte la necesidad de frenar la especialización restauradora y comercial, especialmente la enfocada al turismo. Parece necesario también poner en marcha medidas para recuperar el espacio público para los usos destinados a los residentes, con un diseño urbano de los espacios libres repensado desde el establecimiento de continuidades, incorporando el mobiliario urbano y la vegetación de acuerdo con un sistema

de cualificación en red de espacios públicos. Es preciso también desarrollar políticas de vivienda que promuevan la vivienda de alquiler social que preste especial atención a la tercera edad, aprovechando los solares existentes de propiedad pública para compensar el fenómeno de turistificación y gentrificación del centro urbano.

## 5. UTOPIA DE LO COLECTIVO, SENTIDO DE COMUNIDAD Y ESPACIO PÚBLICO

En el siglo XXI, el diagnóstico sobre el espacio público y su gestión han cambiado tanto como la escala de la ciudad, que atrae cada vez a más visitantes e inversiones, y su transformación económica hacia la economía de servicios debe potenciar los derechos de ciudadanía y la capacidad de decisión sobre el espacio público para evitar su degradación como resultado de un debilitamiento de los sentimientos de pertenencia. La transformación de la economía de la ciudad de Málaga ha supuesto una gestión del espacio público más compleja por el aumento de flujos de bienes y de personas con un impacto profundo en la morfología urbana, que aprovecha esta oportunidad para generar mecanismos de adaptación a sus tradiciones de la presión para la competitividad, lo que implica la búsqueda de un modelo que combine economía y cohesión social.

El problema de la cohesión social como problema de convivencia reside no solo en la diversidad cultural, sino en la pérdida de sentimiento de comunidad por la pérdida de espacios públicos, justificándose así la necesidad de una mayor regulación de su uso, penalizando actividades vinculadas a la venta ambulante, regulando el ruido y las formas de circular (vehículos, bicicletas, patines, etc.).

Las políticas locales para la cohesión social han sustituido a las políticas centralizadas de ciudadanía social, desarrollándose diferentes prácticas sobre la gestión y la participación con el objetivo de compatibilizar diversidad social, cultural, actividades económicas, aparición de visitantes y de población flotante que usa el centro histórico. De este modo, la gestión del espacio público ha sido un tema central desde que el crecimiento urbano ligado a la transformación económica y turística lo fijara como objeto de estudio y desde sus inicios se mostrara atención por combinar intereses y convivencia en el espacio público urbano.

Así, la ciudad ha decidido convertirse en un centro de innovación, creatividad y servicios avanzados, lo que supone que el centro urbano sea no sólo un espacio clave para la producción simbólica, sino también para la inversión y la especulación que atenúan la capacidad de los ciudadanos para definir los elementos de ese espacio público. Esta transformación, contribuye a hacer más heterogéneos los estilos de vida, provocando nuevos múltiples usos de este espacio público que es tratado como producto que la industria turística explota a través de ofrecer la experiencia de “vivir” la ciudad, de forma que este recurso comercial crea conflictos, cuando sus habitantes dejan de percibir este espacio como propio.

La industria turística utiliza el capital simbólico colectivo construido durante años para atraer a visitantes, y así, la ciudad ha promovido una estrategia de renovación y reutilización urbana como marketing y branding debilitando la capacidad de la ciudadanía para decidir, en favor de actores económicos. Para lanzar las obras de remodelación y renovación de la calle Carretería, se ponen en marcha una serie de medidas de pactos, consensos y regulaciones para garantizar el interés general, mediante la limitación de la utilización del espacio público, autorizando solamente dos áreas de terrazas que ya existían previamente. Para reforzar la sociabilidad y urbanidad en el uso del espacio que evite el debilitamiento de la conciencia de pertenencia a la comunidad, se parte de la idea de civismo como modo de convivencia pacífica en estos espacios lo que exige un cierto autocontrol por parte de los usuarios que comparten este bien público.

La búsqueda de soluciones para el encuentro de los vecinos que incluya los servicios necesarios para un espacio accesible e inclusivo, constituye el objetivo de la intervención de renovación y reutilización en calle Carretería, debería incluir reconectar este espacio público con equipamientos culturales y nuevos espacios libres que podrían surgir de solares vacíos por construir, de la renovación del espacio público en el entorno de iglesias y conventos, así como, la inclusión de calles de trazado histórico: Biedmas, Wad Ras, Gigantes, Arco de la Cabeza, Molinillo del aceite , Plaza de San Francisco , etc.

Oriol Bohigas en su “Reconstrucción de Barcelona” (1986) decía: “No se debe tener miedo al derribo si es necesario para lograr una acción de regeneración más importante, y urbanísticamente indispensable”. Intervenir a beneficio de la propia sociedad local, sin expulsiones ni gentrificación, salvaguardando el tejido, sin alterar alineaciones, o alterándolas de forma imperceptible, de manera que la trama histórica conserve su presencia rotunda, permitiendo sustituir tejido ocupado por espacio libre, resolviendo la trama de penetración desde la calle Carretería mediante una propuesta de volumetrías, alineaciones y formas que permitieran valorar el tejido histórico del barrio y mejorar la conectividad al servicio de los residentes. Lenguaje formal contemporáneo, espacios de uso colectivo para posibilitar y fomentar la relación social entre vecinos, diversidad tipológica y nuevos modelos de convivencia, y dotaciones básicas de tipo social y educativo, fomentando la utopía de lo colectivo donde el proyecto urbano es asegurar el control social del espacio compartido.

Los turistas y visitantes consumidores del espacio público deberían ser sensibilizados con el cuidado de aquello que visitan, de su integridad ambiental y su valor cultural pasando a ser el turismo cultural el agente reconstituyente de la cultura local frente al efecto del turismo de masas, tal y como indicó Prats (2005, p. 26), “El patrimonio es un recurso permanente al pasado para interpretar el presente y construir el futuro”. Y, para los residentes del centro histórico, la apuesta decidida por el modelo residencial, donde la vivienda protegida asuma protagonismo, completándose con actuaciones que refuercen la función residencial y las condiciones para garantizar la residencia efectiva como: aparcamientos de residentes, renovación de las redes de servicios básicos (alcantarillado, agua, telefonía, iluminación

pública, etc.), con lo que este modelo residencial deviene social manteniendo el tipo de población y evitar un proceso de gentrificación. Ante este estado de cosas, promover:

- El proyecto urbano integrado, en el que el mobiliario, los pavimentos, las redes de servicios, la señalética, la vegetación, la regulación del tráfico, la eliminación del aparcamiento en superficie, etc..., constituyen elementos armónicos entre sí, que se complementen con dotaciones (equipamientos a nivel de barrio) que atiendan las necesidades de la población en materia de educación, atención sanitaria, atención social, centros de niños, jóvenes y tercera edad, residencia asistida, integración laboral, seguridad, desarrollo cultural, con una nueva concepción de los centros cívicos como lugares de respuesta a las problemáticas planteadas por los residentes.
- La rehabilitación de edificios, no limitada al aspecto formal de las fachadas y la recuperación de paisajes, sino que debe alcanzar a los elementos comunes de cada finca, en una nueva manera de afrontar la actuación en el tejido histórico confiando a la escala del detalle, a la actuación fragmentada y coordinada, al desarrollo de itinerarios más que por los hitos, en definitiva, al efecto impulsor de la regeneración desde el interior.

## 6. REFERENCIAS

Airbnb (2023). *Sobre nosotros*. <https://news.airbnb.com/about-us/>

AirDNA (2023). *Short-Term Rental Data Analytics*. <https://www.airdna.co/>

Ayuntamiento de Málaga (2009). Padrón de habitantes por barrios 2009. En *Datos Abiertos Ayto. Málaga*. <https://datosabiertos.malaga.eu/>

Ayuntamiento de Málaga (2019). Padrón de habitantes por barrios 2019. En *Datos Abiertos Ayto. Málaga*. <https://datosabiertos.malaga.eu/>

Barreiro, F. (2013). *Evaluación de los impactos del proceso de recuperación y regeneración urbana integral del Centro Histórico de Málaga*. Ayuntamiento de Málaga.

Bohigas i Guardiola, O. (1986). *Reconstrucción de Barcelona*. Servicio de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Castellano-Pulido, F. J., Asencio-Juncal, J. y Dumesnil, L. (2022). Impacto de la actividad comercial y turística en el espacio público. En C. Rosa-Jiménez y K. España (Eds.), *Overtourist city: Estrategias para recuperar la habitabilidad del centro histórico de Málaga frente a la turistificación* (pp. 54-71). RU Books-Recolectores Urbanos.

Gavilanes Velaz de Medrano, J (2012). *El Viaje a la Costa del Sol (1959-1969): Proyecto y transformación en los inicios del turismo moderno* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/11109/>

Gotham, K. F. (2005). Tourism Gentrification: The Case of New Orleans' Vieux Carre (French Quarter). *Urban Studies*, 42(7), 1099–1121. <https://doi.org/10.1080/00420980500120881>

Jiménez, F. (1993). Plan de Protección y Reforma del Centro de Málaga. En S. Martínez García (Cord.), Jornadas de estudio: *Recuperación de Centros Históricos. Instituto de Estudios Almerienses*.

Ministerio de Hacienda y Función Pública (2023). *Sede Electrónica del Catastro*. <https://www.sedecatastro.gob.es/>

Moreno, S., Quero, D. y Seguí, J. (1983). *Memoria del Plan General de Ordenación Urbana de Málaga*. Gerencia Municipal de Urbanismo, Ayuntamiento de Málaga.

Muñoz Pérez, J. (1947). La publicación del Reglamento de Comercio Libre de Indias de 1778. *Anuario de Estudios Americanos*, 4.

ONU (2015). *International guidelines on urban and territorial planning (Nairobi)*. ONU-Habitat.

Prats, L. (2005). Concepto y gestión del patrimonio local. *Cuadernos de Antropología Social*, 21, 17-35. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-275X2005000100002](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-275X2005000100002)

# Metodología para un proyecto de regeneración urbana en el espacio público

## US.20-04. Universidad de Sevilla. Diseño de una metodología de intervención en los espacios transversales de los cauces urbanos: El caso del Guadalmedina a su paso por Málaga

Investigadora principal: Lourdes Royo Naranjo.

**Autores del capítulo:** Lourdes Royo Naranjo<sup>1</sup>, Víctor Fernández Salinas<sup>1</sup>, Sergio Villalba Jiménez<sup>1</sup>, Ángela Laguna Bolívar<sup>1</sup>, Sebastián Fierro Raya<sup>1</sup>, Gonzalo Díaz-Recasens Montero de Espinosa<sup>1</sup>, Carlos Díaz-Recasens Montero de Espinosa<sup>1</sup>, Carlos Quevedo Rojas<sup>1</sup>, Fernando Royo Naranjo<sup>1</sup>, Isabel Gómez Márquez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

### Resumen

La regeneración urbana se convierte en un proceso que no solo transforma el entorno físico, sino que representa un enfoque de intervención en el que los principios de inclusión social, resiliencia, compacidad, participación comunitaria y prosperidad socioeconómica son el punto de partida para el desarrollo sostenible. El caso de estudio que abordamos plantea un análisis crítico urbano de la ciudad de Málaga en su posición como ciudad de la cultura y desarrolla una metodología de trabajo en un ámbito concreto como es la consideración y activación del río Guadalmedina como corredor urbano-cultural, centrandose de manera concreta la investigación en los espacios urbanos transversales del río que unen el centro histórico turistificado y los barrios de la Trinidad y el Perchel.

### Palabras clave

Espacio público; Guadalmedina; Metodología intervención; Rehabilitación urbana; Turismo.

### Línea temática

- Intervención en los centros históricos, incentivando su dimensión de habitabilidad y convivencia a través del estudio y análisis del impacto de la actividad turística que revierta en propuestas de mejora para contrarrestar la gentrificación.



6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

## 1. EL ESPACIO URBANO COMO ÁMBITO DE TRABAJO. MÁLAGA A DEBATE. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

El ámbito de la ciudad que centra nuestra investigación ocupa el ensayo y calibrado de una propuesta metodológica que despliega matices y contenidos detallados como procedimiento de activación de los espacios públicos de Málaga. Se trata de un ejercicio donde cobra especial importancia el trabajo multidisciplinar fruto de una investigación compleja como respuesta a la realidad con la que se trabaja. De esta manera, la transdisciplinariedad implica una estrategia de investigación que atraviesa límites disciplinarios para crear un enfoque holístico.

El proyecto presenta una serie de condicionantes muy singulares y tiene al río Guadalmedina como protagonista de una historia no resuelta que afecta a la consideración y tratamiento de los espacios públicos. Se centra en un área de la ciudad en la que se enfrentan dos vacíos urbanos desconectados por un puente sobre el río Guadalmedina. Ambos espacios se dan la espalda perpetuando la herida que el río ha producido en la ciudad desde hace siglos. Así podemos leer las propuestas de trabajo recogidas en el pliego de condiciones del Plan Especial del Guadalmedina, las cuales proponen de manera generalista espacios de trabajo y un proyecto urbano que dan cobertura a los barrios más desfavorecidos de Málaga (Perchel Norte y Ensanche Centro) y asume que, para la zona sur, se plantean espacios de oportunidad hacia nuevos usos culturales. De manera paralela, el cauce del río Guadalmedina a su paso por Málaga es el principal asunto en materia urbanística que debe ser resuelto por la ciudad desde un enfoque ecosistémico, de conservación, desde la ordenación del territorio y el urbanismo, aproximación histórica y patrimonial, identitaria, y aproximación emocional, social y paisajística. Siendo un aspecto bastante analizado en las últimas décadas y una prioridad para la sociedad malagueña. Con este propósito en 2011 se lanzó un concurso de ideas donde se recogían diversas propuestas para el futuro del Guadalmedina<sup>2</sup>.

Málaga presenta los espacios perimetrales del río Guadalmedina acosados por un turismo urbano actualmente en crisis. Los barrios que se sitúan al otro lado del río, esto es, barrios del Perchel y de la Trinidad, se convierten en ejes patrimoniales referentes con

<sup>2</sup> En 2011 la Fundación CIEDES puso en marcha un "Concurso de Ideas para la Integración Urbana del Río Guadalmedina". Dicho concurso pretendía aportar ideas y argumentos al debate sobre qué hacer con el río Caudal a su paso por la ciudad de Málaga, y por extensión, con los ríos urbanos en las actuales ciudades. Uno de los objetivos de la Fundación CIEDES fue encauzar las necesidades y aspiraciones de la ciudad de Málaga. El II Plan Estratégico de Málaga recogió entre sus diez proyectos estrella, la integración urbana del río Guadalmedina a su paso por la ciudad.

los que trabajar en claves muy diferentes a las heredadas. El estudio, tanto del estado de conservación, tratamiento y valoración patrimonial del paisaje urbano y sus elementos patrimoniales identitarios, determina la posibilidad y definición de diversas actuaciones necesarias sobre sus espacios públicos. Así pues, la configuración urbana actual del ámbito de análisis del proyecto define la consideración de los espacios públicos con unos límites muy marcados que, además, no presentan una buena conexión entre ellos. Como consecuencia nos encontramos con lugares cuyos problemas derivados de un desarrollo impersonal se han visto sometidos a décadas de abandono en muchos casos. Uno de estos límites lo constituye el propio cauce del río Guadalmedina, que más que un eje conector supone una barrera espacial y social para la propia ciudad. El flujo peatonal tampoco presenta una coherencia clara y llega a dificultar su correcto funcionamiento hasta desembocar en la configuración de espacios residuales, o sin uso claro, en las márgenes de un río que, a día de hoy, sigue sin resolver su condición urbana.



Figura 01. Ámbito de estudio Guadalmedina Málaga. Autor: Sebastián Fierro.

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se han combinado diferentes fuentes y métodos: en primer lugar, se ha realizado un estudio de campo y un análisis de la documentación obtenida de instituciones públicas, diversas webs municipales de Málaga y visualizadores cartográficos. Se han consultado planimetrías y fotografías aéreas históricas que permiten comparar la situación de cada uno de los barrios limítrofes con el Guadalmedina a su paso por el centro histórico desde su origen hasta la actualidad. En segundo lugar, se incorpora el estudio de caso de los barrios del Perchel y de la Trinidad.

Los diferentes ejercicios que se han ido ejecutando a lo largo del proyecto han implicado diseño de planimetrías con un análisis urbano, arquitectónico, de paisaje y de tipo social, al tiempo que se han realizado actividades y aplicado herramientas para el análisis de los espacios públicos seleccionados. Adicionalmente, se ha realizado un taller de participación ciudadana en el que las diferentes asociaciones vecinales de la zona han aportado su opinión y propuestas, y se han tomado datos a partir de entrevistas realizadas a ciudadanos residentes y usuarios de los barrios, aportando datos de interés acerca de la visión y problemas registrados. Asimismo, se ha realizado una encuesta en línea en la que se han identificado aspectos y problemas referidos a usos y estado de conservación de los espacios públicos existentes en el ámbito urbano de trabajo, además de posibilidades y propuestas a corto, medio y largo plazo en calidad de mejoras urbanas sugeridas.

## 2. HISTORIA, PATRIMONIO Y PAISAJE URBANO

La formación de una conciencia histórica se construye a partir de la memoria y, a través de esta, se podrá alcanzar un correcto entendimiento del lugar. El patrimonio debe ser el foco al que dirigir las miradas que buscan construir ciudad en los espacios públicos. (Brito, 2009). Estas miradas son incuestionablemente personalizadas y adaptadas a lo que el lugar aporta por su historia y valoración. Así pues, el estudio de los espacios transversales del Guadalmedina debe hacerse teniendo en cuenta que su presencia en la ciudad es resultado de su evolución histórica y sus distintas transformaciones, incluidas las más recientes que no siempre asumen la condición de referente patrimonial o de contexto patrimonial, pues a pesar de que el patrimonio es una herramienta amplia, integradora y que se actualiza constantemente al ritmo de la población, en el ámbito de trabajo propuesto son varios los errores cometidos en esta línea de proyecto sobre la que llamamos la atención en una necesaria revisión y estudio del lugar.



Figura 02. Imagen urbana del cauce del Guadalmedina a su paso por el centro histórico. Autora: Lourdes Royo (2022).

Las calles, pasillos y plazas que desembocan transversalmente en el Guadalmedina poseen un gran potencial urbano, cultural y social, resultado tanto de su localización como de su historia, que aún no se ha sabido valorar, y que podría ser el medio principal mediante el cual dar solución a aquellas dificultades sociales que, también derivadas de su historia, han marcado este entorno patrimonial. Se hace evidente la clara necesidad de conocer cada espacio público de manera conjunta y a una escala más detallada, para poder generar un entendimiento de contexto acerca de los lugares en cuestión. Un camino de trabajo en arquitectura, urbanismo y paisaje que se marca necesario en un período de homogeneización del territorio y, significativamente, de las ciudades históricas, donde los paisajes culturales se reconocen como elementos de diferenciación y suma de valores colectivos, ya sea a través de sus escenarios interiores o de sus vistas de conjunto. Ambos tipos de paisaje forman lo que denominamos patrimonio heredado y se refieren en última instancia a la construcción de los símbolos de identidad cultural. (Royo Naranjo, 2017).

### 3. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LA FORMACIÓN DE ESPACIOS PÚBLICOS DEL ENTORNO DEL GUADALMEDINA

Entre los problemas de relaciones peatonales de los barrios al oeste de Málaga, encontramos una pérdida progresiva de condiciones ambientales favorables del espacio público como posible causa de desconexión entre ambos márgenes del río Guadalmedina. La condición del río como espacio extraño a la ciudad ha sido una constante histórica desde el levantamiento de la cerca del arrabal Altabanim a mediados del s. XII. En esta época la construcción de la ciudad hispano-musulmana se establecía sobre las bases de unas complejas infraestructuras hídricas capaces de mantener múltiples jardines, almunias y estructuras como fuentes, pilas-lavaderos y molinos que guardaban unas óptimas condiciones bioclimáticas en la mayor parte de los espacios públicos de la ciudad y adelantan el concepto de ciudad jardín que siglos más tarde se convertiría en el modelo urbano más intensamente ensayado.



Figura 03. Plaza Enrique García Herrera. Autora: Lourdes Royo (2022).



A estos condicionantes bioclimáticos se sumaban una construcción tradicional, basada en muros de carga de tapial, adobe o mampostería encalados de blanco que conseguían reflejar buena parte de la incidencia solar recibida, y pavimentos empedrados o enladrillados que, asentados sobre tierra compactada, permitían transpirar a los suelos de los distintos ámbitos urbanos proyectados. Las normas urbanísticas con que se organizaban estas ciudades también influyeron positivamente en su buen comportamiento climático. Sin embargo, las relaciones urbanas que se fraguaron desde entonces en los espacios públicos aledaños del río, y que se habían mantenido hasta mediados del s. XX, han desaparecido debido a la pérdida de las condiciones ambientales favorables que lo permitían. Se propone un estudio comparativo de estas condiciones ambientales, siguiendo las ya definidas en los análisis de las condiciones ambientales urbanas de Landsberg a principios de los años ochenta (radiación, sombra, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y contaminación) que pudiera servir de base para afrontar futuros proyectos de intervención en los espacios públicos del área de estudio (Landsberg, 1981).

El ámbito analizado ha visto progresivamente deterioradas sus condiciones ambientales y ha quedado hoy como una de las zonas más deficitarias de Málaga en este sentido. Para tratar de recuperar las condiciones ambientales idóneas, podrían proponerse medidas correctoras para ser implementadas en futuras actuaciones de urbanización de los espacios públicos adyacentes al Guadalmedina, entre otras: 1. Recuperar la condición natural del cauce del río, haciéndolo accesible e incorporándolo al sistema de espacios libres de la ciudad en esta área. El cauce del Guadalmedina recuperaría así su cualidad de espacio público y uniría el centro histórico turistificado y sobrecargado con un área poco frecuentada y casi olvidada: el barrio de la Trinidad. 2. Controlar los accesos del tráfico rodado en aquellas calles y espacios públicos que, originados en un entramado urbano medieval, no guardan las condiciones de medida necesarias para asumir el paso de grandes vehículos motorizados y, sin embargo, permitirían el acceso seguro a los peatones y, en especial, a aquellas personas con movilidad reducida. 3. Adecuar los espacios públicos, dedicando el área de suelo necesario para la plantación de arbolado y setos, permitiendo la oxigenación de sus raíces y ajardinando un mayor porcentaje de superficies en proximidad al paso peatonal. Estos pequeños ámbitos insertos en las tramas urbanas aledañas al Guadalmedina permitirían conectar y extender las masas de aire fresco del cauce del río a los ámbitos urbanos interiores de la trama histórica. Se podrían de este modo reducir las temperaturas urbanas de época estival gracias al propio ciclo de evotranspiración que llevan a cabo las plantas.

#### 4. LOS ESPACIOS DE BORDE EDIFICADO

Nuestros espacios públicos han cambiado drásticamente en las últimas décadas, por la desvinculación de los ciudadanos con sus espacios de relación, por la explosión urbana en el territorio y la disolución de lo natural y lo artificial, por los nuevos requerimientos en

infraestructuras y programas y por la omnipresencia del automóvil. Como consecuencia, hemos visto aparecer nuevos tipos de espacios públicos y nuevas situaciones urbanas muy diferentes a los tradicionales. Por otra parte, se podría decir que el espacio público en general tiene dos requisitos o funciones básicas principales, que se pueda pasar y que se pueda permanecer, las actividades necesarias y las actividades opcionales de Jan Gehl, y aunque la segunda suele ser el indicador de la calidad de un espacio, es la primera la que resulta imprescindible en estos nuevos espacios públicos de nuestro tiempo. (Gehl, 2004).

En este discurso, los estudios precedentes sobre la cuestión peatonal suelen atender a características propias de la calle o la plaza histórica, como la continuidad del borde edificado de uso residencial o comercial, para desde ahí analizar el propio espacio público y su capacidad de acoger actividad. El estudio y análisis del borde edificado, ese perímetro que define sus calles y plazas, ese límite más o menos poroso entre lo público y lo privado, entre lo vacío y lo construido, se convierte en pieza clave a la hora de establecer las cualidades de un espacio público y su capacidad para generar actividad en su entorno directo. Es en el borde, o en su entorno más próximo, donde habitualmente se busca el lugar de parada, donde se percibe la actividad de otros ciudadanos, se interactúa con ellos y se establecen las relaciones personales.



Figura 04. Cauce del Guadalmedina a su paso por el centro histórico. Autora: Lourdes Royo (2022).

Es en el borde, o en su entorno más próximo, donde habitualmente se busca el lugar de parada, donde se percibe la actividad de otros ciudadanos, se interactúa con ellos y se establecen las relaciones personales. Se hace necesario, por tanto, buscar nuevos parámetros e indicadores para analizar el espacio público y su capacidad de generar actividad, y nuevas estrategias de proyecto que orienten al peatón y lo guíen a través de estos espacios.

## 5. TURISMO Y HABITABILIDAD EN LOS ESPACIOS PÚBLICOS

El estudio de la realidad turística de los espacios vinculados al centro histórico de Málaga ha sido otro de los factores determinantes del estudio que presentamos. La realidad turística de Málaga es compleja, cada vez más, y su articulación en las estructuras preexistentes (formales o urbanísticas y funcionales de base social y económica) no está exenta de problemas y conflictos de diversa naturaleza. La ciudad vive un enorme desarrollo de dicho sector y se puede considerar un ejemplo paradigmático en esta evolución generalizada en la mayor parte de las ciudades intermedias europeas, con especial atención a los procesos de turistificación y sectorización de su centro histórico.



Figura 05. Espacio público colapsado por el turismo y la hostelería del centro histórico de Málaga. Autora: Lourdes Royo (2022).



Desde aquí se ha avanzado en el proyecto para comprender el valor y las posibles estrategias de reactivación de la ciudad histórica y los barrios de la Trinidad y el Perchel a partir del estudio y propuesta de trazado de posibles itinerarios culturales alternativos para una convivencia entre turismo y patrimonio (Calle Vaquero, 2019), señalando los puntos de mejora como propuesta de futura e hipotética intervención.

## 6. LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA COMO PIEZA CLAVE

Por último, hemos focalizado gran parte del trabajo en visibilizar la importancia de la participación ciudadana como fundamento de las relaciones entre el marco institucional administrativo, el ámbito de los profesionales de lo urbano y la dimensión social. Desde un primer plano teórico y utilizando seguidamente herramientas de trabajo aplicadas al ámbito de estudio, se han identificado estrategias de participación ciudadana capaces de cobrar un grado mayor en los procesos de regeneración como el que nos ocupa. No obstante, se debe trabajar en la definición de modelos metodológicos y herramientas que ayuden a la ciudadanía a adquirir mayor control sobre las bondades del espacio público, a reconocer los problemas, a demandar soluciones y a promover un uso cívico y ambientalmente responsable del espacio común. Siguiendo este esquema, para el proyecto se ha realizado un estudio de campo y se han incorporado las experiencias y resultados obtenidos, tanto en el barrio del Perchel como en la Trinidad, en una atención cuidadosa al barrio como unidad de actuación<sup>3</sup>. Los objetivos propuestos se han cumplido con la aproximación al papel que toma la ciudadanía en las intervenciones, identificando los niveles de participación que se pueden dar en los procesos de regeneración urbana inclusiva y sostenible.

## 7. REFLEXIONES A MODO DE CIERRE PARA UN PROYECTO INACABADO

Teniendo como objetivo la mejora en la habitabilidad y bienestar de la ciudadanía, nuestro proyecto plantea un ejercicio basado en dos pilares: la naturaleza cultural de un espacio de la ciudad de Málaga muy castigado históricamente y el fomento de actividades culturales sostenibles y participativas sobre los elementos del patrimonio urbano existentes. De manera concreta, la imagen del Guadalmedina posee dos momentos clave: uno de ellos se corresponde con la Málaga de principios del siglo XX, en el que su retrato de ciudad burguesa no se identifica con este cauce urbano que le sirve de límite y frontera con los arrabales occidentales. El otro tiene que ver con la necesidad imperiosa y creciente de modernizar y adaptar el río al lenguaje de la nueva Málaga que se abre al siglo XXI con un carácter cosmopolita y de orientación cultural. Un reconocimiento que defiende la importancia de su conservación y de su activación urbana, que sin embargo y como radicalización del fenómeno turístico, se ha vinculado al proceso de turistificación que sufre el centro histórico, encumbrado como el signo socio-espacial que traduce el significado de los procesos de cambio económico y cultural de las sociedades urbanas contemporáneas. En estos casos se plantea buscar nuevas estrategias de estudio, análisis y evaluación,

<sup>3</sup> Se realizó un taller de participación ciudadana el 10 de marzo de 2022 en la Sede Tecnológica de la UNIA en Málaga, al que asistieron los presidentes y representantes de las asociaciones de vecinos del barrio del Perchel, del barrio de la Trinidad y vecinos de ambos barrios, exponiéndose tres dinámicas de trabajo y un debate fluido en torno a los problemas más representativos de ambos barrios, teniendo al Guadalmedina como eje central desde el que diseñar diagnósticos y sugerencias de mejora. De la misma forma se realizó una amplia encuesta cuyos resultados forman parte del diagnóstico sobre la metodología de intervención en los espacios transversales del paso del Guadalmedina por Málaga, objeto del Proyecto de Investigación.

establecer qué elementos y estrategias son válidos para guiar al peatón y crear ciudad, buscar nuevas referencias. El espacio público en el entorno del río Guadalmedina en Málaga es un caso paradigmático de esto, un espacio que históricamente ha sido trasera de la ciudad y hoy día se ha convertido en frontera entre dos barrios aislados entre sí y de condiciones muy diferentes.



Figura 06. Trabajos de recuperación cauce Guadalmedina. Autora: Lourdes Royo (2023).

Los trabajos de limpieza y regeneración del río que se acometen por la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de Málaga desde inicios de 2022 parecen apuntar a un punto de inflexión en el proceso de abandono y a encarar con un cierto optimismo el tratamiento urbanístico y paisajístico del Guadalmedina en Málaga; pero su carácter fragmentario, solo afecta a un sector urbano del río, y la ausencia de un trabajo global que analice en profundidad tanto el paisaje malagueño (algo necesario dada la entidad y trascendencia de las obras del río en la imagen y carácter de la ciudad), como, en particular, a sus espacios públicos transversales no perfilan una actuación global, estructural y coherente.

Habrá que confiar en las intenciones y actuaciones públicas en el futuro inmediato, pero el Guadalmedina, hoy por hoy, sigue siendo un personaje en busca de autor en la cosmopolita Málaga del siglo XXI.

## 8. REFERENCIAS

Brito, M. (2009). *Ciudades históricas como destinos patrimoniales*. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Junta de Andalucía.

Calle Vaquero, M. (2019). Turistificación de centros urbanos: clarificando el debate. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 83, 1-40. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2829>

Gehl, J. (2004). *La humanización del espacio urbano*. La vida social entre los edificios. Editorial Reverte.

Landsberg, G. H. (1981). *The urban climate. International Geophysics Series, Vol. 28*. Academic Press.

Royo Naranjo, L. (2017). Turismo, Patrimonio y Centros Históricos. Estrategias de marketing cultural en la ciudad de Málaga. *Arte y Ciudad – Revista de Investigación*, 12, 211-224. <http://dx.doi.org/10.22530/ayc.2017.N12.453>

## NATURAL SINK. Mejora de la habitabilidad de espacios abiertos en mediante técnicas naturales

### US.20-15\_Universidad de Sevilla\_ Recovery open spaces in Andalusia by the integration of natural sinks by innovative nature-based solutions

**Investigador principal:** Servando Álvarez Domínguez.

**Equipo del proyecto:** José Sánchez Ramos, María del Carmen Guerrero Delgado, Teresa Rocío Palomo Amores, José Luis Molina Félix.

**Autores del capítulo:** José Sánchez Ramos<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Carmen Guerrero Delgado<sup>1</sup>, Teresa Rocío Palomo Amores<sup>1</sup>, Servando Álvarez Domínguez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Grupo Termotecnia, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

### Resumen

Tradicionalmente, el uso de los espacios abiertos como “zonas habitables” ha sido uno de los rasgos culturales de las ciudades con climas cálidas, por ejemplo, todas las del área mediterránea como Andalucía. Andalucía tiene, en común, un rico contenido cultural a través del cual la gente ha combatido durante siglos los largos y en ocasiones duros veranos. Sin embargo, es un dato objetivo que el espacio urbano se ha convertido en un territorio hostil para los ciudadanos debido a: patrones de urbanización insostenibles y no resilientes; el aumento exponencial del uso del transporte privado y la predominancia dada al automóvil frente al individuo en el espacio urbano; el efecto isla de calor motivado en gran medida por la generación antropogénica causada por los vehículos; y el calentamiento global que, entre otros muchos efectos, empeora la intensidad de la isla de calor urbana. Como consecuencia, el uso del espacio público se ha ido reduciendo de manera paulatina y en la actualidad existen numerosas situaciones en las que ha quedado reducido a una mera conexión entre edificios o para dirigir el movimiento de los habitantes desde el edificio a los vehículos que se encuentran en las zonas de aparcamiento. El proyecto se fundamenta en la búsqueda de soluciones innovadoras de diseño urbano, puesto que las soluciones convencionales no son suficientes para mitigar la situación actual y es necesario intensificar el tratamiento. Estas soluciones configuran refugios climáticos en los que conseguir condiciones de confort térmico incluso en los momentos más opresivos del verano. El proyecto ha desarrollado un catálogo de elementos y soluciones que han sido caracterizadas térmicamente, y que combinados permiten materializar refugios climáticos en la ciudad. Las soluciones integrales resultantes de la metodología definida, a partir de la base de conocimiento obtenido,

permite tratamientos intensivos de espacios concretos de manera efectiva y rentable. En conclusión, la solución integral garantiza el acondicionamiento natural de la estancia, la recuperación de aguas pluviales y el control inteligente. El conjunto de actuaciones y elementos son unos dinamizadores sociales.

## Palabras clave

Control climático; Confort climático en exteriores; Espacios abiertos; Refugios Climáticos; Soluciones basadas en la naturaleza.

## Línea temática

6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Tradicionalmente, el uso de los espacios abiertos como “zonas habitables” ha sido uno de los rasgos culturales de las ciudades con climas cálidos. España tiene, en común, un rico contenido cultural a través del cual la gente ha combatido durante siglos los largos y en ocasiones duros veranos. Sería interesante analizar si la mejora del clima urbano favoreció y facilitó la convivencia en los espacios abiertos y comunes de nuestros pueblos y ciudades y si esto fue un factor significativo en el desarrollo del carácter social de los habitantes, tan dado al contacto y la hospitalidad. Los patrones de urbanización insostenibles y no resilientes han provocado la fragmentación (Littlefair et al., 2000), el agotamiento y la destrucción de hábitats, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas y sus servicios y los espacios urbanos se han convertido en territorio hostil para los ciudadanos (Santamouris et al., 2004).

Hoy en día, el 54% de la población mundial vive en áreas urbanas, proporción que se espera aumente al 66% para el 2050. El grado de urbanización en América Latina y el Caribe (ALC) en términos de su población es del 81% lo que sitúa a la región entre las más altas del mundo, seguida de cerca por Europa con un 74% (ONU, 2018). La aglomeración de personas, activos y actividad económica hace que las ciudades sean particularmente vulnerables y, por tanto, áreas prioritarias para la evaluación del impacto del cambio climático. Se requiere un enfoque eficaz para la implementación de una solución integral que impacte en la salud y bienestar de las personas.

El proyecto se fundamenta en la búsqueda de soluciones innovadoras de diseño urbano, puesto que las soluciones convencionales no son suficiente para mitigar la situación actual y es necesario intensificar el tratamiento. Estas soluciones mejorarán confort ambiental, promoverán el intercambio social, favorecerán el paseo peatonal y disuadirán del uso del automóvil, el cual se presenta como un objetivo insoslayable para el futuro de la ciudad.

Existe un auge en la literatura existente sobre la caracterización del efecto de isla de calor (Romero Rodríguez et al., 2020), pero sin propuestas de medidas correctoras (Leconte et al., 2015; McLeod et al., 2012; Karimi et al., 2020). Sí existen experiencias vía simulación (Deng y Wong, 2020; Efthymiou et al., 2016), o actuaciones particulares (Ferrari et al., 2020; Karlessi et al., 2009). Pero no se dan directrices para la replicabilidad de estas ni se genera la base de conocimiento para que estos resultados se transfieran a la ciudadanía. En definitiva, se puede afirmar que en la situación actual nos encontramos con la inexistencia de modelos interconsistentes y de aplicación sucesiva o simultánea que traten las diferentes decisiones de diseño, dimensionado y control de actuaciones urbanas.

El trabajo de control climático [14] de los espacios abiertos planteado es simplemente permitir a los ciudadanos que puedan permanecer en ellos y realizar las actividades previstas/nuevas de manera suficientemente confortable. De ahí que se busque generar un paquete de sistemas que funcionan como soportes abiertos a múltiples actividades elegidas por los usuarios. Se asegurará el confort del espacio público (Givoni, 1998; Pigliautile et al., 2020), atracción y ergonomía en el espacio público; e intervenciones (Aflaki et al., 2017) para eliminar el calor antropogénico, inclusión de sumideros de calor medioambientales basados en el agua y la vegetación; y por último el tratamiento de espacios concretos con mayor intensidad en función del uso deseado para esa estancia. Estas intervenciones reducirán el efecto de la isla de calor (Fahed et al., 2020; Oliveira et al., 2011) y permitirán crear estancias acondicionadas de manera natural que permitan la recuperación de la vida en la calle.

La adaptación al cambio climático requiere una actualización en la que se ofrezcan nuevas herramientas al urbanismo que van más allá del establecimiento de elementos no residenciales y áreas verdes. Las soluciones tradicionales son insuficientes para responder a las condiciones y requerimientos actuales por lo que deben complementarse con tecnologías innovadoras.

A nivel de soluciones y técnicas la literatura muestra multitud de soluciones estudiadas a nivel de investigación o como soluciones innovadoras. Sin embargo, se requiere el estudio técnico y económico para alcanzar un nivel mínimo de anteproyecto básico. En esta línea, el estudio detallado de las mismas a nivel de modelización permitirá caracterizar su comportamiento para poder replicarlas en otros entornos. En ningún caso las tecnologías revisadas alcanzan este nivel de desarrollo. 28 años después de la EXPO 92 (Velazquez et al., 1992), muchas de las soluciones aplicadas en aquella época no han tenido un

desarrollo mayor que permitan una operación inteligente o la integración en espacios abiertos. En gran medida por el desconocimiento de estas por parte de la ciudadanía y de los técnicos, para su demanda y proyección. El proyecto ha contribuido a eliminar barreras que han hecho que muchas soluciones no hayan sido replicadas, y otros conceptos no hayan sido aplicados. Todo ello mediante la máxima de integrar materiales reciclados y la propia naturaleza en entornos urbanos.

El objetivo principal es acelerar la adaptación al cambio climático urbano con ciudades más saludables, habitables y resilientes al fomentar la construcción de espacios innovadores acondicionados de manera natural. El proyecto desarrollará todo lo necesario para que este movimiento pueda iniciarse por parte de cualquier agente interesado. Estos desarrollos del proyecto están vinculados al proceso de replanificación urbana sobre prótesis basadas en la naturaleza e integrados en soluciones innovadoras. Estos espacios se diseñarán con un proceso de cocreación rentable, convirtiéndose en dinamizadores sociales para la recuperación del entorno.

**Nivel 1.** Eliminar el calor antropogénico suprimiendo/limitando/reencauzando el tráfico rodado, introduciendo movilidad eléctrica e impidiendo la cesión al aire del recinto del calor de condensación de los sistemas de aire acondicionado.

**Nivel 2.** Incluir en el espacio urbano sumideros de calor medioambientales de calor constituidos por el agua, vegetación y pavimentación adaptada (*cool pavements*) en porcentajes muy superiores a los del diseño urbano convencional y que mitigan el calentamiento general del mismo.

**Nivel 3.** Tratamiento de espacios concretos dentro del espacio público (nuevas zonas de estancia o incluso zonas público-privadas). La intensidad del tratamiento de cada uno de ellos dependería del tiempo de ocupación previsto por los habitantes y el uso concreto que se va a hacer del mismo.

Se parte del principio de que los tres niveles mencionados en el apartado anterior se deberían acometer de manera simultánea. La suma de los tres formaría parte de un proceso integrado y ecológicamente coherente de planificación urbana y construcción de ciudades. No obstante, este trabajo se centra en el tercer nivel de intervención. El motivo es que los otros dos niveles de intervención requieren que la misma se lleve a cabo a una gran escala espacial y en algunos casos temporal para ser realmente eficaces. Esta escala espacial podemos estimarla entre los 100x100m y los 400x400m, mientras que la escala temporal puede ser superior a los 5 años.

Evidentemente, es fundamental la reconversión de la mayor parte del espacio urbano, hoy destinado a la movilidad, para dedicarlo a la multiplicación de usos y derechos ciudadanos, convirtiendo las calles en lugares para la convivencia.

No obstante, el nivel 3, puede causar un efecto significativo en espacios de tamaño más reducido (su dimensión característica típica es del orden de 1000m<sup>2</sup>) y se mueve en escalas temporales que pueden ser inferiores a dos años. Estos espacios se identifican frecuentemente cuando se llevan a cabo actuaciones convencionales de restauración y rehabilitación.

## 2. METODOLOGÍA

El acondicionamiento de espacios exteriores difiere de las reglas que se siguen en el acondicionamiento de espacios interiores. A la hora de establecer una composición entre ambas desde el punto de vista del confort térmico, aparecen diferencias significativas: el número de variables implicadas, la influencia relativa de cada variable, el grado de manejo permisible de cada variable, los niveles de confort requeridos, etc. Por lo tanto, es necesario contar con una herramienta de cálculo que, cuantificando estas inclusiones relativas, permita el diseño eficiente de las diferentes acciones dirigidas al acondicionamiento climático de los espacios exteriores. Sin embargo, la exigencia para conseguir condiciones de confort térmico adecuadas en espacios abiertos durante los veranos calurosos de regiones como Sevilla, requiere nuevos desarrollos sobre control climático. Estos desarrollos han sido y son objeto de trabajo del grupo de investigación. Y el proyecto ha contribuido con los siguientes:

- Nuevos conceptos de espacios abiertos: diseño de estancias innovadoras en función de su uso futuro (lugares de recreo, de encuentro, de comercio, etc.) y de las condiciones climáticas que estarán acondicionadas de manera natural. Esta matriz de soluciones se traduce en un catálogo de soluciones junto con las relaciones y necesidades como base del proceso de cocreación objetivado. De tal forma que aparece el rediseño de las zonas de paso y estancia del entorno urbano cuando se vayan a acometer en el mismo actuaciones de rehabilitación o restauración:

- a) Manteniendo o ampliando su funcionalidad original
- b) De forma que se amplíen sustancialmente los periodos de uso mediante un tratamiento microclimático.
- c) Utilizando para ello *nature-based solutions*

La ventaja de la aproximación propuesta es su carácter poco intrusivo en el planeamiento urbano y su inmediatez de aplicación sin requerir replanteos dramáticos de la ordenación urbana. Se integra en el planeamiento urbano existente. Son de coste reducido.



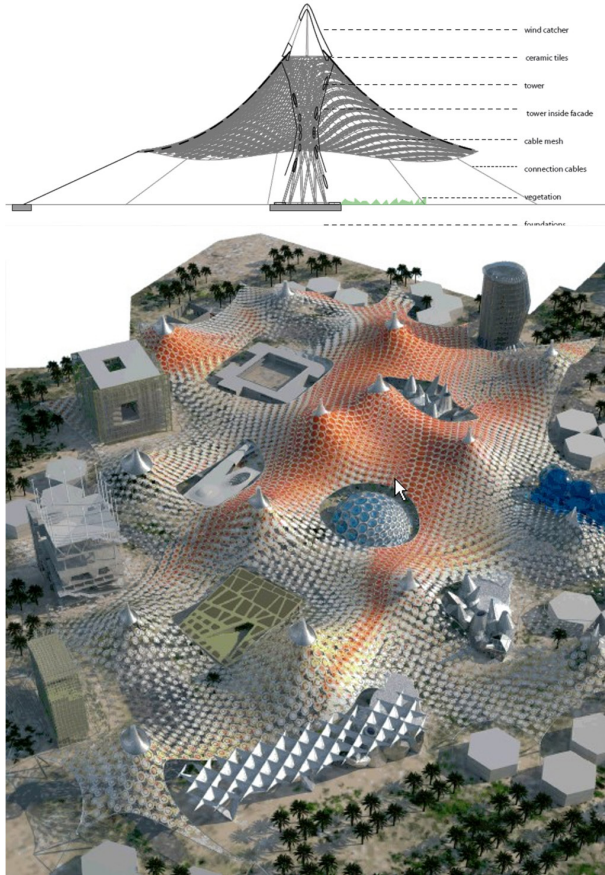


Figura 01. Soluciones tipo.

- Nuevos enfoques y métodos de planificación para la planificación urbana y el proceso de construcción de ciudades, basados en metodologías e indicadores sociales y ambientales que trabajan juntos desde la perspectiva europea a partir de una herramienta de acceso gratuito. La propuesta urbanística resultante garantiza:

a) El confort del espacio público a través del control del ruido, de la calidad del aire y del confort térmico.

b) La atracción del espacio público a partir de la implantación de los servicios básicos para residentes; la diversidad de las personas jurídicas y la presencia de verde urbano.

c) La ergonomía en el espacio público, destinando la mayor parte del espacio para usos distintos a la movilidad de paso; asegurando la accesibilidad de “todos”.

- Mecanismos de innovación social, educación, concienciación y aceptación general para la restauración ecológica urbana. Estos mecanismos favorecerán la cocreación y participación ciudadana para la interacción de técnicos y ciudadanos. La adaptación al cambio climático requiere la participación de los ciudadanos para que se ofrezca al urbanismo nuevas herramientas que vayan más allá del establecimiento de elementos no residenciales y áreas verdes.
- Maximización la diseminación de los desarrollos del proyecto en vías de alcance a la ciudadanía para que todo tipo de entidades públicas y privadas puedan poner en marcha. De tal forma que se puedan involucrar a ciudades y ciudadanos para llevar a la práctica las soluciones diseñadas, y aumentar el nivel de compromiso y participación en la gestión sostenible de los recursos.

De esta manera, el modelo de confort se puede utilizar como un error de diseño para las estrategias de control climático para espacios abiertos. El modelo de confort se puede utilizar en las diferentes etapas del proceso de diseño de espacios abiertos para la evaluación de una acción específica, el estudio comparativo de diferentes componentes, el diseño de espacios exteriores y la evaluación del comportamiento de espacios abiertos. Los resultados de este trabajo sondan el impacto beneficioso de la resiliencia térmica. Permite ampliar considerablemente el rango de confort térmico neutro.

Así que en términos generales, se pueden arbitrar tantas medidas potencialmente aplicables como resultado de combinar las técnicas específicas en número e intensidad. El número de variables sobre las que se puede actuar y la intensidad de la acción depende en cada caso particular de los factores en los que se destaquen:

- Las características del espacio a tratar (geometría, dimensiones, orientación, grado de confinamiento, etc.)
- Actividad y tiempo previsto de estancia.
- Eficacia y coste de las medidas que deben utilizarse.
- Posibilidad de integrar estas acciones en el área a tratar sin distorsionar su contenido estético.

Los pilares de los que se sustenta la metodología son: Incrementar la conectividad entre ecosistemas existentes, modificados y nuevos. Restaurar, reconvertir y rehabilitar el espacio urbano como ecosistema enfocado en el ciudadano a través de soluciones basadas en la naturaleza, multiplicando usos y derechos ciudadanos, convirtiendo las calles en lugares de convivencia y permitiendo potenciar la resiliencia y capacidad de adaptación de los ecosistemas para abordar la adaptación urbana a los cambios climáticos y hacer que las ciudades sean más habitables, más saludables y resistentes. La adaptación al cambio climático de los espacios urbanos será la semilla para la conversión de toda la superficie de la ciudad pública y privada en un nuevo modelo de ciudad a través del conocimiento cultural e indígena, la innovación social, la educación y la cocreación.

### 3. APLICACIÓN

La zona analizada en el presente estudio corresponde a una plaza situada de Sevilla con una altitud de 13m, contando con 612 m<sup>2</sup> de superficie, cubierta en su mayor parte por pavimento (Figura 02).



Figura 02. Localización.

El clima de Sevilla se caracteriza por ser un clima cálido con características severas en los meses de verano debido a su localización geográfica, latitud y entorno, siendo la capital de provincia más cálida de la península ibérica. Dentro de la clasificación climática de Köppen-Geiger, Sevilla se clasifica como Csa, con veranos secos y calurosos. Con el objetivo de conocer la temperatura media diaria del año 2021 de la ciudad de Sevilla se toman los valores de la estación climática rural situada a las afueras de Sevilla “La Rinconada”. Las altas temperaturas alcanzadas en los meses de julio y agosto en la ciudad de Sevilla provocan que el uso de los espacios exteriores en esta época sea muy bajo o nulo.

La intervención en dicha plaza tiene como objetivo crear un espacio dentro de la ciudad que potencie la relación de los habitantes con la naturaleza, además de conseguir una cobertura natural, duradera en el tiempo y con claros beneficios en el ambiente, mejorando finalmente la habitabilidad de la zona. Para ello, se estudia el sombreado del espacio a través de una cobertura verde generada en su totalidad por vegetación, aumentando el número de árboles en la plaza en un 300%, añadiendo 5 especies nuevas con el objetivo de crear un “techo verde”.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los árboles son plantados en su época temprana de crecimiento, lo que provoca que en los primeros años tras la actuación no se cuente con la sombra necesaria que consiga mejorar el confort exterior de la zona. El crecimiento de los árboles es relativo a las condiciones térmicas del ambiente, sin embargo, es posible distinguir entre árboles de crecimiento rápido y árboles de crecimiento lento. Las especies de árboles empleadas en el estudio son en su totalidad de crecimiento rápido, por lo que se podrá estimar en promedio de años hasta alcanzar el porte adulto, 25-35 años. En el presente estudio, los árboles serán plantados en la plaza con una media de edad de 5 años, por lo que el tiempo estimado medio para alcanzar el porte adulto desde su plantación en la plaza es de 30 años.

Por ello, en tanto el arbolado alcanza el porte necesario para dotar de sombra el espacio, se propone crear un “techo verde artificial”, definido como una *green-structure* como unión de la vegetación existente, la nueva de pequeño porte y una cobertura artificial adaptativa. La cobertura artificial debe ser adaptable al crecimiento del árbol y a las estaciones del año de forma que procure sombra en verano y deje entrar el sol en invierno. El objetivo es que siempre prevalezca la naturaleza y el prototipo resuelva un momento puntual de su crecimiento. Por tanto, acorde al crecimiento del arbolado, la intervención puede dividirse en el tiempo en 4 escenarios (ver Figura 03):

1. Escenario actual: El número de árboles plantados es reducido, sin ningún elemento de sombra adicional. Casi la totalidad del espacio se encuentra al sol.
2. *scenario green-structure*: La plaza se encuentra con la totalidad de árboles nuevos plantados, pero con portes pequeño. Toda la sombra es creada por la cobertura artificial.
3. Escenario medio: Los árboles han crecido hasta unas dimensiones medias, lo que permite que la cobertura sea remplazada parcialmente.
4. Escenario final: Los árboles han alcanzado la madurez y su porte es capaz de sombrear la plaza al completo. En este escenario ya no es necesario el papel de la *green-structure*.

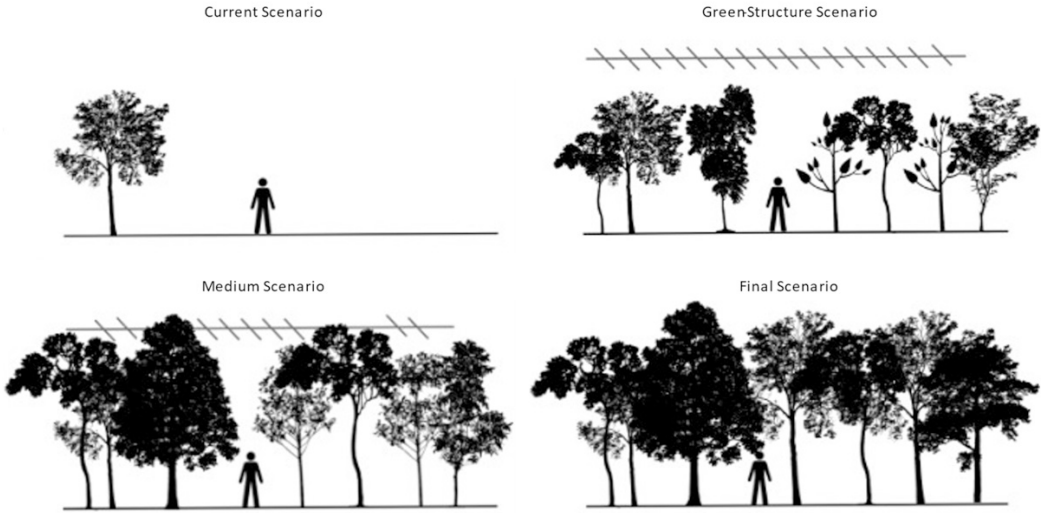


Figura 03. Escenarios propuestos.

En los tres últimos escenarios la vegetación se mantiene, pero sus dimensiones cambian a medida que pasa el tiempo.

Lo siguiente es el tratamiento superficial para conseguir superficies frías. Para ello se diseña un concepto innovador de captación de agua durante invierno (ver figura 04), almacenamiento y uso en verano con pavimentos fríos (ver figura 05). Aquí una imagen en planta de la solución. Es innovador el sistema de almacenamiento y uso del agua.

### Área recogida directa de agua de lluvia: 314 m<sup>2</sup>

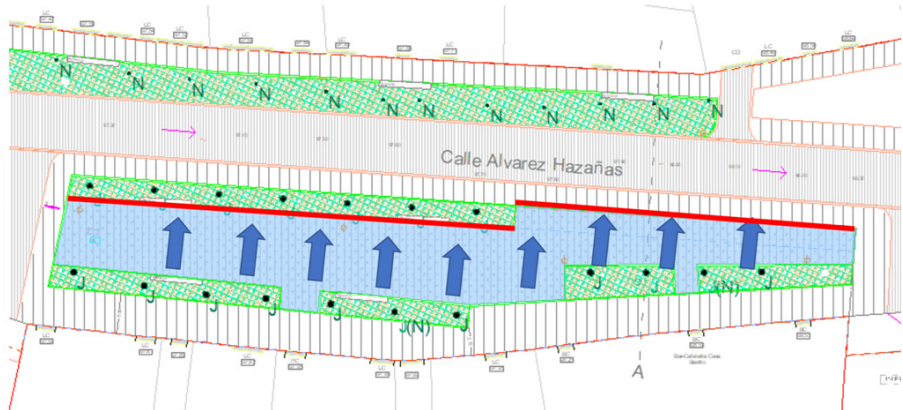


Figura 04. Captación de agua mediante pavimentos permeables.

### Impulsión de agua

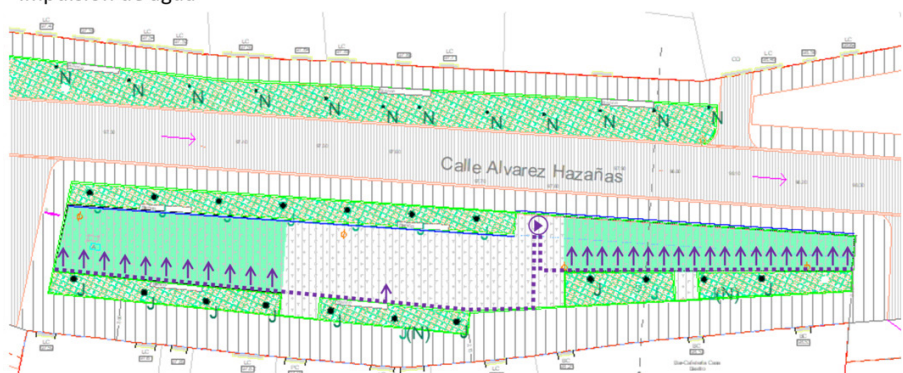


Figura 05. Uso del agua mediante nuevos pavimentos fríos de hormigón.



Hay que destacar que los pavimentos refrescantes están diseñados para que durante la noche permita enfriar el volumen de agua almacenada. De tal forma que cada mañana ese volumen arranque en las mismas condiciones térmicas que el día anterior.

## 4. CONCLUSIONES

El grupo de investigación persigue desde el año 1979 el desarrollo de tecnologías, herramientas e indicadores que permitan el desarrollo de medidas relacionadas con la utilización socialmente eficaz del espacio público:

- Para rediseño de las zonas de paso y estancia del entorno urbano cuando se vayan a acometer en las mismas actuaciones de rehabilitación o restauración.
- De forma que se amplíen sustancialmente los periodos de uso mediante un tratamiento microclimático.
- Utilizando para ello soluciones basadas en la fuentes y sumideros medioambientales de calor.

El proyecto genera el conocimiento, tal y como se ha puesto de manifiesto en la aplicación descrita. Y además supone un avacén en la lucha para mitigar y hasta eliminar la falta de habitabilidad de las ciudades. Ya que no hay que olvidar que:

- Es fundamental la reconversión del espacio urbano, hoy destinado a la movilidad, para dedicarlo a la multiplicación de usos y derechos ciudadanos, convirtiendo las calles en lugares para la convivencia.
- El eje motor de la línea de investigación de este grupo es contribuir decisivamente a convertir la aspiración anterior en una realidad. Su propuesta es el desarrollo de intervenciones poco intrusivas en el planeamiento urbano orientadas a asegurar:
- El confort del espacio público a través del control del ruido, de la calidad del aire y del confort térmico.
- La atracción del espacio público a partir de la implantación de los servicios básicos para residentes; la diversidad de las personas jurídicas y la presencia de verde urbano.
- En los momentos actuales, la idea adquiere aún mayor fuerza por cuanto las actividades en espacios exteriores adquieren un protagonismo inusitado frente a las realizadas en espacios cerrados.

## 5. REFERENCIAS

- Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z. H. y Akbari, H. (2017). Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. *Cities*, 62, 131–145. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.003>
- Deng, J.-Y. y Wong, N. H. (2020). Impact of urban canyon geometries on outdoor thermal comfort in central business districts. *Sustainable Cities and Society*, 53, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101966>
- Efthymiou, C., Santamouris, M., Kolokotsa, D. y Koras, A. (2016). Development and testing of photovoltaic pavement for heat island mitigation. *Solar Energy*, 130, 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.054>
- Fahed, J., Kinab, E., Ginestet, S. y Adolphe, L. (2020). Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon. *Sustainable Cities and Society*, 61, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102375>
- Ferrari, A., Kubilay, A., Derome, D. y Carmeliet, J. (2020). The use of permeable and reflective pavements as a potential strategy for urban heat island mitigation. *Urban Climate*, 31, 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100534>
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons.
- Karimi, A., Sanaieian, H., Farhadi, H. y Norouziyan-Maleki, S. (2020). Evaluation of the thermal indices and thermal comfort improvement by different vegetation species and materials in a medium-sized urban park. *Energy Reports*, 6, 1670–1684. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.06.015>
- Karlessi, T., Santamouris, M., Apostolakis, K., Synnefa, A. y Livada, I. (2009). Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures. *Solar Energy*, 83(4), 538–551. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.10.005>
- Leconte, F., Bouyer, J., Claverie, R. y Pétrissans, M. (2015). Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. *Building and Environment*, 83, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.005>
- Littlefair, P. J., Santamouris, M., Álvarez, S., Dupagne, A., Hall, D., Teller, J., Coronel, J. F. y Papanikolaou, N. (2000). *Environmental Site Layout Planning: Solar Access, Microclimate and Passive Cooling in Urban Areas*. IHS BRE Press.



- McLeod, R. S., Hopfe, C. J. y Rezgui, Y. (2012). A proposed method for generating high resolution current and future climate data for Passivhaus design. *Cool Roofs, Cool Pavements, Cool Cities, and Cool World*, 55, 481–493. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.045>
- Oliveira, S., Andrade, H. y Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186–2194. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.034>
- Pigliatile, I., Pisello, A. L. y Bou-Zeid, E. (2020). Humans in the city: Representing outdoor thermal comfort in urban canopy models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110103>
- Romero Rodríguez, L., Sánchez Ramos, J., Sánchez de la Flor, F. J. y Álvarez Domínguez, S. (2020). Analyzing the urban heat Island: Comprehensive methodology for data gathering and optimal design of mobile transects. *Sustainable Cities and Society*, 55, 1-18. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2020.102027>
- Santamouris, M., Adnot, J., Álvarez Domínguez, S., Klitsikas, N., Orphelin, M., Lopes, C. y Sánchez de la Flor, F. J. (2004). *Cooling the cities – Raïfraichir les villes*. Ecole des Mines de Paris. Les Presses.
- Velazquez, R., Alvarez, S. y Guerra, J. (1992). *Climatic control of outdoor spaces in EXPO 92*. Universidad de Sevilla.

# ANdando a Destinos Atractivos (ANDA): Factores de ruta y entorno urbano para incentivar la caminabilidad en ciudades andaluzas

## UGR.20-13. Universidad de Granada. ANdando a Destinos Atractivos (ANDA): Factores de ruta y entorno urbano para incentivar la caminabilidad en ciudades andaluzas

**Investigador principal:** F. Sergio Campos Sánchez.

**Equipo del proyecto:** Profesores: F. Sergio Campos Sánchez (IP proyecto), Luis Miguel Valenzuela Montes, Rafael Reinoso Bellido, Celia Martínez Hidalgo, David Cabrera Manzano, F. Javier Abarca Álvarez, Emilio Molero Melgarejo.

**Investigadores colaboradores:** Jorge López González, Manuel Pérez Docampo, Rubén Mora Esteban / Arquitectos colaboradores: Marta Requena Machado.

**Autores del capítulo:** F. Sergio Campos Sánchez<sup>1</sup>, Luis Miguel Valenzuela Montes<sup>1</sup>, Rafael Reinoso Bellido<sup>1</sup>, Celia Martínez Hidalgo<sup>1</sup>, David Cabrera Manzano<sup>1</sup>, F. Javier Abarca Álvarez<sup>1</sup>, Emilio Molero Melgarejo<sup>1</sup>, Jorge López González<sup>1</sup>, Manuel Pérez Docampo<sup>1</sup>, Rubén Mora Esteban<sup>1</sup>, Marta Requena Machado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Granada, España.

<sup>2</sup>Ministerio de Hacienda y Función Pública.

## Resumen

Actualmente, las ciudades capitales y sus áreas metropolitanas son, junto con las áreas litorales, los espacios urbanos que más crecen a nivel poblacional. Asumen por tanto la responsabilidad de satisfacer importantes demandas humanas y ecológicas como p.e.: salud, habitabilidad, aire limpio y cohesión social. En ello la movilidad urbana juega un importante papel, pues está directamente relacionada con las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, los hábitos de vida saludables y la calidad de vida. Una movilidad cada vez más “simplificada” por las nuevas tecnologías (GPS, RRSS) que exacerba la congestión (personas, información, actividad) de determinados lugares centrales o icónicos a la vez que reduce dramáticamente la posibilidad de reconocer la belleza y complejidad de relaciones urbanas más complejas. En este contexto, el estudio ANDA reivindica la capa peatonal (puesto que las ciudades se conforman de múltiples capas distintas, superpuestas y conectadas entre sí); aquella que, por su baja velocidad, permite construir relaciones sociales, generar economías de proximidad, y desarrollar modos de habitar más sostenibles y saludables.

**Objetivo:** Aumentar el conocimiento sobre el comportamiento de los ciudadanos en sus desplazamientos a destinos rutinarios (colegios, parques, transporte), explicando sus frecuencias, preferencias, modos e itinerarios de desplazamiento, y comprender el impacto que el entorno urbano tiene en ello, lo que puede mejorar el medioambiente y la calidad de vida en general.

El estudio se centra en Granada y Málaga; ciudades geográficamente distintas y con una alta motorización en sus desplazamientos diarios, pero que por su fisonomía, historia y atractivo, presentan a la vez un gran potencial para desplegar una movilidad más activa.

Metodológicamente, se realiza una encuesta dirigida a conocer el comportamiento de la población; y se caracteriza el entorno urbano de las rutas hogar-destino rutinario de los participantes mediante análisis espacial-configuracional. Posteriormente se analizan asociaciones entre comportamiento y entorno urbano por subgrupos de población, para conocer qué características del último y en qué medida determinan el primero. Adicionalmente se examinan las rutas más cortas posibles y se comparan con las rutas reales, revelando diferencias e informando sobre el porqué de las últimas frente a las primeras, a priori más elegibles. Finalmente, se redacta una guía orientativa de buenas prácticas.

Los resultados muestran que algunas características de las rutas y su entorno urbano influyen significativamente en la elección del modo de desplazamiento. Asimismo, cuando éste se realiza andando, algunas de ellas alientan o disuaden al peatón en la duración de sus viajes. Más aún, se observan ciertos atributos urbanos que determinan la elección de una ruta “personalizada” frente a la más corta posible. El estudio produce una valiosa colección de cartografías del caso de estudio a modo de “atlas”, repositados en un web-site en abierto, que permite cruzar capas de información e interpretar los resultados: <https://gis4tech.vercel.app/>

Se desprenden algunas revelaciones útiles a la política y planificación urbana para fortalecer el concepto de “ciudad caminable”. Concretamente se recogen algunas buenas prácticas urbanas: conveniencia de continuidad peatonal; barrios según tiempos caminando; infraestructura verde para la confortabilidad y la cohesión urbana; colegios y parques relacionados; indicadores para el diseño de redes ciclistas y peatonales; transporte intermodal y accesible; itinerarios geográficos para la movilidad sostenible; universidad y ciudad trabajando juntas; escolarización, densidad y proximidad.

### Palabras clave

Análisis espacial; Caminabilidad; Desplazamiento activo; Movilidad urbana; Sostenibilidad.

### Línea temática

6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades presentan destinos urbanos atractivos que motivan el desplazamiento diario de la población hasta ellos mediante viajes desde el hogar, como p.e., los espacios libres, las paradas de transporte colectivo y los centros educativos; destinos importantes que abarcan servicios urbanos básicos y diversos: recreación, movilidad, y educación.

El desplazamiento a pie hasta estos destinos conlleva hábitos de vida saludables con una mejora de la salud (aumenta los niveles de actividad física, reduce la obesidad, elimina estrés, previene enfermedades cardiorrespiratorias, mejora resultados académicos), y beneficios socio-ambientales (reduce la contaminación atmosférica y los accidentes de tráfico, favorece la interacción social y el aprendizaje infantil, aumenta el capital social), lo que supone un ahorro económico a varios niveles (p.e., ahorro en gastos sanitarios mediante la prevención). En esto, el entorno construido (vecindario, barrio) juega un papel esencial, alentando o disuadiendo al peatón en la decisión y modo de desplazamiento hacia estos destinos.

Existe falta de conocimiento al respecto en cuanto a: la combinación de análisis objetivos y subjetivos, el uso simultáneo de variables ambientales de tipo multiescalar, y la obtención de valores individualizados por participante frente a los promedio. En Andalucía apenas existen estudios de este tipo. La propuesta pretende profundizar en los factores de ruta y su entorno construido que influyen en los niveles de caminabilidad a estos destinos.

El caso de estudio se centra en dos ciudades capitales de Andalucía (Granada y Málaga); ciudades que presentan altas tasas de transporte motorizado y que, como referentes de turismo regional, nacional e internacional (interior y litoral, respectivamente), necesitan optimizar su entorno urbano para gestionar mejor esta importante actividad económica. Resultados esperados del proyecto nos permitirán:

- a) Consolidar un método que permita evaluar la caminabilidad a destinos rutinarios y sus correlatos;
- b) Conocer el comportamiento de la población, así como los factores de ruta y su entorno construido más influyentes en la decisión de caminar a estos destinos;
- c) Obtener perfiles de ruta, entorno urbano y participantes, facilitando el uso y la aplicación de terapias de intervención para la mejora de la caminabilidad y la sostenibilidad urbana; y
- d) desarrollar potenciales del caso de estudio extrapolables a otros territorios, ayudando a su desarrollo en la búsqueda del equilibrio territorial regional, nacional y europeo.

Los resultados del proyecto ofrecerán una visión integrada de la caminabilidad en estos entornos urbanos sin precedentes a nivel regional y en la línea de algunas experiencias a nivel nacional (casos control). Los resultados pueden orientar políticas urbanas que apuesten por una sociedad más saludable, con mayor bienestar y ciudades más paseables y sostenibles.

## 2. OBJETIVOS

El estudio pretende profundizar en los factores de ruta y su entorno construido que influyen en los niveles de caminabilidad a estos destinos. Se plantean cuatro objetivos específicos:

**OE1.** Conocer el comportamiento de caminar de los participantes (decisión, frecuencia, identificación de las rutas, duración de viajes, factores socio-demográficos, preferencias y nivel actividad física) a los destinos urbanos atractivos;

**OE2.** Analizar los factores de ruta y de su entorno urbano que afectan a los niveles de caminabilidad de las rutas hogar-destino atractivo de los participantes;

**OE3.** Clasificar mediante perfiles las diferentes rutas hogar-destino atractivo y entornos urbanos de las mismas de los participantes; y

**OE4.** Estimación de los factores más relevantes (asociación de variables de comportamiento de los participantes con variables de ruta y su entorno urbano) y redacción de guía de buenas prácticas a modo de orientación sobre el uso y la intervención en el entorno urbano.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Toma de datos de los participantes

El proyecto se basa en un estudio transversal de una semana de duración realizado en primavera de 2022, donde los datos de comportamiento de los participantes se han recabado mediante cuestionario validado. La muestra (n=624) es representativa del caso de estudio y se ha muestreado por grupos de edad.

A los participantes se les ha preguntado por la frecuencia y el modo de desplazamiento desde su hogar a un destino rutinario frecuente de entre tres posibles: centro de enseñanza, espacio libre o parada de transporte. Se trata de tres tipos de destinos que a priori se pueden encontrar en el barrio de cada participante. Igualmente se les ha pedido que identifiquen la ruta de desplazamiento origen-destino realizada.

### 3.2. Análisis espacial

Una vez reportada la ruta, ésta se ha georreferenciado en un sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés). Sobre la misma y sobre una determinada área de captación alrededor de ella (*buffer* en términos GIS), denominada entorno urbano de la ruta, se han aplicado una serie de variables de análisis comunes en este tipo de estudios, y otras no tan comunes pero de demostrada utilidad, con objeto de medir características de la ruta y de ciertos factores del entorno urbano próximo a ellas.

La representación de los datos de las variables o indicadores de análisis en la ciudad, así como la representación jerárquica de las rutas según los datos de estas variables que se asocian a ellas, se compilan a modo de Atlas de Indicadores y Atlas de rutas, respectivamente.

### 3.3. Análisis estadístico

Posteriormente, mediante análisis estadístico:

1. Se han comprobado diferentes tipos de asociaciones significativas entre factores de entorno urbano como predictores, y frecuencias de tránsito por ruta según modo de desplazamiento como variables dependientes, mediante análisis de correlación bivariada.
2. Se han realizado contrastes de hipótesis de los predictores al comparar rutas reales versus rutas más cortas de los participantes que caminan, mediante prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.
3. Se han obtenido umbrales de distancia de caminar versus no caminar mediante curva ROC e índice de Youden.
4. Se han clasificado las rutas en agrupaciones de ellas según variables usando análisis clúster bietápico.

En algunos de los análisis anteriores se ha desagregado la información por subgrupos según caso de estudio y variables sociodemográficas. Está prevista la comprobación de asociaciones significativas entre predictores y variables dependientes mediante análisis de regresión lineal múltiple.

Otros análisis futuros se pueden basar orientativamente en la explicación de la variable dependiente recuento de rutas por tramo de calle o segmento (en lugar de las frecuencias de tránsito por ruta), mediante determinados predictores de ruta y su entorno urbano usando regresión logística múltiple.

### 3.4. Guía de buenas prácticas

Finalmente, a partir de los datos reportados por los participantes y de los resultados gráficos y estadísticos obtenidos del estudio realizado, se incluye una lista orientativa de recomendaciones que podrían aumentar el nivel de desplazamiento sostenible en las ciudades de estudio y otras similares, fundamentalmente desde el campo de la planificación urbana y la toma de decisiones.

### 3.5. Cuestionario

A continuación se muestra la versión simplificada del cuestionario dirigido a los participantes con objeto de recabar los datos necesarios para llevar a cabo el estudio. La versión *on-line* del mismo se encuentra disponible en:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeANhTO4nWnxkuAl2OaoOqEAHNqgqbZ2d6X5gc6dWpVwQIVbA/viewform...>

**Nota:** El trazado de la ruta de cada participante finalmente se autoreportó digitalmente mediante el uso de un dispositivo electrónico portátil con pantalla táctil bajo la orientación de un encuestador profesional.

Cuestionario sobre movilidad urbana sostenible:

1. Nombre y apellidos (opcional): 2. Edad: 3. Teléfono (opcional): 4. Dirección postal (sólo calle y número): 5. Código postal: 6. Localidad: 7. Género (masculino, femenino, otro): 8. Tenencia de vehículo propio (sí, no): 9. Tenencia de perro (sí, no): 10. Tenencia de hijos menores de 12 años (sí, no): 11. Fecha de hoy: 12. Escriba el tipo de destino que más frecuente semanalmente de entre los siguientes: un centro educativo (colegio, instituto, facultad, academia), o una parada de transporte (bus, metro/tranvía, estación de bicicletas compartidas) o un espacio al aire libre (parque, plaza, jardín, paseo, campo deportivo, zona de juegos): 13. Escriba el nombre propio del destino que más frecuente semanalmente: 14. ¿Su destino frecuente coincide con el destino final de su desplazamiento o únicamente le coge de camino? 15. Dibuje en el mapa mediante una línea la ruta que realiza entre su hogar y el destino frecuente. Si lo prefiere, escriba el nombre de todas las calles por donde pasa desde su hogar hasta el destino. Para ello puede ayudarse de la aplicación Google Maps de su móvil: 16. Piense en una semana reciente (sin lluvia y sin demasiado calor o frío) y conteste por favor a la siguiente pregunta: ¿Cómo se desplazó desde su hogar al destino cada día? 17. En caso de que la vuelta del destino se produjo de otro modo distinto al de la ida indíquelo según día (opcional):

Modo/día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Andando							
Bicicleta							
Coche/moto							
Transporte público							
Otros							

Tabla 01.

18. ¿Le resulta atractiva la ruta que ha elegido? (Valore del 1 al 5 los siguientes aspectos, siendo 1 el valor más bajo y 5 el más alto): Seguridad (frente al tráfico, frente al robo): Comodidad (mobiliario urbano, pavimento, sombra): Servicios (comercio, negocios): Ambiental (vegetación, estética, ambiente): Nivel de ruido/contaminación (siendo 1 sin ruido/contaminación, y 5 muy ruidosa/contaminada):

## 4. RESULTADOS

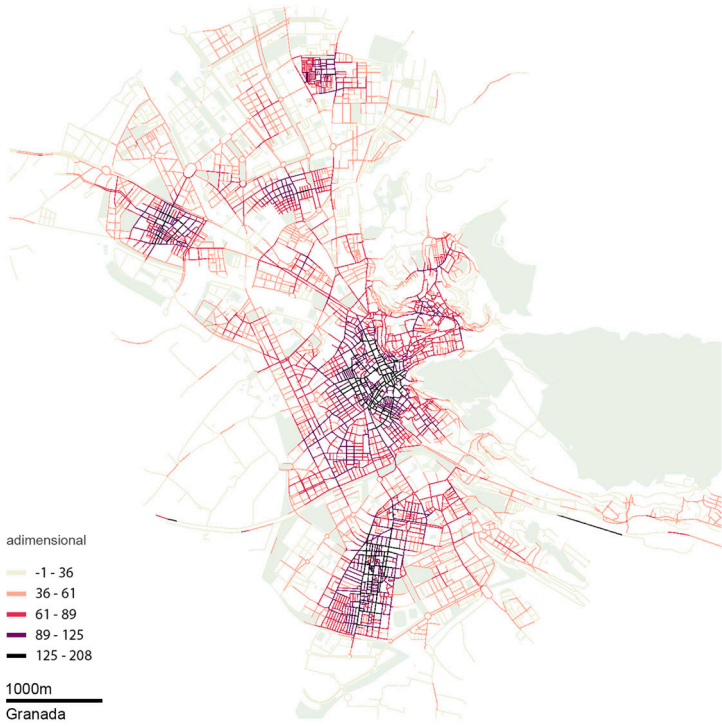
### 4.1. Atlas de indicadores

Colección de 48 cartografías comentadas de las variables de análisis en bruto para ambas ciudades:

04.01.M01 peatonalidad y sección. 04.01.M02 continuidades peatonales L>200m. 04.01.M03 rutas peatonales, colegios y parques. 04.01.M04 parques y otros espacios libres. 04.01.M05 frecuencia. 04.01.M06 renta bruta media por hogar. 04.01.M07 población por edificio. 04.01.M08 centros de empleo. 04.01.M09 cruces  $\geq 4$  calles. 04.01.M10 tipo de cruce. 04.01.M11 infraestructura ciclista. 04.01.M12 intermodalidad. 04.01.M13 paradas de transporte público. 04.01.M14 accesos en planta baja. 04.01.M15 locales permeables en planta baja. 04.01.M16 tiendas de productos frescos. 04.01.M17 índice de usos mixtos por manzana. 04.01.M18 Space Syntax (Choice 400m). 04.01.M19 Space Syntax (Choice 800m). 04.01.M20 Space Syntax (Choice Global). 04.01.M21 Space Syntax (Integration 400m). 04.01.M22 Space Syntax (Integration 800m), 04.01.M23 Space Syntax (Integration Global). 04.01.M24 nivel de sombra.



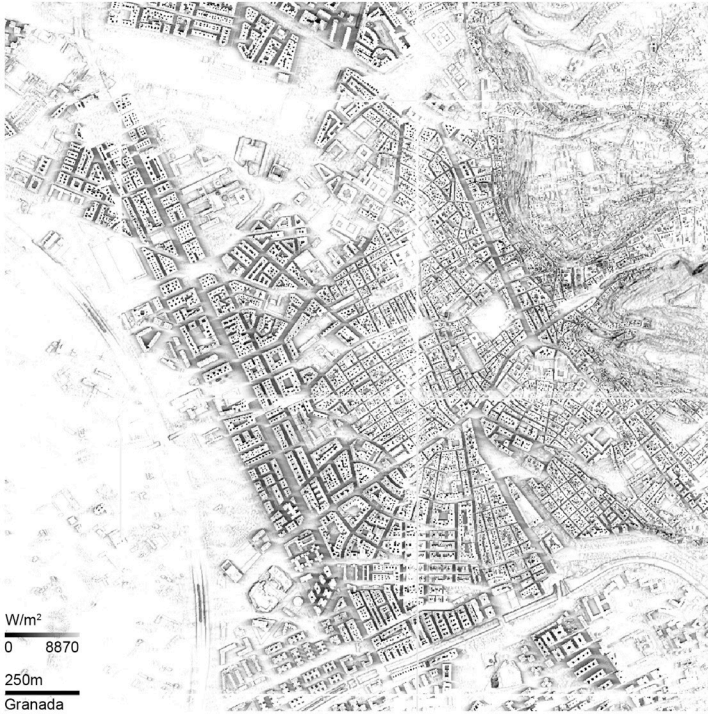
**04.01.M21 Space Syntax (Integration 400m)**



72 resultados: atlas de indicadores

Figura 01. 04.01.M21. Space Syntax (Integration 400m) en Granada.

04.01.M24 nivel de sombra



78 resultados: atlas de indicadores

Figura 02. 04.01.M21. Space Syntax (Integration 400m) en Granada.

## 4.2. Atlas de rutas

Colección de 34 cartografías comentadas de las variables de análisis asociadas a las rutas de los participantes para ambas ciudades:

04.02.M01 densidad residencial. 04.02.M02 nivel socioeconómico bruto en origen. 04.02.M03 nivel socioeconómico bruto medio en la ruta. 04.02.M04 pendiente. 04.02.M05 PRD (*Pedestrian Route Direct-ness*). 04.02.M06 número de cruces. 04.02.M07 número de

cruces ( $\geq 4$  calles). 04.02.M08 accesos en planta baja. 04.02.M09 locales de productos frescos. 04.02.M10 centros de empleo. 04.02.M11 fachadas activas. 04.02.M12 índice de usos mixtos. 04.02.M13 paradas de transporte. 04.02.M14 puestos de estacionamiento de bicicletas. 04.02.M15 acceso a la red ciclista. 04.02.M16 intermodalidad en la ruta. 04.02.M17 porcentaje de calles peatonales.

#### 04.02.M25 espacios libres

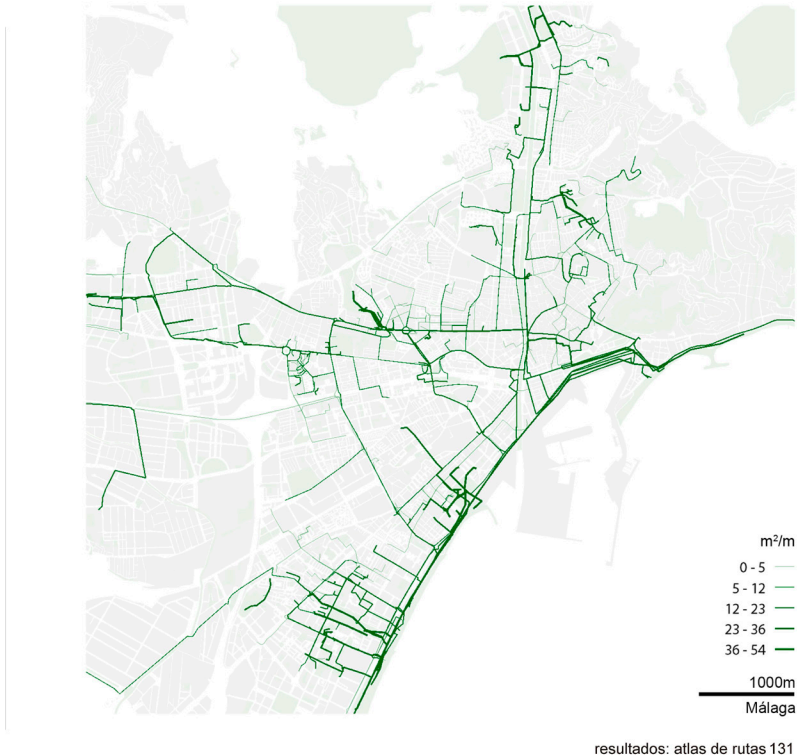


Figura 03. 04.02.M25 Espacios libres asociados a las rutas en Málaga.

## 4.3. Enfoques estadísticos

### 4.3.1. Validación del cuestionario

Colección de 48 cartografías comentadas de las variables de análisis en bruto para ambas ciudades:

Se realiza una primera prueba piloto con al menos 60 encuestados (30 de Granada y 30 de Málaga). Se comprueba la fiabilidad, encontrando algunos problemas en el planteamiento de algunas pocas pre-guntas del cuestionario, que son modificadas/eliminadas. Se realiza una nueva revisión y validación del cuestionario para comprobar si los cambios realizados son favorables, tomando una muestra de al menos 30 individuos. La revisión es exitosa, quedando el cuestionario validado y su fiabilidad es óptima.

#### **4.3.2. Análisis descriptivo**

Se realiza un análisis multidimensional de las variables que componen la base de datos, a través de sus frecuencias y estadísticos descriptivos, distinguiendo 5 grupos de variables: Variables de las preguntas del cuestionario, variables macroescalares, variables microescalares, variables de frecuencia y variables de actividad física. Adicionalmente se analizan las variables macro-microescalares y configuracionales de las rutas más cortas frente a las rutas reales realizadas por los participantes. Asimismo, se obtienen gráficos de las variables más representativas.

#### **4.3.3. Análisis de correlación bivariada**

Lo que se realiza para estudiar qué predictores se asocian significativamente a las frecuencias según el modo de desplazamiento (andar, bicicleta, coche/moto, transporte público, otros). Se obtienen mejores resultados para las frecuencias (variables dependientes no binarias) a través de la prueba Rho de Spearman.

#### **4.3.4. Contrastes de hipótesis**

Se comprueba qué predictores son significativos para caminar al comparar las rutas reales hogar-destino frecuente de los participantes con las más cortas posibles métricamente. Es decir, con ello se pretende dar respuesta sobre qué factores influyen en que los participantes hayan realizado andando unos determinados itinerarios hogar-destino en lugar de los más cortos posibles. Se estudian únicamente los individuos que se desplazan andando. Igualmente, se desagrega la información por ciudad, en la que se encuentran diferencias.

#### **4.3.5. Umbrales de caminar versus no caminar**

Se estima el punto de corte ente los que andan (50% o más de sus desplazamientos semanales de ida y vuelta entre hogar-destino frecuente caminando) y los que realizan sus desplazamientos a través de otro modo de transporte. Para ello se emplea la curva ROC y el índice de Youden. Este umbral, para toda la muestra del estudio y en el contexto y a la escala a la que se desarrolla, se encuentra en torno a los 15 minutos caminando a paso normal. Si desagregamos la información por género, este valor aumenta algo más para las

mujeres que para los hombres; y si la desagregamos por ciudad, aumenta muy poco más para los granadinos que para los malagueños.

#### 4.3.6. Perfiles de rutas

Lo que se obtiene mediante análisis clúster bietápico, por pares de variables, según modo de desplazamiento dicotómico (por ejemplo, sí anda versus no anda), y las siguientes variables de entorno una a una con la anterior: longitud de ruta, grupos de edad, género, destino frecuente, y ciudad. Entre otros resultados, se obtienen dos grupos mayoritarios: Uno formado por una ruta media de hasta 1 km realizada caminando, y otro formado por una ruta media de 2,5 km realizada fundamentalmente no caminando (en bicicleta, coche/moto, o mediante transporte público).

## 5. DISCUSIÓN: ALGUNAS BUENAS PRÁCTICAS URBANAS

### 5.1. Continuidades peatonales

Con objeto de acortar los tiempos de acceso a determinadas áreas y equipamientos urbanos en general, sería interesante plantear que grandes recintos, tanto públicos como privados (hospitalarios, deportivos, docentes, comerciales), al menos en ciertos horarios, pudieran ser atravesados por itinerarios públicos. En algunos de ellos esto ya ocurre pero en otros muchos no. Incluso la arquitectura de estos enclaves podría ser pensada para tal cometido. Por ejemplo, P. Panerai y D. Mangin comentaban en su libro *Proyectar la ciudad* lo terapéutico que resulta para los pacientes instalados en grandes complejos hospitalarios parisinos ver gente sana paseando por las calles que los atraviesan.

Puede no ser necesario llegar en coche a un mismo destino por varios viales rodados distintos a la vez; con que se pueda llegar por uno sólo podría ser suficiente, permitiendo la transformación de algunas trazas en parques y alargar itinerarios peatonales sin interrupciones. Ya lo pensó L. Hilberseimer para el West Side Plan de Chicago.

### 5.2. Barrios ≤ 10 minutos caminando

El barrio o vecindario como espacio identificado y familiar podría ser aquella unidad espacial en la que sus vecinos están dispuestos a caminar para alcanzar destinos básicos. Hay estudios sobre grandes ciudades, como por ejemplo París o Madrid, que la establecen en 15 minutos. Sin embargo, en nuestro caso de estudio, constituido por ciudades más pequeñas que las citadas anteriormente, este mismo tiempo caminando equivaldría más bien al tamaño de un distrito.

Hemos visto cómo analizando todos los modos de transporte que han reportado los participantes, uno de los dos grandes perfiles de rutas resultantes del estudio son aquellas de hasta 1 km caminando, que se corresponde aproximadamente con un tiempo de unos 10 minutos; distancia/tiempo más propios de la escala barrial. Por tanto, podría ser en hasta 10' caminando a través de la red de calles en estas ciudades, quizás algo menos, el tiempo andando (o la dimensión doméstica o más humana) del espacio habitacional; el de la escala intermedia (ni nuestro hogar ni el distrito o ciudad donde se emplaza). Es decir, el espacio/tiempo o entorno de proximidad donde deberíamos tener todo lo importante “a mano”: amigos/vecinos, productos y servicios básicos, el colegio de los niños, incluso (y sobre todo, por el alto nivel de *commuting* que genera) el trabajo. También aquel en el que nos encontramos más seguros en un ambiente saludable.

Por ejemplo, los recientes planteamientos sobre los ZBEs (Zona de Bajas Emisiones) tienen que ver con estas distancias/tiempos de proximidad.

### 5.3. Infraestructura verde continua

Se recomienda en general que la localización de los parques y otros espacios libres evite localizaciones residuales (como p.e., junto a las infraestructuras de gran capacidad), y ocupe en cambio una situación más vertebradora en los nuevos crecimientos urbanos, a ser posible en continuidad con otros espacios libres existentes, construyendo una red continua de espacios libres que interrelacione áreas centrales y periféricas, por ejemplo, y dote a la ciudad de un soporte ecológico estructurante.

En las zonas más centrales, normalmente históricas, no existen apenas parques u otros espacios libres de gran dimensión, a excepción de algún paseo arbolado y algunos jardines importantes, antiguos huertos en algunos casos. No obstante, es conocido que en el ámbito mediterráneo existen plazas y otros espacios libres de pequeñas dimensiones, algunos de los cuales se podrían “reverdecer” con objeto de suplir esta carencia y mejorar las condiciones de confort del espacio libre.

### 5.4. Rutas peatonales, colegios y parques relacionados

Se sugiere fomentar el acceso peatonal a los colegios evitando el tránsito vehicular en su entorno urbano de proximidad, al menos el tráfico de paso y de rotación. Para ello, es de gran interés “acercar” los parques a los colegios, esto es, relacionando parque y colegio mediante la creación de nuevos espacios libres intermedios, vinculando el colegio a estructuras continuas de espacios libres ambientalmente confortables. Es decir, que presenten el menor número de interrupciones viarias posible y que se “infiltren” en el entorno urbano, preferentemente en las zonas urbanas de mayor densidad poblacional, favoreciendo tránsitos peatonales cómodos y seguros para los niños.

Se ha demostrado que estos mejoran su educación y autonomía cuando se desplazan de forma autónoma. Para ello sería necesario, entre otras cosas, repensar la circulación vehicular y la reubicación de las áreas de aparcamiento. Todo esto puede ayudar a la configuración de las recientemente demandadas Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) o entornos de nula o casi nula contaminación alrededor de los colegios, lo que es saludable.

### 5.5. Medidas configuracionales

Se recomienda tener en cuenta los itinerarios con un valor de intermediación global alto (o un valor del indicador PRD cercano a la unidad) para la mejora e integración de la actual red ciclista urbana, por tratarse de aquellos más directos y que acumulan el menor número de giros o disfrutan de una suma angular baja, y que por lo tanto son los más cómodos para los ciclistas.

Existe evidencia científica de que este tipo de rutas también acumulan tráfico viario, por lo que adicionalmente en ellas sería necesaria la incorporación de infraestructura ciclista diferenciada, señalizada y segura. Por ejemplo, la red ciclista de Oslo está diseñada en base a este criterio y según preferencias ciclistas.

Por otro lado, la superposición entre valores de integración local y global altos refiere espacios urbanos sinérgicos multiescalares. Es decir, que topológicamente se encuentran más cerca de todos los demás espacios del sistema a nivel de barrio y ciudad, facilitando la concentración de personas, siendo por tanto interesantes para determinados usos urbanos. Y los espacios con valores de integración global bien conectados con sus espacios vecinos son altamente legibles por el peatón que “navega” por la ciudad tratando de orientarse. Nuevos “escenarios configuracionales” a partir de actuaciones en los trazados urbanos dirigidas a tal efecto (p.e., nuevos tramos de red, transformación total/parcial de viales rodados en calles peatonales, incorporación de carriles-bici en calles directas y de preferencia ciclista), serían de gran interés.

### 5.6. Transporte público y accesibilidad peatonal confortable

Para incentivar el uso del transporte público y reducir la circulación de vehículos privados es importante que entre el hogar/centro de trabajo/otro y la parada de transporte público las calles sean confortables para el peatón, lo que incentiva el caminar. En tal caso, se ha demostrado que una persona está dispuesta a andar durante más tiempo para alcanzar un destino. Es decir, la confortabilidad de los itinerarios peatonales hasta las paradas de transporte público permite una mayor accesibilidad al mismo por la población urbana, mejorando la equidistribución del servicio.

Además, es importante optimizar la localización de las paradas de transporte público, evitando el solape de las áreas de cobertura servidas por paradas de la misma línea, lo que



mejora la velocidad comercial del transporte, proporcionando nivel de servicio y frecuencias de uso según densidad urbana, evitando duplicidades y competencia no deseada entre modos de transporte.

### 5.7. Itinerarios geográficos

El desarrollo de la movilidad sostenible en la ciudad, es decir, la implantación de infraestructuras y redes para mejorar los desplazamientos urbanos de forma sostenible (con emisiones de CO<sub>2</sub> nulas o casi nulas), no puede planificarse de forma ajena al entorno existente, sino que deben resolver la interfaz entre el medio físico y las necesidades de desplazamiento poblacionales. Deben por tanto alinearse e integrarse junto con el soporte geográfico de la ciudad, sus trazas históricas y culturales, los usos del suelo y los requerimientos poblacionales, más que con las lógicas de las rentas del suelo y las demandas mediáticas impuestas.

Al respecto, la incorporación/recuperación de los cauces fluviales, muchos de gran centralidad, como parte del sistema de espacios libres de carácter público, así como la intermodalidad entre existentes/nuevos "itinerarios geográficos" y el sistema de transporte público, serían estrategias sostenibles de gran interés en el caso de estudio.

### 5.8. Universidad y ciudad

La infraestructura universitaria es comúnmente considerada como centro atractor de movilidad. En consecuencia, la localización de la misma determina en gran medida el modo de transporte elegido por la comunidad universitaria en sus desplazamientos diarios hogar-destino universitario. Esta circunstancia es de especial afección en el caso de estudio, considerando la amplitud de sus comunidades universitarias. Se puede decir que la mayor parte de las mismas se desplaza activamente hacia la infraestructura universitaria emplazada en localizaciones urbanas centrales. Y que cuando la localización de la misma es más periférica o de accesibilidad más complicada, aumentan los ratios de desplazamiento motorizado. Así, será de especial importancia tanto la evaluación multinivel (localización, seguridad, servicios, paisaje, polución, cultura) de los itinerarios frecuentes de dicha comunidad y de su entorno urbano de proximidad como, en consecuencia, la planificación de infraestructura peatonal/ciclista robusta, "amigable" y multiescalar (p.e., continuidad barrio-ciudad-metrópolis/territorio, e inter/intra-barrial) a lo largo de ellos.

Se debería además tener en cuenta tanto el carácter intermodal de dichos itinerarios, dotándolos de la logística que permita el cambio de modo de transporte a lo largo de los mismos (p.e., estaciones de bicicletas compartidas, áreas *car-pooling*, paradas de transporte público, aparcamientos junto a paradas de tranvía/metro), como la seguridad en su superposición con la red viaria (p.e., mediante cruces seguros, regulados y señalizados, y/o intersecciones a distinto nivel, como p.e. ocurre en Central Park, NYC).



## 5.9. Incentivar la escolarización de proximidad

Buena parte de los desplazamientos de larga distancia, y que por lo tanto generan movilidad motorizada, tienen por destino un colegio (mayormente de tipo privado). Es evidente que resulta crítico tener una red de colegios que cubra en proximidad a la totalidad de la población. Pero igualmente importante es conseguir que la población encuentre cubiertos sus deseos e intereses de escolarización en entornos cercanos a su residencia. Para alcanzar este objetivo se sugiere:

- Incentivar la escolarización de proximidad mediante políticas activas, como por ejemplo reducciones fiscales, bonos regalo en actividades extraescolares de proximidad, de transporte público, o descuentos en compras realizadas en comercio de proximidad.
- Incentivar la localización de nuevos colegios en los lugares más densos de la ciudad.
- Limitar la implantación de nuevas instituciones educativas en lugares con escasa población, escasa conectividad peatonal y elevada accesibilidad rodada (como p.e., en áreas periféricas de carácter disperso). Desde un enfoque morfológico se podría decir que, frente a la periferia dispersa, es preferible una periferia más densa y compacta, donde la instalación de servicios básicos en relación de proximidad con el uso residencial supone una gestión de los recursos socioeconómicos más eficiente.
- Limitar el acceso mediante vehículo privado a los entornos escolares en horario de entrada y salida escolar.
- Desincentivar el acceso a colegios mediante autobuses escolares, cuando sea posible, ya que incentiva la dispersión de funciones y población, limitando a su vez la posibilidad de un desplazamiento infantil más saludable y aportando mucha polución y ruido en el entorno del colegio.

Esta ciudad basada en vecindades que orbitan alrededor de colegios y de sus entornos con escaso tráfico ya fue pensada por Clarence Perry en 1924. La nombró Unidad vecinal.

## 5.10. La buena calle peatonal

Atendiendo a los resultados del proyecto y a la literatura previa, esto es, por ejemplo y en general, cuando las calles presentan alguno/os de los siguientes atributos:

- Las aceras son suficientemente anchas (pero no demasiado, para evitar perder cierta intensidad urbana) y continuas (sin ser interferidas frecuentemente por el tráfico rodado).

- Las fachadas de los edificios activas (interfaz exterior-interior permeable) y cuando presentan numerosos accesos peatonales.
- Los usos urbanos de las plantas bajas son mixtos (comercio, servicios, residencia, oficinas, ocio) y sus horarios de apertura diversos (día/noche).
- El espacio público es inclusivo y no presenta barreras arquitectónicas.
- Los cruces son seguros y se encuentran bien señalizados.
- Existen árboles y vegetación que procuran refugio y sombra en verano y sol en invierno.
- Presentan suficiente equipamiento urbano y dan el servicio adecuado (bancos, papeleras, recogida selectiva de basura, iluminación, seguridad).
- La arquitectura es atractiva, sobre todo en sus “esquinas”.
- No hay ruidos ni polución excesivos.
- Están bien conectadas con otras y facilitan la confluencia de personas así como el flujo peatonal de paso.
- La calzada presenta medidas de *traffic calming*.
- Permiten el uso de otros medios de transporte (como bici, bus, tranvía) y son intermodales (permite cambiar fácilmente entre ellos).
- En su planificación y diseño se atiende a las condiciones y pormenores locales a varios niveles, mostrándose sensible a las preferencias de la ciudadanía que las habita, entre otros.

# CONSERVACIÓN Y PUESTA EN VALOR DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

## **I. UPO.20-01**

Fortificaciones en Centros Históricos: ¿Cómo evaluar el riesgo de pérdida?

## **II. US.20-08**

Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12.

## **III. UGR.20-03**

Campus Ugr\_Sostenibilidad. Plan de actuación para el desarrollo territorial, urbano y arquitectónico de la azucarera San Isidro y su paisaje.

## **IV. UPO.18-05**

Arquitecturas indígenas en la Cuenca del río Madre de Dios (Perú): cambios y permanencias.

## **V. UGR.18-02**

Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán: Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial.



# Fortificaciones en Centros Históricos ¿Cómo evaluar el riesgo de pérdida?

## UPO.20-01. Universidad Pablo de Olavide. Diagnóstico y Catalogación del Patrimonio Arquitectónico Andaluz mediante Análisis de Riesgos y vulnerabilidad

**Investigador principal:** Pilar Ortiz Calderón.

**Equipo del proyecto:** Rocío Ortiz, Javier Becerra, Dolores Segura, Mónica Moreno, Pablo de la Cruz.

**Autores del capítulo:** Mónica Moreno<sup>1</sup>, Rocío Ortiz<sup>1</sup>, Pilar Ortiz<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

### Resumen

El patrimonio arquitectónico constituye uno de los recursos más valiosos de los centros históricos de Andalucía. Su conservación refuerza el desarrollo de identidades ciudadanas compartidas, mejora la habitabilidad urbana y promueve el turismo sostenible. Sin embargo, el crecimiento urbano y los efectos del cambio climático antropogénico representan una amenaza para su conservación. Para evitar la degradación de este tipo de recursos patrimoniales, es esencial desarrollar herramientas de catalogación y diagnóstico que permitan una gestión integral y eficiente del riesgo.

Como respuesta a esta necesidad, el proyecto MURALLAS (UPO 20-01) ha desarrollado una propuesta metodológica que ofrece herramientas y soluciones prácticas capaces de evaluar la vulnerabilidad, el peligro y el riesgo que afectan a la conservación de las fortificaciones de tierra apisonada. Una tipología muy común y complejo de patrimonio arquitectónico en los centros históricos de Andalucía.

A lo largo de esta investigación, se presentan los principios metodológicos que respaldaron la adaptación del modelo Art-Risk® al análisis de construcciones de tierra apisonada, así como las nuevas posibilidades que ofrece el uso de la teledetección como herramienta para monitorear los cambios climáticos desde una perspectiva regional.

Entre los logros del proyecto, destacan la elaboración de un nuevo índice para clasificar los niveles de vulnerabilidad en las fortificaciones de tierra apisonada y la aplicación informática Art-Risk 5.0, basada en datos satelitales a gran escala (Big Data) para mapear los peligros climáticos. El uso combinado de ambas herramientas ofrece un enfoque innovador y efectivo para el diagnóstico y la gestión del riesgo en las fortificaciones preservadas en los centros históricos de Andalucía.

## Palabras clave

ART-RISK 5; Conservación preventiva; Índice de vulnerabilidad; Peligros climáticos; Tapia.

## Línea temática

4. Catalogación, diagnóstico y metodología de intervención y conservación del patrimonio arquitectónico.

## 1. INTRODUCCIÓN: EL MANEJO DEL RIESGO EN LOS CENTROS HISTÓRICOS

Los centros históricos son entornos dinámicos en constante transformación que poseen un rico y variado legado cultural. En estos espacios, el patrimonio arquitectónico ejerce la función de establecer nexos entre el pasado y el futuro de la ciudad y favorecer el sentido de pertenencia de sus ciudadanos (Naheed y Shooshtarian, 2022; Sodiq et al., 2019). A su vez, las edificaciones patrimoniales son un recurso esencial para el turismo y otras actividades económicas del sector servicios (Dümcke y Gnedovsky, 2013; Loulanski, 2006). Promover su conservación favorece el desarrollo de ciudades más resilientes y sostenibles desde una perspectiva social y económica.

A pesar de ello, a lo largo de todo el s. XIX y XX, los procesos de ampliación y crecimiento de las ciudades han supuesto numerosas pérdidas e intervenciones poco respetuosas con los valores históricos, estéticos y culturales de muchas edificaciones patrimoniales. Paralelamente el desarrollo del turismo ha modificado por completo el contexto de las edificaciones patrimoniales generando nuevos peligros para su preservación (Bobic y Akhavan, 2022; ICOMOS, 1987). Estas situaciones afectan a la conservación de las fortificaciones en tapia que delimitan el casco urbano medieval de muchos municipios andaluces y que son atributos característicos del paisaje histórico de la región (Figura 01).

Actualmente, la gestión del riesgo que afecta a las fortificaciones en tapia es uno de los principales desafíos que deben afrontar las propuestas de diagnóstico, conservación y manejo de muchos Centros Históricos de Andalucía (Machat y Ziesemer (eds.), 2020; UNESCO, 2022). Para mitigar el impacto del riesgo y garantizar la preservación del patrimonio Arquitectónico ubicado en Centros Históricos, existen diferentes propuestas metodológicas que analizan escenarios preemergencia y evalúan las causas que influyen en el aumento del riesgo.

Entre los modelos más avanzados, se encuentra las metodologías Art-Risk® (nº registro: M4207429) desarrolladas por el grupo andaluz de investigación PAI-TEP 199 Patrimonio, Tecnología y Medioambiente de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.



Figura 01. Ejemplos de municipios con fortificaciones en tapia conservadas en Andalucía. A) Carmona; B) Almería; C) Málaga y D) Guadix.

Conceptualmente, la metodología Art-Risk-1 plantea un proceso similar al empleado tradicionalmente en la Evaluación de Impacto Ambiental. Identifica las vulnerabilidades y peligros que afectan a los Bienes Patrimoniales, evalúa la magnitud, la probabilidad y el impacto de los posibles riesgos para proponer medidas preventivas que minimicen las consecuencias de una emergencia. Actualmente, su uso ha sido testado con éxito en el análisis de contextos arqueológicos, edificaciones religiosas y arquitectura vernácula ubicada en entornos urbanos (Ortiz et al., 2014, 2016, 2018, 2019; Prieto et al., 2020; Turbay, 2022; Díaz et al., 2022)

Partiendo de este marco teórico, el objetivo principal del proyecto MURALLAS (UPO 20-01) fue diseñar y validar herramientas que permitiesen incorporar la metodología Art-Risk® a los procesos de catalogación y diagnosis de las fortificaciones en tapia conservadas en los Centros Históricos de Andalucía para identificar los principales riesgos que afronta su preservación. Lograr este objetivo implicó abordar dos cuestiones esenciales:

- La adaptación y validación de un método de diagnóstico para fortificaciones de tapia que tuviese en cuenta la dimensión espacial de la vulnerabilidad.

- El diseño e implementación de un método de monitoreo de peligrosidades climáticas a escala territorial mediante el uso de imágenes satelitales.

A lo largo de este artículo se exponen las herramientas diseñadas por el proyecto para facilitar la gestión de riesgos y los principales resultados obtenidos de su aplicación práctica en el estudio de las fortificaciones en tapia andaluzas.

## 2. METODOLOGÍA

El modelo integral de riesgo propuesto en MURALLAS (UPO-20-01) posibilita incluir un enfoque normalizado del riesgo en la diagnosis de las fortificaciones en tierra de acuerdo con la norma europea EN 16096:2012 y el Plan Nacional de Arquitectura Defensiva.

El método desarrollado para evaluar la vulnerabilidad se fundamenta en el empleo de matrices de doble entrada que relacionan patologías, agentes de degradación y daños causados en las estructuras. A partir de estas matrices se obtiene un índice de vulnerabilidad, que ofrece una medida cuantificable de la probabilidad de que una fortificación se vea afectada durante una emergencia (Moreno et al., 2019; Ortiz, 2014; Turbay, 2022).

La peligrosidad del entorno se registra mediante inspecciones in situ, fichas normalizadas para la recogida de datos y el análisis de series históricas de imágenes satelitales mediante el uso de Google Earth Engine (Moreno, Ortiz, y Ortiz, 2022a; Moreno, Bertolín, Ortiz, et al., 2022).

Para cartografiar la vulnerabilidad, las peligrosidades y estimar el riesgo se recurre al empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de análisis multicriterio (Moreno, Ortiz, Cagigas-Muñiz, et al., 2022; Moreno, Prieto, Ortiz, et al., 2022).

El método diseñado ha sido validado mediante el análisis de las peligrosidades del territorio andaluz, la revisión de 3 eventos de fuertes precipitaciones que provocaron daños en fortificaciones en tapia y la diagnosis de 57 fortificaciones ubicadas en 31 municipios andaluces.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Factores que aumentan la vulnerabilidad de las fortificaciones en tapia andaluzas

El método Art-Risk<sup>®</sup> adaptado para analizar la vulnerabilidad en fortificaciones en tapia en Andalucía, ha permitido identificar las patologías más frecuentes en murallas y alcazabas, los factores que están motivando su aparición y la probabilidad que presentan de ocasionar daños graves en esta tipología de bienes patrimoniales.

La figura 02 muestra la frecuencia de aparición de los indicadores de alteración registrados en las inspecciones in situ realizadas para el 5% de los muros que presentan peor estado de conservación en cada una de las 57 fortificaciones analizadas. Las líneas de color gris claro muestran los patrones de degradación de cada una de las fortificaciones analizadas y la línea azul oscura la media de estos valores. Los resultados obtenidos visibilizan que las patologías que más afectan a las fortificaciones de tapia andaluzas son aquellas relacionadas con el acceso de agua al muro. De este modo, las manchas de humedad, que aparece ya en estadios incipientes de degradación de la tapia, pueden ser considerados un indicador de alerta temprana de las zonas más propensas a presentar biocostras, procesos de erosión, arenización y desplazados.

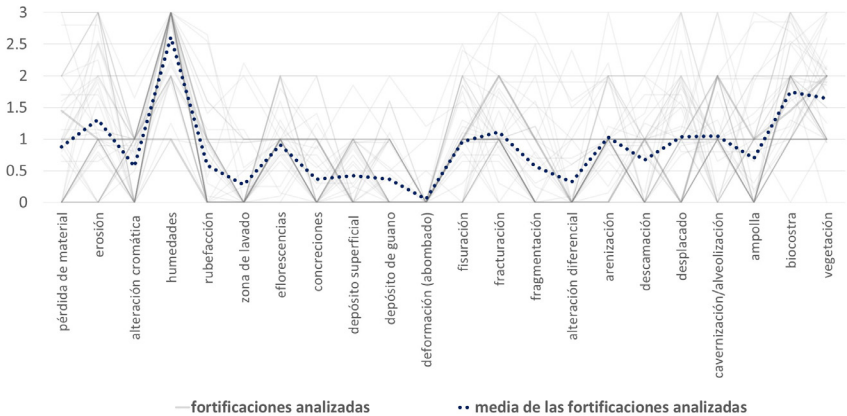


Figura 02. Frecuencia de aparición de los indicadores de alteración. Datos registrados a nivel de muro, a partir del percentil 95% de cada una de las 57 fortificaciones analizadas. El eje x muestra un listado de patologías encontradas y el eje y la frecuencia de aparición según una escala 0 - 3 (donde 0: no afecta al muro; 1: afecta a una parte pequeña del muro; 2: afecta una parte considerable del muro; 3: afecta gran parte del muro). La línea azul discontinua señala la media de la frecuencia de aparición.

La adaptación de las matrices Art-Risk® a la diagnosis de fortificaciones en tapia, ha permitido relacionar patologías y agentes de degradación, corroborando que los daños identificados in situ son causados principalmente por el impacto de las lluvias, las aguas del subsuelo y la presencia de suelos impermeables que dificultan el drenaje de los muros. En las tapias analizadas, una vez que el agua accede al interior de los muros, disminuye la resistencia de la tapia y la vuelve más vulnerable. Posteriormente, es la acción combinada de la lluvia y el viento la que produce los fenómenos de erosión y arenización registrados en la base de los muros. A su vez, los ciclos de secado-humectación causan problemas de agarre y desplazado de los revestimientos y dejan el núcleo de la tapia a la intemperie, favoreciendo nuevos ciclos de degradación y pérdida de material.

La capacidad que presentan estos procesos de degradación de generar daños en las estructuras ha sido evaluada a partir del índice de vulnerabilidad adaptado de la metodología de Ortiz y Ortiz (2016, 2018), que relaciona el escenario registrado in situ y el peor escenario posible. Los resultados ponen de manifiesto que un 71% de las fortificaciones analizadas presentan un índice de vulnerabilidad que oscila entre muy leve y moderado y visibilizan un correcto funcionamiento de los planes de mantenimiento y conservación desarrollados regularmente por parte de los organismos encargados de su custodia. El 29% restante presenta una vulnerabilidad alta debido a procesos de degradación incipientes que erosionan y desplazan la base de las estructuras y favorecen el acceso de agua al interior del muro.

La figura 03 muestra la frecuencia de aparición de las patologías registradas y el índice de vulnerabilidad (IV) estimado según el método propuesto en tres fortificaciones que afrontan diferentes estadios de deterioro. La comparación de los valores de vulnerabilidad identifica como estructuras extremadamente vulnerables, aquellas que presentan procesos avanzados de erosión, graves pérdidas de material y fragmentaciones causadas por los efectos del viento y del agua y la falta de intervención.

La publicación *Remote sensing to assess the risk for cultural heritage: forecasting potential collapses due to rainfall in historic fortifications* (Moreno, Ortiz y Ortiz, 2022b) presenta en mayor detenimiento el método de análisis de vulnerabilidad propuesto, que además permite cartografiar los datos para identificar rápidamente muros que presentan procesos de degradación más avanzados.

La necesidad de considerar también las características constructivas de la fábrica de tapia y del entorno en el cálculo de la vulnerabilidad fue abordado en el proyecto mediante la elaboración de un índice de vulnerabilidad expandida. Este índice considera junto a los procesos de degradación la tipología constructiva, el uso actual, el nivel de protección y el entorno inmediato.

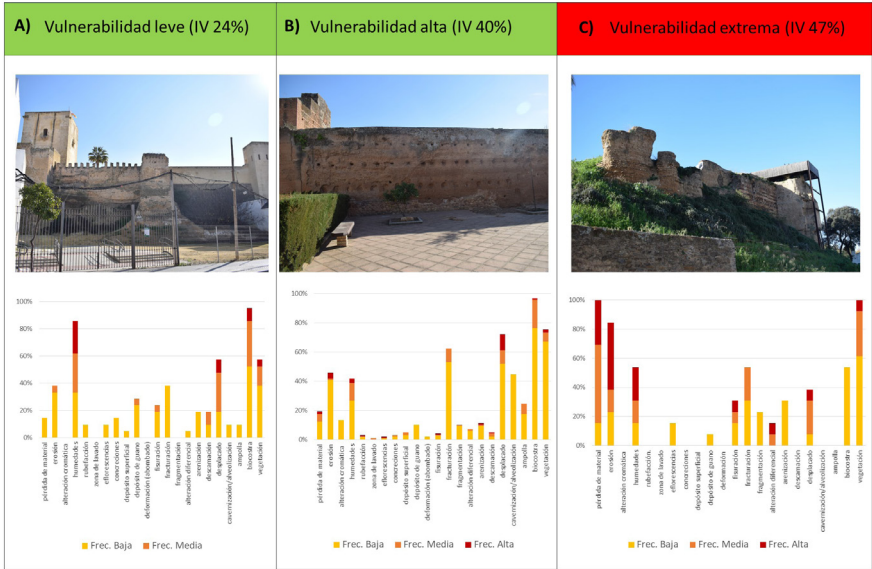


Figura 03. Clasificación jerarquizada de las 3 fortificaciones analizadas según Índice de Vulnerabilidad (%) y frecuencia de las patologías analizadas in situ. Verde oscuro: vulnerabilidad muy leve; verde claro: vulnerabilidad leve; amarillo: vulnerabilidad moderada; naranja: vulnerabilidad alta; rojo: vulnerabilidad extrema.

Entre los factores analizados, las características constructivas son las que más influyen en el incremento de la vulnerabilidad expandida. Los cercados medievales presentan múltiples fases constructivas que dejan constancia de los cambios históricos, tecnológicos y culturales ocurridos en el territorio de Al-Ándalus entre el s. VIII y el s. XV. La complejidad y riqueza documental de los restos conservados es un reto para su conservación y también aumenta la probabilidad de que una restauración incorrecta dificulte la comprensión global de los restos intervenidos y suponga una pérdida del valor documental.

Paralelamente, la gran variabilidad de tipologías de tapia identificadas en terreno complejiza la toma de decisiones en restauración. Es habitual que en un mismo recinto fortificado coexistan cajones de tapia fabricados por apisonado al interior del encofrado de madera y hormigones de tierra y cal vertidos en líquido al interior del encofrado. Los estudios de caracterización de muestras efectuados en este proyecto señalan también que las proporciones de cal y arcillas varían en gran medida en función de la técnica constructiva empleada en la fabricación de la tapia. Estos factores aumentan el grado de vulnerabilidad de las estructuras, por ello es necesario para futuras intervenciones la realización de caracterizaciones mineralógicas y estructurales y ensayar materiales y técnicas constructivas para que las restauraciones sean compatibles con la materialidad original de los muros.

En relación con los entornos inmediatos y usos, con frecuencia, las inmediaciones de las fortificaciones presentan zonas verdes y operan como espacios de paseo y recreación urbanos. Las dificultades asociadas al manejo combinado de construcciones patrimoniales en tierra y zonas verdes han sido abordadas en este proyecto mediante el desarrollo de métodos de monitoreo fundamentados en el análisis de series de imágenes satelitales a escala Big Data. Los resultados obtenidos de la evaluación de la salud de la vegetación y la humedad del subsuelo en entornos patrimoniales mediante recursos satelitales pueden ser consultados en el artículo *The effects of green urban areas in historic fortified cities: an analysis by Landsat historical series and Normalized Difference Indices* (Moreno, Ortiz y Ortiz, 2023). En la práctica, disponer de las herramientas desarrolladas en este proyecto pueden ser muy útil para la toma de decisiones de gestores y ayuntamientos sobre la inclusión y monitoreo de zonas verdes en Centros Históricos sin aumentar los niveles de riesgo que afrontan los recursos patrimoniales urbanos.

### 3.2. Peligrosidad del entorno y alerta temprana de emergencias climáticas

El método propuesto para evaluar las amenazas sociales, geofísicas, hidrológicas y meteorológicas del entorno se fundamenta en el uso conjunto de SIG y el análisis de grandes volúmenes de imágenes satelitales desde la nube (Moreno, Ortiz y Ortiz, 2022a). El principal logro alcanzado para el monitoreo de peligrosidades es la aplicación informática Art-Risk 5.0 (Figura 04), una herramienta de conservación preventiva que permite identificar la peligrosidad climática que afecta a la conservación de los Centros Históricos (<https://artrisk50.users.earthengine.app/view/art-risk5>).

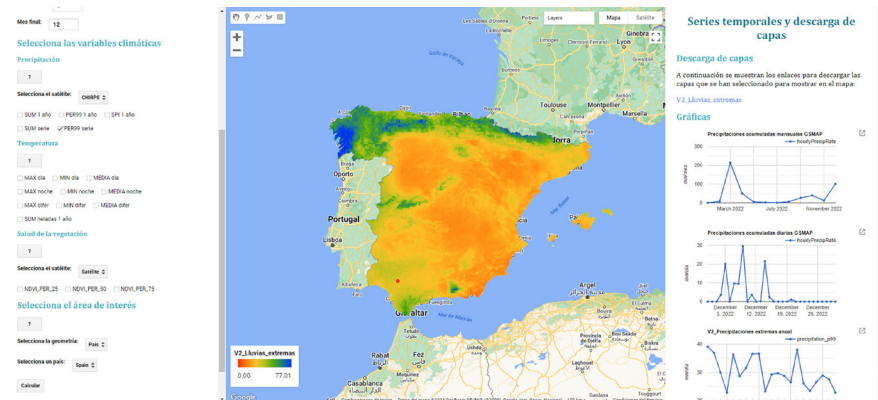


Figura 04. Interfaz de la herramienta Art-Risk 5.0. Cálculo y cartografiado de la peligrosidad según lluvias extremas en España y gráficas con valores de precipitación diarios, mensuales y anuales registrados en Sevilla a lo largo de 2022.

Art-Risk 5.0 se basa en la metodología para el análisis estadístico de grandes volúmenes de imágenes satelitales desarrollada en este proyecto y clasifica la peligrosidad climática de un territorio en función de la precipitación, la temperatura y la salud de la vegetación. Esta herramienta utiliza el álgebra de mapas para automatizar el cálculo de la máxima, la media y la mínima de las series de imágenes satelitales registradas durante periodos de hasta 20 años, permitiendo el monitoreo de variaciones meteorológicas y climáticas. Los valores calculados en Art-Risk 5.0 pueden descargarse como mapas en formato geotiff para ser integrados en otros SIG y como tablas en formato csv, que pueden ser abiertos en hojas de cálculo. A modo de ejemplo, la figura 5 presenta un mapa elaborado a partir de los datos de salud de vegetación ofrecidos por la herramienta Art-Risk 5.0 descargados e integrados en un SIG que incluye las fortificaciones en tapia conservadas en Sevilla. Este tipo de cartografía resulta esencial para asegurar un manejo integral y sostenible de los recursos naturales y el patrimonio Arquitectónico en Centros Históricos que afronte los retos del cambio climático.






La principal ventaja de ART-RISK 5.0 es la rapidez con la que se pueden evaluar los impactos del cambio climático a nivel local. Su uso facilita la toma de decisiones en ciudades y municipios interesados en implementar medidas para promover una gestión integrada de los recursos patrimoniales y un desarrollo urbano sostenible desde la perspectiva medioambiental, social y económica.

Actualmente, la metodología que sustenta la base de la herramienta ha sido descrita y testada con éxito para monitorear los efectos de las lluvias extremas y las sequías en la conservación de entornos con fortificaciones medievales en tierra en Andalucía (Moreno, Bertolín, Ortiz, et al., 2022; Moreno, Ortiz, y Ortiz, 2022b) y evaluar el impacto del cambio climático en la probabilidad de ocurrencia de grandes incendios (Moreno et al., 2023).





### Leyenda

-  Agua
-  Suelo sin vegetación
-  Suelo con vegetación
-  Suelo con vegetación densa
-  Fortificaciones

0 0,5 1 2 Km

Figura 05. Clasificación de coberturas de suelo a partir de la cartografía elaborada por la herramienta Art-Risk 5.0. Las zonas de vegetación densa aparecen señaladas en verde oscuro, los cursos de agua en azul y el suelo urbanizado o desnudo en tonos salmón.

## 4. CONCLUSIONES

El proyecto MURALLAS (UPO 20-01) ha diseñado y validado un modelo replicable para estimar el riesgo mediante el uso de índices de vulnerabilidad y el análisis de series de imágenes satelitales.

Los resultados obtenidos en el análisis de 57 fortificaciones que se conservan en el territorio andaluz han permitido identificar y cartografiar cuales son las murallas más expuestas a niveles de riesgo y aquellas que son más susceptibles de sufrir daños graves durante situaciones de emergencia.

Los resultados de la caracterización mineralógica de las estructuras de tapia indican que existe variabilidad mineralógica según la tipología de la tapia y que en futuras intervenciones deberían solicitarse este tipo de estudios para que las obras sean compatibles con la materialidad del bien.

Las herramientas y metodologías desarrolladas en este proyecto pueden ser empleadas por especialistas e instituciones encargadas de la gestión y conservación de las fortificaciones de tapia, ofreciendo nuevas alternativas para la prevención y alerta temprana de situaciones de alto riesgo y emergencias. Su uso por gestores del patrimonio permitirá desarrollar estrategias eficaces en las áreas de ordenación del territorio, urbanismo, emergencias, patrimonio cultural y conservación preventiva para este tipo de patrimonio construido.

La aplicación ART-RISK 5.0 se encuentra en abierto para garantizar la transferencia a la sociedad, y puede ser mejorada y adaptada a los riesgos de otros tipos de construcciones y ciudades en futuros proyectos.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado con los fondos del proyecto Diagnóstico y Catalogación del Patrimonio Arquitectónico Andaluz mediante Análisis de Riesgos y Vulnerabilidad (UPO.20-01), financiado por la Junta de Andalucía, Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Su desarrollo no hubiese sido posible sin la colaboración de los ayuntamientos de los 31 municipios andaluces evaluados y la participación desinteresada de los especialistas en tapia y conservadoras de las delegaciones de cultura de Andalucía que participaron como especialistas anónimos en la cuantificación de las variables de riesgo. Para el desarrollo de la aplicación Art-Risk 5.0 se contó también con la colaboración de los especialistas del proyecto FENIX (proyecto RETOS de Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i, código: PID2019-107257RB-I00). M. Moreno agradece al Programa Estatal para la Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación de España por su beca técnica (PTA2019-016882). La metodología Art-Risk® ha sido galardonada con el premio Europa Nostra 2021.

## 6. REFERENCIAS

- Bobic, S. y Akhavan, M. (2022). Tourism gentrification in Mediterranean heritage cities. The necessity for multidisciplinary planning. *CITIES*, 124, 1-6. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.103616>
- Dümcke, C. y Gnedovsky, M. (2013). *The Social and Economic Value of Cultural Heritage: literature review by Cornelia Dümcke and Mikhail Gnedovsky*. European Expert Network on Culture (EENC).
- ICOMOS (1987). *Carta Internacional para la Conservación de Poblaciones y Áreas Urbanas Históricas*. <https://www.academia.edu/download/32072596/1987-Washington.pdf>
- Loulanski, T. (2006). Cultural heritage in socio-economic development: Local and global perspectives. *Environments*, 34(2), 51-69.
- Machat, C. y Ziesemer, J. (Eds.) (2020). Heritage at risk on monuments and sites in danger. ICOMOS. [https://www.icomos.de/icomos/pdf/hr20\\_2016\\_2019.pdf](https://www.icomos.de/icomos/pdf/hr20_2016_2019.pdf)
- Moreno, M., Bertolín, C., Ortiz, P. y Ortiz, R. (2022). Satellite product to map drought and extreme precipitation trend in Andalusia, Spain: A novel method to assess heritage landscapes at risk. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 110, 102810. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2022.102810>
- Moreno, M., Ortiz, P. y Ortiz, R. (2019). Vulnerability study of earth walls in urban fortifications using cause-effect matrixes and gis: The case of Seville, Carmona and Estepa defensive fences. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 19(3), 119-138. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3583063>
- Moreno, M., Ortiz, R., Cagigas-Muñoz, D., Becerra, J., Martín, J. M., Prieto, A. J., Garrido-Vizuete, M. A., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J. y Ortiz, P. (2022). ART-RISK 3.0a fuzzy-based platform that combine GIS and expert assessments for conservation strategies in cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 55, 263-276. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.012>
- Moreno, M., Ortiz, R. y Ortiz, P. (2022a). Review of satellite resources to assess environmental threats in rammed earth fortifications. *Ge-Conservacion*, 21(1), 309-328. <https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1132>
- Moreno, M., Ortiz, R. y Ortiz, P. (2022b). Remote sensing to assess the risk for cultural heritage: forecasting potential collapses due to rainfall in historic fortifications. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, ahead-of-print(ahead-of-print), 1-22. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2022-0040>



Moreno, M., Prieto, A. J., Ortiz, R., Cagigas-Muñiz, D., Becerra, J., Garrido-Vizueté, M. A., Segura, D., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J. y Ortiz, P. (2022). Preventive Conservation and Restoration Monitoring of Heritage Buildings Based on Fuzzy Logic. *International Journal of Architectural Heritage*, 17(7), 1153-1170. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.2018520>

Naheed, S. y Shooshtarian, S. (2022). The Role of Cultural Heritage in Promoting Urban Sustainability: A Brief Review. *Land*, 11(9), 1-17. <https://doi.org/10.3390/LAND11091508>

Ortiz, R. (2014). *Análisis de vulnerabilidad y riesgos en edificios singulares de Sevilla* [Tesis Doctoral, Universidad Pablo de Olavide]. RIO-Repositorio Institucional Olavide. <http://hdl.handle.net/10433/1336>

Ortiz, R., Macías-Bernal, J. M. y Ortiz, P. (2018). Vulnerability and buildings service life applied to preventive conservation in cultural heritage. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 9(1), 31-47. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-11-2016-0047>

Ortiz, R. y Ortiz, P. (2016). Vulnerability Index: A New Approach for Preventive Conservation of Monuments. *International Journal of Architectural Heritage*, 10(8), 1078-100. <https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1186758>

Prieto, A. J., Turbay, I., Ortiz, R., Chávez, M. J., Macías-Bernal, J. M. y Ortiz, P. (2020). A Fuzzy Logic Approach to Preventive Conservation of Cultural Heritage Churches in Popayán, Colombia. *International Journal of Architectural Heritage*, 15(12), 1910-1929. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1737892>

Sodiq, A., Baloch, A. A. B., Khan, S. A., Sezer, N., Mahmoud, S., Jama, M. y Abdelaal, A. (2019). Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends. *Journal of Cleaner Production*, 227, 972-1001. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.04.106>

Turbay Varona, M. I. (2022). *Evaluación de vulnerabilidad y riesgo de iglesias patrimoniales en las ciudades de Popayán y Cartagena de Indias (Colombia) y de La Antigua (Guatemala)* [Tesis Doctoral, Universidad Pablo de Olavide]. <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/14586>

UNESCO (2022). *Living Heritage and threats*. <https://ich.unesco.org/dive/threat/?language=es>

# Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12

## US.20-08. Universidad de Sevilla. Caracterización de lechadas a base de conglomerantes hidr-áulicos ultrafinos para uso en reparación de obras de fábrica

**Investigador principal:** Fernando Fernández Ancio.

**Equipo del proyecto:** Beatriz Hortigón Fuentes, Esperanza Rodríguez Mayorga, Alejandro Cobo Fernández.

**Autores del capítulo:** Beatriz Hortigón Fuentes<sup>1</sup>; José Antonio Santiago Espinal<sup>1</sup>; Fernando Fernández Ancio<sup>1</sup>; Esperanza Rodríguez Mayorga<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad de Sevilla, España;

<sup>2</sup>Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, Universidad de Sevilla, España.

## Resumen

Las lechadas a base de conglomerantes hidráulicos ultrafinos han irrumpido recientemente con fuerza en el campo de las inyecciones de fábricas. Su finura de molido, así como su elevada resistencia y rigidez, la hacen apropiada para la inyección sobre todo cuando el soporte a inyectar se encuentra muy dañado y necesita ser suplementado con alguna de estas características mecánicas. Por otro lado, su composición elevadamente puzolánica, debido a un alto porcentaje de escorias de altos hornos, lo hace también apto para su uso en fábricas antiguas.

El proyecto “Caracterización de lechadas a base de conglomerantes hidráulicos ultrafinos para su uso en reparación de obras de fábrica” tenía como principal objetivo la elaboración de un protocolo para la fabricación y ejecución de diversos ensayos de lechadas a base de conglomerantes hidráulicos ultrafinos. Este protocolo ha sido elaborado, concretamente para el conglomerante Spinor A12, comercializado en España por Holcim. El protocolo, bajo el nombre “Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12” se encuentra actualmente en fase de edición para su publicación.

El “Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12” incluye, entre otras, una descripción detallada de la fabricación de moldes, elaboración de lechadas, determinación (en estado líquido) de su fluidez y tiempo de fraguado, proceso de fraguado de probetas y caracterización de las mismas mediante la realización de ensayos de resistencia a flexión, resistencia a compresión, capilaridad y velocidades de transmisión de ondas ultrasónicas.

## Palabras clave

Elaboración de probetas; Ensayos mecánicos y físicos; Fabricación de encofrados; Lechadas; Spinor A12.

## Línea temática

4. Catalogación, diagnóstico y metodología de intervención y conservación del patrimonio arquitectónico.

## 1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento del patrimonio inmueble es actualmente un tema que despierta la preocupación de muchos grupos sociales, desde los usuarios del mismo hasta las entidades locales, provinciales, autonómicas o nacionales implicadas en su mantenimiento y conservación, pasando por los numerosos grupos de investigación que actualmente se encuentran trabajando en el desarrollo de técnicas para alcanzar tal objetivo. La Comunidad Autónoma de Andalucía posee un extensísimo patrimonio arquitectónico construido mediante obra de fábrica de distinta naturaleza. Este patrimonio incluye piezas que presentan interés histórico-artístico y otras que, aunque no lo posean, sirven de vivienda a un importante número de personas. Lamentablemente, en la actualidad, existen ejemplos clasificados en ambos tipos que están cayendo en la ruina principalmente por la imposibilidad de su mantenimiento (Asociación Hispania Nostra, s.f.). Especialmente en lo que atañe al parque inmobiliario, hay un elevado número de viviendas que en la actualidad tiene más de cincuenta años, edad a la se considera que un edificio de importancia normal ha alcanzado el fin de su vida útil. Esto no implica su demolición, sino la necesidad de realizar un análisis de su estado de conservación y evaluar las medidas de reparación necesarias que puedan derivarse del mismo, incluyendo reparaciones estructurales. Esta consideración, recogida en la normativa actual (España. Ministerio de la Vivienda, 2011), ya aparecía en las versiones iniciales de la misma (Instituto Eduardo Torroja, 1971).

La obra de fábrica, debido a su propia morfología, presenta un elevado volumen de huecos, volumen que suele verse aumentado por el efecto del paso del tiempo. Este hecho la hace especialmente susceptible de ser consolidada mediante la inyección. A grandes rasgos, la inyección consiste en la aplicación de una lechada compuesta por un conglomerante, agua y algún tipo de aditivo que es introducida a presión a través de taladros en el interior del muro degradado, aportando continuidad y resistencia una vez alcanzado el tiempo de fraguado de la misma (Apih y Tomazevic, 1993; Tomazevic y Apih, 1993). La resistencia y rigidez final del muro inyectado dependerá de las características mecánicas de la lechada, las que a su vez dependerán del conglomerante y de la proporción de agua con la que la lechada haya sido preparada (Vintzileou y Miltiadou-Fezans, 2008).

Los conglomerantes hidráulicos ultrafinos a base de escorias de altos hornos tienen un amplio recorrido en lo que a inyección de terrenos se refiere (Corson et al., 2021; Kutzner, 2020; Padura et al., 2009; Pantazopoulos y Atmatzidis, 2012; Warner, 2004). Recientemente, este material ha dado el salto a su uso para reparación de fábricas (Martínez-Cañete, 2017; Martínez-Cañete et al., 2016; Rodríguez Mayorga et al., 2018; Rodríguez-Mayorga, 2011; Rodríguez-Mayorga et al., 2013; Yanes y Cobo, 2009). Su elevada finura de molido, del orden de micras, así como su composición, principalmente puzolánica, hace que este tipo de conglomerante sea bastante apropiado para su uso en lechadas de inyección (Hortigon et al., 2022; Suministros y Servicios Tecnológicos, s.f.). Dado que su uso en este campo es relativamente reciente, la documentación de sus propiedades, así como de la metodología de ensayo encontrada es escasa. Incluso la aplicación de normativa, en ocasiones, resulta ambigua.

El objetivo del proyecto de investigación, cuyas conclusiones aquí se recogen, no sólo es la caracterización de las lechadas a base de un conglomerante hidráulico ultrafino, en particular Spinor A12 (comercializado por Holcim), para su uso en consolidación de fábricas, sino también el establecimiento de un protocolo para la realización de diversos ensayos que sea de utilidad a los técnicos que trabajen con las mismas. El citado protocolo, titulado “Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de lechadas de Spinor A12”, actualmente en proceso de edición para ser publicado como monografía a través de la editorial de la Universidad de Sevilla, describe detalladamente la fabricación de moldes, elaboración de lechadas, fabricación de probetas y caracterización de las mismas mediante los ensayos del tiempo de fraguado, fluidez, capilaridad, resistencia a flexión, resistencia a compresión y velocidades de transmisión de ondas ultrasónicas. Igualmente, este protocolo puede considerarse una guía sobre los diferentes procedimientos establecidos por las distintas normativas existentes al respecto, algunas contradictorias entre sí, así como de las decisiones que han tenido que ser tomadas por carencia de normativa en determinados aspectos o de los inconvenientes que han surgido durante alguno de los procesos descritos. Esta comunicación recoge los principales hitos del protocolo elaborado, así como de las publicaciones a las que este proyecto ha dado lugar.

## 2. NORMATIVA

La normativa europea aplicable a lechadas tiene carácter genérico, aunque principalmente orientado al uso de las lechadas para inyección de las vainas de postesado (EN 447:2007 Grout for Prestressing Tendons - Basic Requirements, 2007; EN 445:2007 Grout for Prestressing Tendons - Test Methods, 2007). Por el contrario, en Estados Unidos, sí hay normativa específica a aplicar a las lechadas cuando su uso es la inyección de fábricas (ASTM C1019 Standard Test Method for Sampling and Testing Grout for Masonry, 2020), concretamente para la determinación de su resistencia a compresión. Con carácter

específico, para lechadas con conglomerantes a base de cementos es de aplicación la norma europea (EN 196-3:2016 Methods of Testing Cement - Part 3: Determination of Setting Times and Soundness, 2016), mientras que los especímenes elaborados han sido caracterizados mecánicamente aplicando tanto normativa europea (EN 1015-11:2019 Methods of Test for Mortar for Masonry. Part 11: Determination of Flexural and Compressive Strength of Hardened Mortar, 2019; EN 196-1:2016 Methods of Testing Cement - Part 1: Determination of Strength, 2016), como otra normativa específica de países distintos a España (German Institute for Standardisation, 1999). La falta de normativa específica para lechadas del tipo analizado ha hecho necesaria la aplicación para determinados ensayos de normativa para hormigón (EN 12504-4:2004 Testing Concrete - Part 4: Determination of Ultrasonic Pulse Velocity, 2004.) o algunas recomendaciones no normativas para otro tipo de lechadas (Biçer-Şimşir & Rainer, 2011). Un resumen de los ensayos realizados y la normativa correspondiente se encuentra en la Tabla 01.

Normativa	Territorio	Objeto	Aspecto que regula
EN 445:2007	Europa	Lechada	Ensayo granulométrico por tamizado y ensayo de fluidez
EN 447:2007	Europa	Lechada	Elaboración de las mezclas y vertido
EN 196-3	Europa	Cementos	Determinación del tiempo de fraguado
EN 196-1	Europa	Cementos	Determinación de la resistencia a compresión y a flexión
EN 1015-11	Europa	Morteros para fábricas	Determinación de la resistencia a compresión y a flexión
ASTM C1019	Estados Unidos	Lechadas para fábricas	Elaboración de los especímenes y determinación de la resistencia a compresión
DIN 18555-9	Alemania		Determinación de la resistencia a compresión mediante el Double Punch Test
EN 12504-4:2004	Europa	Hormigón	Determinación de la velocidad de la transmisión de pulsos ultrasónicos
Recomendaciones de Getty Conservation Institute		Lechadas de cal	Determinación del coeficiente de absorción por capilaridad

Tabla 01.

### 3. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La preparación de los especímenes para ensayo implica tanto la preparación de las lechadas como el vertido de las mismas en los encofrados fabricados ex profeso para este fin. Las distintas proporciones agua/conglomerante hidráulico ultrafino elaboradas, donde el conglomerante ha sido en todo caso el Spinor A12, han sido completadas con el super plastificante antifloculante Plast355, de la marca comercial Sika, en una proporción del 5% del peso del conglomerante.

Las mezclas se han preparado en un agitador de alta turbulencia (EN 447:2007 Grout for Prestressing Tendons - Basic Requirements, 2007) para luego ser vertidas en los moldes. Debido a la fuerte retracción y alta decantación del conglomerante que se producen durante el proceso de fraguado, se hace necesario la fabricación de bloques de mayor tamaño de los especímenes a ensayar, que posteriormente serán cortados según las dimensiones especificadas en la norma. En referencia al tema de los encofrados para la elaboración de probetas destinadas a los ensayos mecánicos, existe discrepancia entre las normativas consultadas. Mientras en la normativa europea (EN 445:2007 Grout for Prestressing Tendons - Test Methods, 2007) se establece el uso de encofrados metálicos o, en su defecto, fabricados con algún material no absorbente, la normativa estadounidense (ASTM C1019 Standard Test Method for Sampling and Testing Grout for Masonry, 2020) ofrece dos posibilidades. La primera posibilidad es el empleo de encofrados fabricados con material cerámico o algún material absorbente mientras que la segunda consiste en encofrados que mezclen material absorbente con no absorbente, en ambos casos con el fin de reflejar las condiciones finales de las lechadas en contacto con la fábrica.

Los materiales usados para la fabricación de los encofrados en este proyecto han sido, por un lado, planchas de metacrilato, y por otro, tableros de fibra de madera de Densidad Media (conocidos normalmente como DM) (Figura 01). Únicamente para el ensayo de capilaridad, la lechada ha sido vertida sobre tubos de PVC. Tras el vertido, las mezclas se han mantenido en una cámara de curado a una temperatura de 20 °C y humedad relativa superior al 50%, siendo desencofradas tras 24-48 horas, tiempo variable en función de la dosificación A/C y el material del molde. Tras este proceso, las muestras ya endurecidas han continuado su curado en un baño de agua a una temperatura constante de 20°C hasta la edad de 28 días, tras lo cual se han elaborado probetas de distintos tamaños de acuerdo a las diferentes normativas y ensayos mediante el corte de los bloques iniciales con tronzadora.

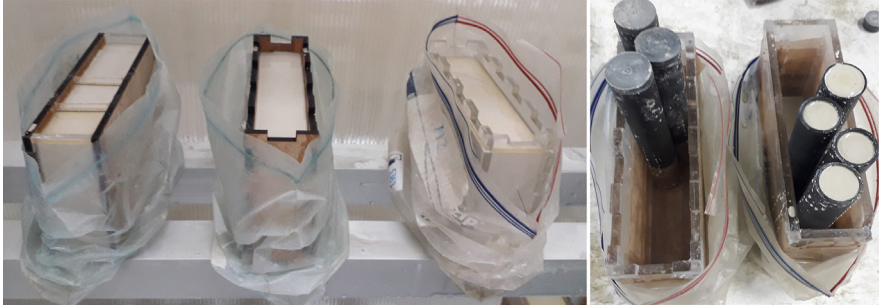


Figura 01. Encofrados usados en el proyecto para los ensayos mecánicos (izquierda) y ensayos de capilaridad (derecha).

## 4. ENSAYOS

En este apartado se describen los ensayos realizados en laboratorio destinados a caracterizar física y mecánicamente las lechadas de Spinor A12.

### 4.1. Ensayos físicos

El ensayo de fluidez se realiza, conforme a la norma (EN 445:2007 Grout for Prestressing Tendons - Test Methods, 2007), mediante el uso del cono de Marsh. De esta forma, puede medirse en una misma operación el tiempo de paso del fluido a través del orificio inferior del cono. En cuanto a la determinación del inicio de fraguado, la herramienta a utilizar es la aguja de Vicat, y el procedimiento a seguir el establecido en (Biçer-Şimşir y Rainer, 2011) y en el Anexo A de la norma (EN 196-3:2016 Methods of Testing Cement - Part 3: Determination of Setting Times and Soundness, 2016), dependiendo de la dosificación de la lechada, lo que está directamente relacionado con la pérdida de líquido que sufre la misma durante el proceso de fraguado.

El sistema poroso de las probetas de lechada se caracteriza mediante el ensayo de capilaridad, llevado a cabo conforme a las instrucciones establecidas en (Biçer-Şimşir y Rainer, 2011). Tras el desencofrado de las probetas cilíndricas, éstas pasan directamente a ser desecadas en desecador con sílice, en estufa y posteriormente ensayadas sin cortarse, pues podrían inducirse fisuras y modificar el sistema poroso original. Es importante que durante la ejecución del ensayo el recipiente en que se sumergen las probetas se encuentre cerrado para evitar la evaporación del líquido (Figura 02).



Figura 02. Cono de Marsh con tamiz incorporado, aguja de Vicat y ensayo de capilaridad.

Respecto al ensayo de ultrasonidos (Figura 03) para la determinación del módulo de Young dinámico, a pesar de la dimensión de 40 mm x 40 mm x 160 mm establecida en la norma para hormigones (EN 12504-4:2004 Testing Concrete - Part 4: Determination of Ultrasonic Pulse Velocity, 2004) para su realización, éstos han sido llevados a cabo sobre prismas de base mínima 40 mm x 40 mm y espesor entre 3 y 20 mm. Dado que el ensayo solo puede realizarse sobre muestras sin grietas ni ningún tipo de defecto de ejecución, no han podido conseguirse espesores superiores a los indicados que cumplan estas condiciones, debido principalmente a la retracción y a la decantación durante el proceso de fraguado. Las mediciones del ultrasonido serán directas, siempre que sea posible, previa la aplicación de gel acoplante. Los palpadores utilizados para la medición de la velocidad de transmisión tanto de las ondas longitudinales como transversales poseen un diámetro de 25 mm y una frecuencia de 0,1 MHz.



Figura 03. Ensayo de ultrasonidos directo.



## 4.2. Ensayos mecánicos

Todas las probetas son pesadas en balanza de precisión antes de ser ensayadas, con el fin de establecer el valor medio de la densidad de las lechadas.

Tanto el ensayo a compresión sobre probeta cúbica como sobre probeta prismática esbelta (Figura 04) se realizan siguiendo el mismo procedimiento (EN 1015-11:2019 Methods of Test for Mortar for Masonry. Part 11: Determination of Flexural and Compressive Strength of Hardened Mortar, 2019; EN 196-1:2016 Methods of Testing Cement - Part 1: Determination of Strength, 2016). Importante es el hecho de que la colocación de las rosetas extensiométricas para la determinación del módulo de Young estático y el coeficiente de Poisson debe realizarse sobre una superficie lisa, que será la parte que ha estado en contacto con el encofrado, o bien la cara que ha sido cortada, dependiendo de que el molde haya sido de metacrilato o de DM, respectivamente. Esto viene causado porque, en el segundo caso, la superficie de la probeta resultante del contacto con el DM es demasiado rugosa y no cumple los requisitos de planitud para adherir una galga. El asiento entre el plato de carga y la probeta se realiza mediante láminas de goma EVA.

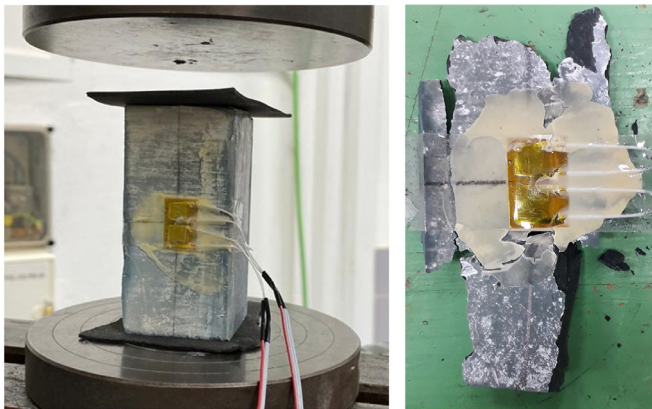


Figura 04. Ejecución del ensayo de compresión a probeta prismática (izquierda) y estado de la probeta una vez ensayada (derecha).

La misma maquinaria de ensayo se utiliza para la realización tanto del ensayo de flexión EN 1015-11:2019 Methods of Test for Mortar for Masonry. Part 11: Determination of Flexural and Compressive Strength of Hardened Mortar, 2019; EN 196-1:2016 Methods of Testing Cement - Part 1: Determination of Strength, 2016) como del ensayo de compresión Double Punch Test (en adelante DPT) (German Institute for Standardisation, 1999) aunque ambos

ensayos utilicen útiles auxiliares distintos (Figura 05). El ensayo a flexión exige la instalación de dos rodillos en la parte inferior de la probeta para simular dos apoyos deslizantes y de un punzón (o elemento de empuje) para la aplicación de la carga en su cara superior. El ensayo de compresión necesita de un plato inferior fijo y de un plato superior que tenga una cierta capacidad de giro para adaptarse a la cara superior de la probeta por si ambas caras de la probeta (la superior y la inferior) no estuviesen perfectamente paralelas entre ellas. Ambos ensayos terminan con la rotura de las probetas y en ninguno de los dos es posible la instalación de galgas extensométricas debido a sus reducidas dimensiones, por lo que no es posible registrar deformaciones reales del material, sino solo las deformaciones medidas por el desplazamiento del punzón o del plato superior y la fuerza ejercida sobre la probeta en ambos casos.



Figura 05. Ejecución y ensayo de flexión (izqda.) y Double Punch Test (dcha).

## 5. CONCLUSIONES

En este capítulo se han descrito los principales hitos del “Protocolo para fabricación y caracterización en laboratorio de probetas de lechada de Spinor A12” elaborado al amparo del Proyecto de Investigación “US.20-08 Caracterización de lechadas a base de conglomerantes hidráulicos ultrafinos para su uso en reparación de obras de fábrica” concedido en la “Convocatoria para 2020 para la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia competitiva, destinadas a Universidades Públicas Andaluzas para el desarrollo de proyectos de investigación en las materias de vivienda, rehabilitación y arquitectura”. Este protocolo, destinado tanto al personal técnico como científico, facilita y potencia el uso de lechadas a base de Spinor A12 como conglomerante, siendo un documento que muestra las particularidades encontradas en la caracterización en laboratorio de dichas lechadas y la adaptación necesaria, para estas mezclas en concreto, de la normativa existente referida a lechadas, morteros y hormigones. Esta publicación abre las puertas al uso extensivo de las lechadas de Spinor A12 en consolidación de fábricas, lechadas que ya han dado excelentes resultados hasta el momento en su uso para tal fin.

## 6. REFERENCIAS

Apih, V. y Tomazevic, M. (1993). Masonry-friendly grouting as a method of improvement of characteristics of stone-masonry walls. *Materials Science and Restoration*, 2, 1378-1392.

Asociación Hispania Nostra. (s.f.). *Lista Roja del Patrimonio*. <https://listarojapatrimonio.org>

ASTM (2020). *Standard Test Method for Sampling and Testing Grout for Masonry*, ASTM International (ASTM C1019).

ASTM (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory* (ASTM C942-15).

Biçer-Şimşir, B. y Rainer, L. (2011). *Evaluation of Lime-Based Hydraulic Injection Grouts for the Conservation of Architectural Surfaces*. The Getty Conservation Institute.

Corson, L., Reid, C., Lunn, R. J., El Mountassir, G., Henderson, A. E., Henderson, K., Pagano, A. G. y Kremer, Y. (2021). Field validation of a detectable, magnetic, cementitious grout for rock fracture grouting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.ijmms.2021.104853>

European Committee for Standardization (2004). *Testing concrete - Part 4: Determination of ultrasonic pulse velocity* (EN 12504-4:2004).

European Committee for Standardization (2007a). *Grout for prestressing tendons - Test methods* (EN 445:2007).

European Committee for Standardization (2007b). *Grout for prestressing tendons - Basic requirements* (EN 447:2007).

European Committee for Standardization (2016a). *Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength* (EN 196-1:2016).

European Committee for Standardization (2016b). *Methods of testing cement - Part 3: Determination of setting times and soundness* (EN 196-3:2016).

European Committee for Standardization (2019). *Methods of Test for Mortar for Masonry. Part 11: Determination of Flexural and Compressive Strength of Hardened Mortar* (EN 1015-11:2019).

German Institute for Standardisation (1999). *Testing of mortars containing mineral binders - part 9: hardened mortars - Determination of the mortar compressive strength in the bed joint* (DIN 18555-9).

Hortigon, B., Ancio, F., Espinal, J. S. y Rodríguez-Mayorga, E. (2022). Experimental study on mechanical properties of microcement-based grouts. *Proceedings of Euro American Congress Rehabend Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*.

Kutzner, C. (2020). *Grouting of Rock and Soil*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003077893>

Martínez-Cañete, M. (2017). *Recuperación del Teatro Romano de Cádiz e intervención en los edificios que gravitan sobre él* [Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla]. Repositorio idUS. <https://hdl.handle.net/11441/70985>

Martínez-Cañete, M., Rodríguez-Mayorga, E., Yanes, E. y Sáez, A. (2016). Intervención en los edificios que gravitan sobre el teatro romano de Cádiz y puesta en valor del mismo. En L. Villegas, H. Blanco, Y. Bofill e I. Lombillo (eds.), *6th Euro-American Congress on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management, REHABEND 2016* (pp. 2131-2138). Universidad de Cantabria - Building Technology R&D Group.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (s.f.). *Código Técnico de la Edificación*. <https://www.codigotecnico.org/>

Padura, A. B., Sevilla, J. B., Navarro, J. G., Bustamante, E. Y. y Crego, E. P. (2009). Study of the soil consolidation using reinforced jet grouting by geophysical and geotechnical techniques: "La Normal" building complex (Granada). *Construction and Building Materials*, 23(3), 1389-1400. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.011>

Pantazopoulos, I. A. y Atmatzidis, D. K. (2012). Dynamic properties of microfine cement grouted sands. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 42, 17-31. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2012.05.017>

Instituto Eduardo Torroja (1971). *Obras de Fábrica. P.i.e.t.70 – Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja*. Instituto Eduardo Torroja.

Rodríguez Mayorga, E., Cobo, A., Yanes, E. y Sáez, A. (2018). The Repair of the Structure of Santiago's Church (Jerez De La Frontera, Spain) Using Grout-Injection. *International Journal of Architectural Heritage*, 13(8), 1234-1251. <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1515273>

Rodríguez-Mayorga, E. (2011). *Rehabilitación del templo parroquial de Santiago Apóstol: anamnesis, diagnosis, terapia y control* [Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla]. Repositorio idUS. <https://hdl.handle.net/11441/73278>

Rodríguez-Mayorga, E., Yanes, E., Compán, V. y Sáez-Pérez, A. (2013). La restauración del templo parroquial de San Dionisio (Jerez de la Frontera, España). *Informes de La Construcción*, 65(529), 5-16. <https://doi.org/10.3989/ic.11.130>

Suministros y Servicios Tecnológicos (s.f.). *Microcementos*. <https://microcementos.com>

Tomazevic, M. y Apih, V. (1993). The strengthening of stone -masonry walls by injecting the masonry-friendly grouts. *Journal of the European Association for Earthquake Engineering*, VI(1), 10-20.

Vintzileou, E. y Miltiadou-Fezans, A. (2008). Mechanical properties of three-leaf stone masonry grouted with ternary or hydraulic lime-based grouts. *Engineering Structures*, 30(8), 2265-2276. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2007.11.003>

Warner, J. (2004). *Practical Handbook of Grouting: Soil, Rock, and Structures*. John Wiley & Sons.

Yanes, E. y Cobo, A. (2009). Un proyecto arquitectónico singular de consolidación. La futura mirada al Teatro romano gaditano. En D. Bernal y A. Arévalo (eds.), *El Theatum Balbi de Gades. Una mirada al futuro* (pp. 155-169). Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones.

## Campus Ugr. Sostenibilidad. Plan de actuación para el desarrollo territorial, urbano y arquitectónico de la azucarera de San Isidro y su paisaje

**UGR.20-03. Universidad de Granada. Azucarera S. Isidro. Recuperación de un bien de interés cultural para desarrollo de un modelo de ciudad sostenible smartcity**

**Investigador principal:** Ángel Isac Martínez de Carvajal.

**Equipo del proyecto:** Miguel Ángel Álvarez Areces, José Miguel Azañón Hernández, Carlos Baztán Lacasa, Agustín Castillo Martínez, José Castillo Ruiz, Juan Domingo Santos, Tomás García Piriz, Ricardo Hernández Soriano, Enrique Herrera Viedma, Francisco Javier Martín Ramiro, Roser Martínez Ramos e Iruela, Víctor Medina Flórez, Antonio Manuel Montufo Martín, Carmen Moreno Álvarez, Enrique Olmedo Rojas, Fernando Osuna Pérez, Ana Isabel Rodríguez Aguilera, Alicia del Carmen Ruiz Molina, Juan Serrano García, Julián Sobrino Sima, María del Mar Villafranca Jiménez.

**Autor del capítulo:** Juan Domingo Santos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Granada, Granada, España.

### Resumen

La Universidad de Granada adquirió a finales del año 2021 la azucarera de San Isidro, un ingenio industrial de finales del siglo XIX y principios del XX declarado Bien de Interés Cultural en 2015 por sus valores arquitectónicos, culturales y paisajísticos. La intención de la universidad es desarrollar un campus ecológico y de sostenibilidad (Campus Ugr\_ Sostenibilidad) con programas de usos mixtos relacionados con la investigación sobre el medioambiente, la ecología, la biodiversidad, el clima y la agroalimentación, junto a programas de extensión universitaria destinados a la dotación de servicios procomún, espacios culturales, equipamientos y otros de proximidad con la agricultura y el estudio y divulgación de la industria. El proyecto se completa con la creación de un eco barrio residencial para investigadores y empresas del campus y un parque ecológico y paisajístico de la memoria que conectará este histórico espacio con la ciudad y la Vega formando parte de una infraestructura verde urbana.

La investigación plantea una metodología de recuperación de este conjunto industrial y su paisaje con una visión territorial e integrada a partir del estudio de la historia del suelo y las transferencias experimentados en el transcurso de la historia. Con intención de establecer una relación entre los elementos que integran este recinto y el entorno, se recurre a la metodología del *mapping* y *overlay-mapping* empleada en los registros de un territorio, extendiendo este concepto a las infraestructuras, a las construcciones industriales y a sus relaciones con el paisaje. El *mapping* implica la construcción de una situación conjunta de aspectos de distinta índole (históricos, arqueológicos, tecnológicos, ambientales,

territoriales y de uso) que tienen que ver con los modos de interferir sobre los elementos de un paisaje y su historia a fin de alcanzar un nivel de complejidad en el proyecto de recuperación. En la investigación se recurre también a la metodología empleada en la “cartografía crítica” de J.B. Harley para investigar en el impacto antrópico de los paisajes, en este caso con incorporación del entorno agrícola, las infraestructuras y los significados culturales aplicados a la reconstrucción del paisaje por capas y temáticas distintas.

El proyecto de recuperación de este patrimonio se enmarca dentro de un modelo de trabajo interdisciplinar y participativo desarrollado a través de un proyecto de investigación aplicado de la Universidad de Granada con la participación de instituciones públicas y otras dedicadas al estudio y preservación del patrimonio industrial y el paisaje. El texto presenta los trabajos de recuperación en curso, el diseño de la investigación y la metodología crítica de intervención con las líneas de trabajo empleadas para el estudio de este conjunto industrial, cuyo resultado ha sido la elaboración de un plan estratégico de actuación y desarrollo (master plan) de acuerdo a la consideración patrimonial de este lugar y su historia.

### **Palabras clave**

Azucarera de San Isidro; Industria; Mapping; Paisaje; Patrimonio.

### **Línea temática**

3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social
4. Catalogación, diagnóstico y metodología de intervención y conservación del patrimonio arquitectónico.

## **1. ESTRATEGIAS PARA LA RECUPERACIÓN SOCIAL DE LOS CENTROS HISTÓRICOS**

Antecedentes, motivación y justificación del proyecto.





Figura 01. Vista aérea de la azucarera de San Isidro con la vía del ferrocarril y la acequia Gorda. Fuente: Aviofoto (2003).

El conjunto de la azucarera formará parte de un parque paisajístico metropolitano que conectará la Vega con la red de parques de la ciudad de Granada a través de un corredor verde con sistemas de movilidad no contaminantes. La Universidad de Granada aspira con las actividades en este nuevo recinto y en el parque a mejorar el bienestar social de la comunidad universitaria y de la ciudadanía, educar en la concienciación del medioambiente y preservar un patrimonio industrial de primer orden y su paisaje conforme a las directrices de la Unión Europea y la agenda 2030 de la Naciones Unidas.

La recuperación de este patrimonio y la implantación y desarrollo de los programas están concebidos dentro de los principios de intervención de la ciudad sostenible e inteligente (*smartcity*), cuyas áreas de prioridad están enfocadas a los usuarios, al entorno y a los edificios, con un diseño realizado a partir de los recursos del medio, el respeto por las preexistencias arquitectónicas, las infraestructuras y el paisaje, con una gestión energética y ambiental sostenible, y la incorporación de nuevas tecnologías que mejoren la calidad de vida de sus habitantes. La recuperación supondrá también la mejora del entorno de la azucarera y su paisaje, así como la regeneración urbana, social y



económica del barrio de la Bobadilla, favoreciendo un desarrollo urbano en un ámbito, en la actualidad, muy desestructurado urbanísticamente.

Este modelo de desarrollo para la azucarera debe entenderse dentro de las circunstancias actuales y el panorama bajo el que nace su futuro: la revisión de un planeamiento urbanístico con un proyecto de crecimiento de ciudad vinculado con la Vega y la incorporación de una nueva red de infraestructuras verdes, las expectativas de una comunidad universitaria integrada por más de 70.000 personas, una universidad con un fuerte compromiso con la ciudad y con voluntad de contribuir al bien común y a la mejora del medio, y un complejo industrial de un alto valor patrimonial y paisajístico emplazado entre la fértil Vega granadina y la ciudad. Esta política de regeneración urbana y de recuperación de un patrimonio moderno de la ciudad de Granada forma parte de una serie de actuaciones emprendidas por la Universidad de Granada con motivo del V centenario de su fundación en 1531 por el emperador Carlos V. La recuperación de la azucarera de San Isidro se integra dentro de una serie de patrimonios BIC de la universidad que enriquecerán su legado patrimonial y cultural en una ciudad Patrimonio Mundial que aspira a ser capital europea de la cultura en el año 2031.

## 2. AZUCARERA DE SAN ISIDRO. MEMORIA, IDENTIDAD Y VALORES PATRIMONIALES

El conjunto industrial azucarero de San Isidro constituye un elemento patrimonial de primer nivel declarado en el año 2015 Bien de Interés Cultural (Tipología de Lugar de Interés Industrial según la Ley de Patrimonio Histórico de Andalucía). Se trata de un elemento referencial de máximo interés vinculado al paisaje agrario de la Vega de Granada que destaca entre las tipologías ligadas al patrimonio industrial dentro del territorio nacional. La catalogación se extiende a las construcciones, a las infraestructuras y a su paisaje que, de esta manera, se han salvado de la destrucción y desaparición. Por su interés e importancia el conjunto azucarero forma parte de la lista de los cien elementos más representativos de la arquitectura industrial española elaborada por el Ministerio de Cultura a través de The International Committee for the Conservation of the Industrial Heritage (TICCIH-España). (Figura 02) .



Figura 02. Nave principal de producción. Fuente: Juan Moreno (2023).

La implantación de la azucarera se realizó en terrenos situados en la confluencia de la vía férrea de entrada a la ciudad en 1874 y la acequia Gorda de época medieval, dos elementos básicos para la industria del azúcar. Andalucía posee en las fábricas azucareras un conjunto patrimonial con arquitecturas y medios tecnológicos únicos en Europa debido a la proliferación de este tipo de cultivo exclusivo en el frente litoral, entre Adra y Vélez Málaga (caña de azúcar), que más tarde se extendería a terrenos del interior con el cultivo de la remolacha durante el siglo XIX y buena parte del siglo XX. Entre este conjunto de azucareras, el complejo de San Isidro y el ingenio de San Juan destacan de manera especial por el interés tipológico de su arquitectura, diseño y planificación, así como por sus valores estéticos –en ella confluyen influencias centroeuropeas y británicas–, el carácter innovador y originalidad de los sistemas tecnológicos y científicos, y los sistemas estructurales empleados. Junto a estos valores tipológicos, técnicos y materiales de una época sin precedentes en el desarrollo industrial y urbano de la ciudad de Granada, cabe resaltar la relación que el

conjunto industrial mantiene aún hoy con el entorno de la Vega y su paisaje agrario, y el valor social como parte del registro de vidas de hombres y mujeres corrientes que proporcionan un sentimiento de identidad. Este conjunto de elementos materiales y humanos dotan a este lugar de unos valores históricos, sociales, arquitectónicos y paisajísticos que le han hecho merecedor de su declaración de Bien de Interés Cultural.

El conjunto industrial cuenta con una superficie de parcela de 87.958 m<sup>2</sup> y cerca de 20.000 m<sup>2</sup> de superficie construida de naves. Está formado por el ingenio de San Juan (1882-1904) –la primera fábrica de azúcar de remolacha de España–, y la azucarera de San Isidro (1901-1984). Ambas constituyen un referente de la historia agrícola e industrial de la ciudad de Granada que influyó decisivamente en su transformación urbana con la construcción de la Gran Vía de Colón (o avenida del Azúcar) y en el desarrollo de los nuevos sistemas constructivos arquitectónicos de la época, sinónimo de progreso y evolución de la Granada de la primera mitad del siglo XX. Junto a la fábrica se encuentra el barrio de la Bobadilla construido para dar alojamiento a los trabajadores de la Casa del Tabaco y a los de la azucarera. Hoy es un núcleo urbano de interés tipológico que continúa vinculado a la memoria de la azucarera de San Isidro.

En la actualidad, a excepción de la maquinaria de la que no queda rastro alguno en el conjunto industrial, el recinto conserva la casi totalidad de las edificaciones e infraestructuras que lo integraban en el momento de su cierre tras la última campaña del año 1983-1984, así como el arbolado, pavimentos, estanques, ramales de agua y acequias que continúan presentes como lo hicieron en vida de la azucarera. Salvo algunas naves y edificaciones complementarias, el conjunto de construcciones que formaban el complejo industrial de San Juan y de San Isidro ha permanecido en pie aún a pesar de los numerosos expolios y el abandono tras el cierre de la fábrica. Entre los elementos más significativos destacan las infraestructuras de agua (albercas, acequias, ramales y pozos) repartidas por el recinto, el cuerpo de edificación de naves, la torre de la destilería –auténtico hito en el paisaje–, el horno continuo de cal y las vías del tranvía que accedía al interior del recinto. También destacan las esbeltas chimeneas y las infraestructuras de almacenaje y movilidad como silos de remolacha, carboneras, pasos elevados de ferrocarril y cargaderos de vagonetas. Un conjunto de elementos que se han preservado en el tiempo y que son testimonio de la organización de este ingenio azucarero y de sus valores arquitectónicos y paisajísticos en el territorio. En el interior, el catálogo de soluciones estructurales y constructivas que vinieron a sumarse a los ingenios de la maquinaria es extenso y muy variado: columnas y escaleras de fundición, cerchas, estructuras metálicas y de hormigón, constituyen un repertorio muy novedoso para la época en la que fueron realizadas. La azucarera representaba un nuevo tiempo de riqueza, modernidad y desarrollo para una ciudad que había vivido de espaldas al progreso y que encontró en los ingenios azucareros una solución rentable de industrialización de la agricultura y de preservación del paisaje de la Vega. Un modelo empresarial que supuso una edad de oro para la economía granadina y que puso a la ciudad de Granada a la cabeza del panorama económico nacional.

El objetivo de la Universidad de Granada es preservar este espacio patrimonial y desarrollar un modelo de intervención que permita establecer continuidad entre el paisaje agrícola-industrial y el contexto urbano a través de los recursos del medio y la reutilización de las construcciones e infraestructuras existentes (Figura 03).

### 3. ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL CONJUNTO INDUSTRIAL. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y MÉTODO

El desarrollo futuro de la azucarera de San Isidro se ha abordado a través de un proyecto de investigación aplicada y multidisciplinar de la Universidad de Granada bajo el título *Azucarera de S. Isidro. Recuperación de un Bien de Interés Cultural para desarrollo de un modelo de ciudad sostenible Smartcity* (Referencia UGR20-03). El resultado de la investigación ha sido un plan estratégico de actuación (master plan) que incluye los modelos de gestión y financiación para su puesta en marcha y funcionamiento. Los estudios realizados han puesto de manifiesto la importancia de actuar en el conjunto industrial con una alta calidad arquitectónica y paisajística conforme a los valores patrimoniales del recinto, acometer las intervenciones que se lleven a cabo desde una perspectiva multidisciplinar y prestar atención a todas las fases del proceso.



Figura 03. Vista de la parte posterior con las infraestructuras. Fuente: Estudio JDS (2006).

El trabajo desarrollado ha proporcionado una base documental inédita sobre el conjunto industrial y las transformaciones históricas del recinto y su paisaje, ha permitido consensuar los posibles usos futuros del campus de acuerdo a los intereses de la Universidad de Granada y los de la ciudadanía, y abordar un estudio de los sistemas energéticos incidiendo en los nuevos retos de la sostenibilidad ambiental y económica. La documentación elaborada durante la investigación constituye la base para concebir un plan estratégico de actuación con implantación de usos, cronograma de actuaciones, fases de intervención y un modelo de gestión y planificación adecuados a este entorno patrimonial como resultado de la investigación.

La investigación se adscribe al epígrafe 4 “Catalogación, diagnóstico y metodologías de intervención y conservación del Patrimonio Arquitectónico” y al epígrafe 3 “Vivienda y arquitectura” de la convocatoria de la Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio (Secretaría General de Vivienda) de la Junta de Andalucía destinada a universidades públicas andaluzas para el desarrollo de proyectos de investigación en las materias de vivienda, rehabilitación y arquitectura, convocatoria del año 2020.

La finalidad del proyecto de investigación y su diseño están orientados a la consecución de dos aspectos prioritarios que darán forma al futuro complejo industrial a través de la elaboración de un plan estratégico de recuperación (master plan). Estos dos aspectos prioritarios son los siguientes:

- Establecer una metodología crítica de intervención que tenga en cuenta los valores históricos y arquitectónicos del recinto desde una visión paisajística del patrimonio. La metodología crítica propuesta está basada en los procedimientos empleados en el *mapping* y en el *overlay mapping* a partir de la superposición de capas diversas de información y su interrelación para alcanzar un nivel de complejidad en el proyecto de recuperación. El principio de contigüidad y adaptabilidad de los elementos existentes con mínima energía de transformación constituyen la base crítica de la intervención.
- Definir un modelo de trabajo interdisciplinar y participativo que permita identificar y abordar los distintos factores que afectan al complejo industrial. Este modelo de trabajo incluye aspectos disciplinares de distinta índole: patrimoniales, paisajísticos, históricos, sociales, económicos y relativos a la captación de energías sostenibles. (Fig. 04)



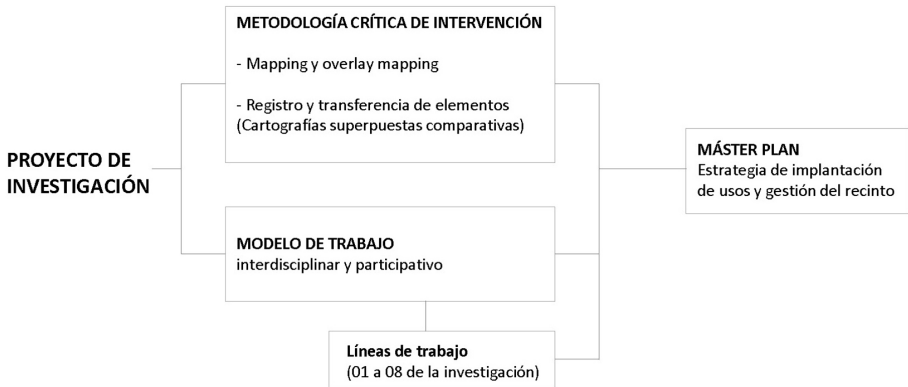


Figura 04. Esquema del proyecto de investigación.

La investigación aplicada plantea un modelo de trabajo colectivo sobre el recinto industrial y su paisaje desde diferentes disciplinas y con distintas líneas de trabajo cuyo objetivo es la elaboración de un master plan con implantación de usos y criterios de intervención. El primer paso ha consistido en identificar los temas prioritarios y crear una base documental amplia y científica de trabajo sobre la que se establecerán los criterios de recuperación del conjunto industrial. La documentación de cada una de estas líneas de trabajo e investigación contempla el estudio de modelos de recuperación de entornos industriales patrimoniales, el registro y censo de elementos del territorio y las transformaciones del paisaje agrario e industrial, la identificación e inventario de las infraestructuras y arquitecturas existentes, el estudio de sistemas energéticos sostenibles, la implantación de programas de usos adaptativos a los lugares y a las construcciones del recinto, la exploración de formas residenciales y el espacio público, la creación de un parque paisajístico, ecológico y de proximidad con la Vega y la ciudad con sistemas de movilidad no contaminantes, y el estudio de los modelos de gestión, financiación y planificación del futuro campus en el tiempo. El trabajo está planteado como un proceso abierto e interrelacionado entre cada línea de trabajo, el lugar y los programas, que se actualiza periódicamente en función de la priorización de los objetivos.

El proyecto de investigación está adscrito al grupo de investigación HUM-222 “Cultura artística y patrimonio histórico” y está integrado por los miembros del grupo de investigación HUM-1054 “Proyecta. Experiencias en arquitectura y paisaje” junto a investigadores de la Universidad de Granada y otros pertenecientes a distintas disciplinas e instituciones públicas del panorama nacional (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a través de la Secretaría general de Vivienda, la Delegación Territorial de Cultura, Turismo

y Deporte de la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de Granada) y otras dedicadas al estudio y preservación del patrimonio industrial como Incuna. Patrimonio de la industria, cultura y naturaleza.

#### 4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. RENATURALIZACIÓN DE UN PATRIMONIO BIC

El proyecto de investigación se desarrolla dentro de la línea de actuación de Transferencia de Universidades CEI-RIS3 sobre el Patrimonio cultural y natural de Andalucía: “Gestión sostenible, recuperación patrimonial y transferencia socioeconómica”, en la línea de los proyectos de investigación orientados a los retos de la sociedad andaluza destinados al estudio y viabilidad de aspectos relativos a:

- La recuperación del patrimonio y entorno paisajísticos
- El estudio de las energías seguras, limpias y eficientes
- Acciones por el clima, medioambiente y eficiencia de recursos

Se enmarca en la prioridad RIS3 Andalucía “Recursos endógenos de base territorial” dentro de la línea de acción “Investigación e innovación sobre gestión de los recursos naturales y del patrimonio cultural”.

La investigación se estructura en torno a los siguientes objetivos generales:

- Recuperar e impulsar un patrimonio industrial de primer orden y su paisaje declarados Bien de Interés Cultural (BIC) por sus valores histórico-artísticos, seña de identidad cultural de Granada y de Andalucía, con programas de investigación e innovación sobre el medioambiente y otros de extensión universitaria que tengan en cuenta la diversidad y la singularidad de este espacio patrimonial.
- Favorecer la relación del conjunto industrial de S. Isidro con el barrio de la Bobadilla, la ciudad de Granada y la Vega, convirtiéndose en un espacio de articulación de estos dos ámbitos a partir de los valores patrimoniales y su potencial productivo y de conocimiento.
- Convertir la azucarera de S. Isidro en un laboratorio experimental de ciudad inteligente (*smartcity*), limpia y eficiente, reutilizando las antiguas edificaciones y sus infraestructuras para los nuevos programas, con soluciones energéticas sostenibles e integradas en la arquitectura a partir de los recursos naturales del entorno.

- Identificar los sistemas energéticos sostenibles que mejor se integren en el conjunto patrimonial. Convertir el agua y el geotermalismo en el recurso energético del futuro campus y sus aplicaciones en la investigación y la recarga de acuíferos de la Vega y mejora de los cultivos. El geotermalismo permitirá concebir un centro de energía positiva en San Isidro que revierta energéticamente en el entorno urbano, la Vega y otros campus de la universidad con producción energética a coste cero.
- Establecer un master plan con un plan estratégico de implantación y organización de usos y actividades compatibles con la condición patrimonial de este espacio y su paisaje que vincule la Vega, las preexistencias industriales y los intereses de desarrollo urbano de la ciudad y de la Universidad de Granada.
- Recuperar el entorno urbano de la azucarera, muy desestructurado urbanísticamente, mediante la renaturalización de los elementos que integran el recinto y su ámbito, como la acequia Gorda, la conexión con el barrio de la Bobadilla y el borde ferroviario junto al polígono de Fatinafar, actualmente degradados y sin resolver paisajísticamente.
- Mejorar la relación y conectividad de la azucarera con la Vega y con la ciudad mediante la creación de una infraestructura verde que conecte el campo agrícola con la actual estación de Andaluces y con la red de parques periurbanos situados junto a la circunvalación de Granada.
- Fomentar el modelo de colaboración mixto público-privado mejorando el tejido socio-productivo con participación de la Universidad de Granada junto a inversores privados que favorezcan la economía circular de la región a fin de fomentar la generación de empleo y el emprendimiento de pymes.
- Elaborar una base metodológica de intervención aplicada para un modelo de gestión y desarrollo ecológico y ambiental en un Bien de Interés Cultural que pueda servir de referencia y ejemplo para otros casos de estudio de similares características (Figura 05).



## PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN



## PROGRAMAS DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Figura 05. Esquema de programas (Investigación, extensión universitaria y parque paisajístico).

## 5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y LÍNEAS DE TRABAJO

El desarrollo de estos objetivos generales de la investigación se ha llevado a cabo a través de una serie de grupos de trabajo formados por miembros expertos en cada una de las materias y constituye la base argumental para elaborar un master plan que incluye diferentes aspectos y temáticas que afectan a este entorno patrimonial y su paisaje. La investigación implica una serie de líneas de trabajo con los siguientes descriptores y contenidos:

**Línea 01** *“Recopilación bibliográfica y estudio de la documentación técnica y de archivo”*. Búsqueda y adquisición de bibliografía sobre las temáticas de investigación (documentación de archivo, informes técnicos, estudios sobre el recinto industrial y otros sobre la ciudad, la vivienda y la sostenibilidad que posibiliten el logro de los objetivos de la investigación).

**Línea 02** *“Contextualización y antecedentes. estudio de modelos de recuperación de entornos industriales patrimoniales en contextos contemporáneos”*. Creación de una

biblioteca-archivo de casos de estudio similares con experiencias exitosas en el ámbito nacional e internacional. La selección se ha realizado atendiendo a criterios relacionados con la calidad arquitectónica de la recuperación, la novedad e interés de los usos y modelos de gestión, la aceptación social y la proximidad con el entorno sociocultural y el enfoque de San Isidro.

**Línea 03** *“Registro y censo de elementos del territorio, infraestructuras y arquitecturas del recinto industrial. transformaciones históricas y sistemas de producción de energía”*. Registro documental gráfico de los elementos agrícolas e industriales del complejo industrial y su paisaje que permitan reconocer la identidad y los valores culturales de este histórico recinto. Análisis del territorio y sus transformaciones. Relación con el entorno. Creación de un archivo documental fotográfico y audiovisual. Inventario de elementos significativos. Elaboración de dibujos y cartografías. Identificación de sistemas energéticos y ambientales.

**Línea 04** *“Identificación de las transformaciones del paisaje agrario e industrial. transferencias y reutilización de elementos e infraestructuras”*. Estudio e identificación de elementos del paisaje agrícola y su permanencia en el paisaje industrial. Transformaciones y adaptabilidad. Análisis e interpretación de elementos: suelos, infraestructuras, arquitecturas y sistemas constructivos. Elaboración de dibujos y cartografías arqueológicas, agrícolas e industriales con superposición del parcelario agrícola y de las antiguas edificaciones e infraestructuras industriales.

**Línea 05** *“Orientación de procesos para el desarrollo sostenible y ecológico de smartcities en entornos patrimoniales”*. Casos de estudio. Análisis de elementos y tecnologías en un modelo de ciudad inteligente (*Smartcity*) y su integración en contextos patrimoniales protegidos. Evaluación de conceptos y adaptación a la Azucarera S. Isidro.

**Línea 06** *“Elaboración de “mapping” y “overlay-mapping” de programas mixtos con inserción de usos, infraestructuras y arquitecturas en s. isidro. estudio de contigüidades tipológicas, técnicas y medioambientales en una smartcity patrimonial”*. Estudio de implantación de programas basados en la metodología del “mapping” y “overlay-mapping”. Reutilizaciones adaptativas de arquitecturas e infraestructuras del paisaje agrícola e industrial. Transmisiones y contigüidades de elementos y su capacidad de adaptación a los nuevos usos y actividades.

**Línea 07** *“Estudio de sistemas energéticos sostenibles e inclusión de nuevas tecnologías”*. Reutilización de sistemas energéticos e incorporación de otros nuevos vinculados al agua. El geotermalismo como recurso energético sostenible para el funcionamiento del futuro campus.

**Línea 08** *“Exploraciones de nuevas formas residenciales y del espacio público ligadas al patrimonio histórico y al paisaje agrario e industrial. estudio de tipologías mixtas, técnica y*

sistemas constructivos". Modos de vida contemporáneos en áreas industriales y agrícolas (hábitats colaborativos *coliving* y *cohousing*): nuevas tipologías mixtas para trabajar y vivir en colectividad. (Figura 06).

La investigación ha sido publicada por la editorial Ugr en un libro monográfico que contiene las aportaciones de cada línea de trabajo y el master plan como resultado de la investigación. Los capítulos abordan el estudio de modelos de recuperación de entornos industriales patrimoniales en contextos contemporáneos, el registro y censo de elementos del territorio, infraestructuras y arquitecturas del recinto industrial de San Isidro, el estudio de los sistemas energéticos sostenibles con la reutilización del agua y el geotermalismo para la mejora paisajística del recinto, y la implantación de programas de usos adaptativos con la creación de un parque paisajístico de proximidad con la Vega y la ciudad para la recuperación del conjunto industrial BIC.

ENERGÍAS Y AGUA

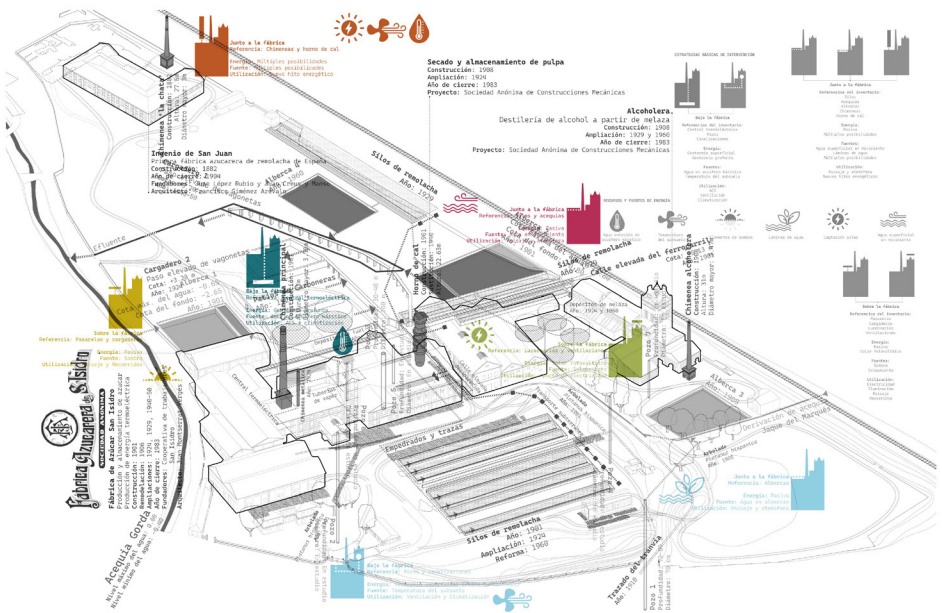


Figura 06. Infraestructuras de energía y agua. Estrategias para un nuevo paisaje híbrido entre arquitectura y energía.

# Arquitecturas indígenas en la Cuenca del río Madre de Dios (Perú): cambios y permanencias

## UPO.18-05. Universidad Pablo de Olavide. Transformaciones en la arquitectura de las poblaciones indígenas en la Cuenca del río Madre de Dios (Perú)

**Autores del capítulo:** Tanith Olórtegui del Castillo<sup>1</sup>, Klaus Rummenhöller<sup>2</sup>, José María Valcuende del Río<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Peruana de Ciencias Aplicada UPC (Lima/Perú).

<sup>2</sup> Investigador independiente. Lima/Perú.

<sup>3</sup> Área de Antropología Social. Departamento de Antropología Social, Psicología Básica y Salud Pública. Universidad Pablo de Olavide (Sevilla/España).

### Resumen

El proyecto tuvo como objetivo fundamental analizar las transformaciones experimentadas en la arquitectura indígena en la Cuenca Madre de Dios y afluentes, en los últimos treinta años. Un periodo en el que esta región ha experimentado profundas transformaciones sociales, que han afectado especialmente a las poblaciones indígenas. Estos procesos han tenido una clara incidencia en tanto en las funciones como en los materiales utilizados en las viviendas de estas poblaciones. El proyecto se desarrolló con una participación activa de las poblaciones indígenas y de la Federación Nativa del Madre de Dios y afluentes (FENAMAD). Se realizó el levantamiento de las diferentes comunidades de ocho pueblos indígenas, así como de las viviendas que se consideraron más representativas. Un material que fue comparado con el trabajo rollado en 1989 por Tanith Olórtegui del Castillo y Klaus Rummenhöller. Se ha combinado la metodología propia de la arquitectura con una metodología antropológica. Esta investigación ha proporcionado una información que consideramos relevante de cara a futuras actuaciones con relación a un patrimonio que ha sido especialmente minusvalorado como es el patrimonio de la vivienda. El proyecto ha dado lugar a un libro titulado Transformaciones de la arquitectura indígena en la Cuenca del Madre de Dios, Perú (edición impresa de libre acceso y edición digital). Dicha obra fue premiada con el segundo premio en la Biental de Arquitectura de Lima. A su vez, se ha realizado un importante proceso de divulgación en congresos, seminarios y revistas.

### Palabras clave

Amazonía; Arquitectura indígena; Patrimonio; Territorialización; Transformaciones.

## Línea temática

1. Actuaciones dirigidas a dar respuesta a los problemas sociales, económicos, habitacionales y de la agenda de desarrollo urbano, promoviendo una perspectiva integral y reactivadora.
3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social.
4. Catalogación, diagnóstico y metodologías de intervención y conservación del Patrimonio Arquitectónico.

## 1. INTRODUCCIÓN

En 1989 se procedió al levantamiento de planos de distintas comunidades indígenas de la Cuenca del río Madre de Dios y afluentes y a la realización de fichas arquitectónicas de las casas que consideramos más representativas. Esta información se complementó con la realización de entrevistas a los comuneros en las siguientes comunidades: Boca Inambari (Arakmbut), Boca Pariamanu (Amahuaca), Diamante (Yine), Infierno (Ese Eja), Palma Real (Ese Eja), Palotoa-Teparo (Matsiguenka), Puerto Arturo (Kichwaruna), San José del Karene (Arakmbut) y Shintuya (Huachipaeri y Arakmbut).

Posteriormente en 2019, siguiendo la misma metodología, con el fin de tener una perspectiva diacrónica y comparativa, se retorna a todas estas comunidades salvo a San José de Karene, que no fue incluida por cuestiones operativas. A estas comunidades se añadieron otras cinco, con el fin de profundizar en algunos aspectos. Interesaba abordar la incidencia del turismo para lo cual se seleccionaron dos nuevas comunidades en las que esta actividad juega un papel muy importante, como es el caso de Queros (Wachipaeri) y Santa Rosa de Huacaria (Huachipaeri y Matsiguenka). Otro aspecto que se consideró de especial interés fue la proximidad a los centros urbanos, como un factor que ayudaría a entender las tendencias futuras de la arquitectura indígena, para ello se seleccionó a El Pilar (Shipibo-Conibo) y a Tres Islas (Shipibo-Conibo y otros), ambas cercanas a la capital de la región, Puerto Maldonado. Por último, se seleccionó una comunidad que no existía en 1989 y que responde a desplazamientos recientes de población indígena de otras áreas amazónicas: Santa Teresita (Yine).

La vivienda indígena amazónica en Perú ha merecido una escasa atención. Desde el punto de vista antropológico son muy escasas las investigaciones al respecto. La vivienda aparece en ocasiones como un apartado específico en estudios más amplios, y casi

siempre las perspectivas en las que se aborda esta cuestión inciden en el análisis de las viviendas tradicionales (Ver por ejemplo Califano, 1982; Zéleny, 1976; Chaumeil, 1987).

Si escasos son los estudios sobre las viviendas indígenas tradicionales de las poblaciones amazónicas del Perú, aún lo son menos las investigaciones centradas en la vivienda indígena contemporánea, cabe destacar las publicaciones de Olórtegui del Castillo (1998; 2006; 2020); Olórtegui del Castillo y Rummenhöller (1990) y Olórtegui del Castillo et al. (2021). Los trabajos señalados son posiblemente los únicos que abordan esta cuestión como objetivo central de estudio, desde una perspectiva interdisciplinar, incluyendo la mirada de la arquitectura. Una disciplina que habitualmente ha relegado a un segundo plano lo que se ha venido en denominar arquitectura sin arquitectos. Igualmente sucede con los estudios que analizan las transformaciones en los últimos años de las pautas de asentamiento y de la articulación entre las poblaciones indígenas y el mundo urbano, en este sentido tienen un especial interés los trabajos de Daniela Peluso y Miguel Alexiades (2016).

### **Asentamientos indígenas y viviendas en el río Madre de Dios en la década de los noventa del siglo XX**

No se pueden comprender las pautas de asentamiento y las características de las viviendas indígenas sin aproximarse a algunos aspectos socioambientales y culturales, que han condicionado las formas de habitar el territorio y crear lugares, en el sentido que definiera Augé (2009), por parte de las poblaciones indígenas.

El primer factor es la importancia de los ríos como vías de comunicación. Los asentamientos de estos pueblos han estado siempre próximos a las cuencas fluviales. El río como elemento constitutivo de la mitología y cosmovisión de los pueblos indígenas de la Amazonía peruana, en cierta medida ha estructurado su concepción espacial y territorial. En este sentido, en la investigación realizada en 1989 se encontraron dos pautas de asentamiento fundamentales. La primera de tipo longitudinal, paralela a los ríos; las viviendas se situaban en uno o en ambos márgenes fluviales, con niveles de concentración distintos. En algunos casos las viviendas se emplazaban próximas unas a otras (ver figura 01); en otros, el nivel de dispersión es mayor (generalmente entre 5-10 minutos de caminata), (ver figura 02).

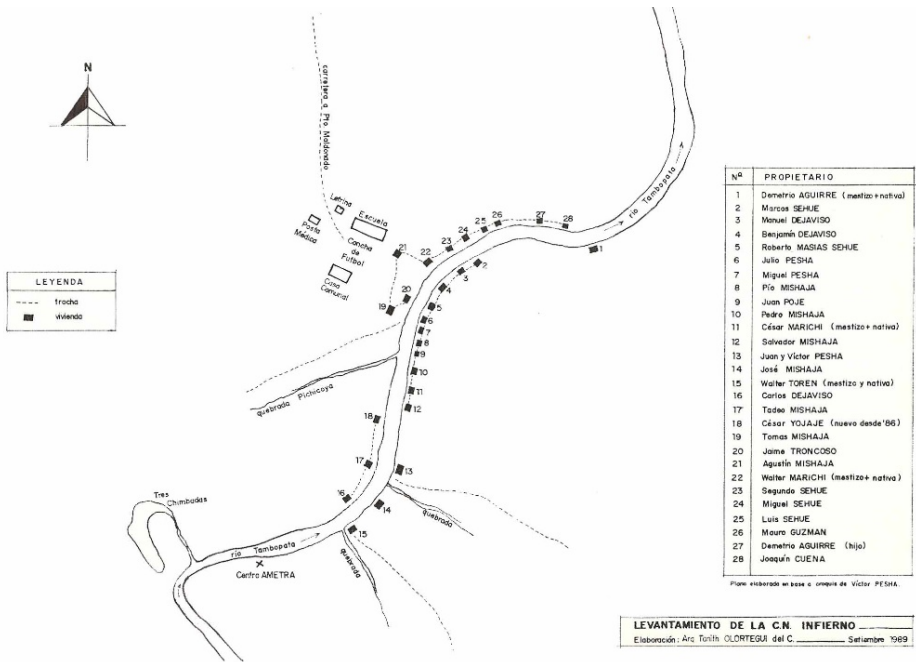


Figura 01. Croquis de la Comunidad Nativa de Infierno. Fuente: Tanith Olórtogui (1989).

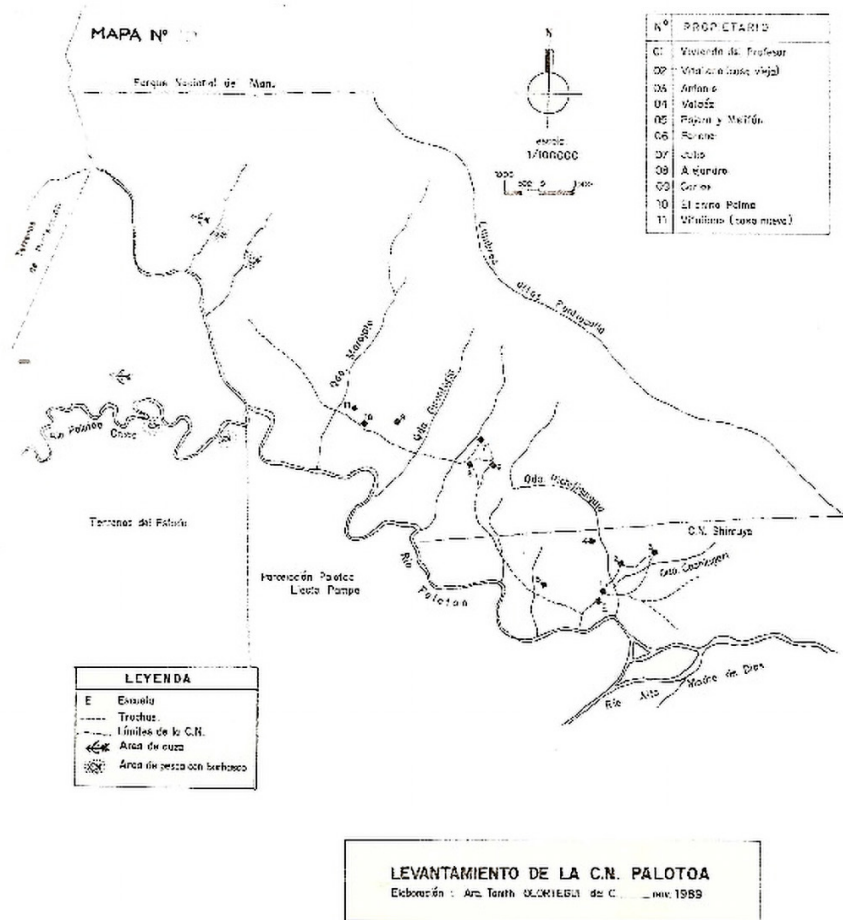


Figura 02. Croquis de la Comunidad Nativa de Palotoa-Teparo. Fuente: Taniith Olórtegui (1989).

La segunda tipología de asentamientos tiende a concentrarse en torno a uno o dos núcleos centrales, como es el caso de Shintuya. Esta articulación está marcada por la presencia de algunos contextos centrales de sociabilidad o por la presencia de algún servicio de carácter institucional. La diversidad étnica en alguna de estas comunidades se suele reflejar espacialmente, marcando una cierta fragmentación territorial.



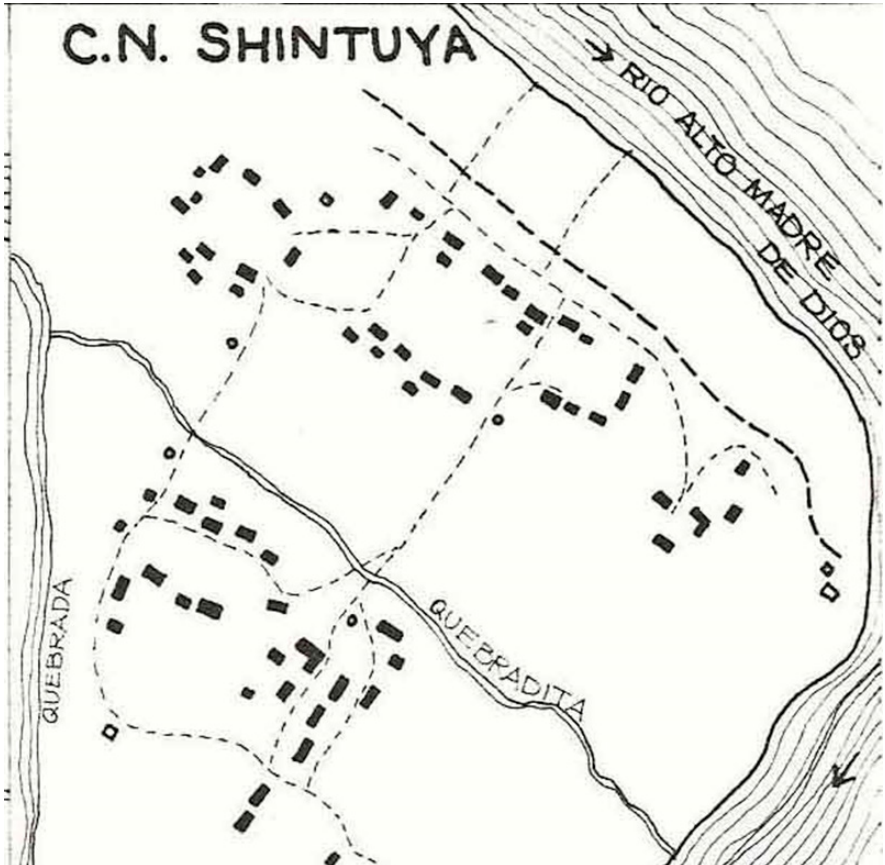


Figura 03. Croquis de Shintuya. Fuente: Taniith Olórtegui (1989).

Las diferentes actividades económicas realizadas en las comunidades indígenas marcan en buena medida el mayor o menor nivel de dispersión. Las actividades vinculadas con la caza, la pesca, la recolección o una agricultura de subsistencia (de quema y roza) favorecen mayores niveles de dispersión, mientras que las comunidades que tienen otro tipo de actividades vinculadas con el mercado o que cuentan con una presencia institucional mayor (sea de carácter religioso como misiones o de carácter civil como postas sanitarias, colegios, etc.), tienden a mayores niveles de concentración.

En las comunidades indígenas tradicionales son habituales las viviendas o cobertizos temporales, con materiales y estructuras muy básicos, que son utilizados de forma

estacional en función de las actividades económicas de subsistencias como la caza y la pesca, marcadas por los periodos climáticos amazónicos (estación seca y estación de lluvia). Como cualquier población, la movilidad de los pueblos indígenas está condicionada por la necesidad de buscar recursos económicos, ya sea en los ríos, en el interior de la selva o incluso en las ciudades, con las que estos pueblos cada vez más tienen una relación importante, no se puede olvidar que un porcentaje significativo de la población indígena amazónica es urbana (Alexiades y Peluso, 2016).

Pero si hasta ahora se han apuntado las características generales de los asentamientos indígenas, conviene centrarse en las características que han definido sus viviendas, entre otras: la concepción de la casa como un espacio provisorio. El suelo no se ha considerado como una propiedad individual, por tanto, no ha tenido un valor de cambio, sino de uso. Las dimensiones del grupo doméstico, las estrategias matrimoniales o incluso los conflictos internos han marcado la vida de pueblos que tendían a la segregación, lo que inevitablemente implicaba el cambio de vivienda. Estos hechos ayudan a entender, primero, la sencillez de las construcciones; segundo, la inexistencia o muy escasa presencia de elementos suntuarios o decorativos; tercero, el carácter instrumental y provisorio de las viviendas. Y es que la movilidad ha caracterizado a una buena parte de estas poblaciones en el pasado, de hecho uno de los informantes en la Comunidad de Infierno manifestaba que a lo largo de su vida ha habitado en más de seis viviendas. Percibir la vivienda no como un fin, sino como un medio, es un elemento central para explicar las características de la arquitectura indígena. Una arquitectura que, como sucede en otros contextos con características diferentes, carece de especialistas a tiempo completo (la realización de la vivienda ha sido una tarea colectiva de autoconstrucción). Habitualmente quienes participaban en su construcción era el grupo de parentesco, parte o toda la comunidad, en función del tipo de vivienda.

En las poblaciones analizadas en 1989 se observan dos hechos que es preciso reseñar:

1. Los ambientes tenían un carácter multifuncional, adecuándose a las necesidades del grupo doméstico.
2. La vivienda no podía ser entendida como una realidad aislada del entorno.

La sociabilidad se desarrollaba fundamentalmente en los espacios abiertos de la vivienda, y en sus proximidades. Apenas existían cercos que delimitasen el terreno de la vivienda (salvo el caso documentado en algunas poblaciones de cercos destinados a animales domésticos), lo cual no significaba que el espacio no estuviera en cierta medida demarcado a través de cultivos, plantas y árboles e incluso de bancos y troncos, que jugaban un papel transcendental en el encuentro con los vecinos. A su vez, en muchas de las poblaciones indígenas las viviendas disponían de espacios abiertos, canchas o lugares protegidos por los árboles donde colocaban bancas que servían de espacio de descanso y de reunión con otros comuneros.

En cuanto a los materiales, en la etapa que se realizó la primera fase de esta investigación, se utilizaban, sobre todo, materiales locales con dos características: fácil acceso y abundancia. Básicamente, madera huasáí (Palmae, *Euterpe* sp.) en rajadas o tablas para las paredes, caña-brava (Graminae, *Gynerium Sagittatum*), pona (Palmae, *Iriartea* sp.) y hojas de palmeras para las cubiertas, crisnejas de palmichi (Palmae, *Geonoma* sp.), shebón o shapaja (Palmae, *Scheela*). Aunque al uso de materiales vegetales ya en 1989 se apreciaba la utilización, en algunas comunidades, de planchas de calamina para los techos. De forma progresiva, como se verá posteriormente, se han ido incorporando nuevos materiales. Un hecho que es visible en mayor o menor grado en todas las comunidades y que marca una tendencia general en la transformación de las viviendas indígenas. Y es que tanto la vivienda como las características de los asentamientos han ido evolucionando en función de toda una serie de factores, que serán desarrollados en el apartado siguiente: el proceso de monetarización, el papel de las instituciones, el cambio y mejora de las vías de comunicación terrestre y nuevas necesidades de la población. Todos estos elementos han incidido tanto en los cambios en las formas de ocupación del espacio de estas poblaciones como en los cambios en materiales y características de las viviendas.

## Las transformaciones en la ocupación del espacio y en las características de las viviendas

Sin duda en el transcurso de treinta años se asiste a algunos cambios que son significativos y aunque las comunidades analizadas presentan algunas singularidades, hay también toda una serie de recurrencias compartidas, en las que conviene detenerse. Los cuatro aspectos más significativos son los siguientes: tendencia a la concentración de viviendas, tendencia a la delimitación de la vivienda del entorno, tendencia a la creación de compartimentación interior de la vivienda y tendencia al uso de nuevos materiales.

## 2. TENDENCIA A LA CONCENTRACIÓN

De forma progresiva hay una tendencia general a la planificación urbana, condicionada en buena medida por la necesidad de acceder a recursos básicos como agua potable y luz. Las empresas e instituciones públicas han fomentado la concentración de la población indígena, bien en asentamientos de carácter lineal, bien en cuadrícula, de tal forma que se facilite, por ejemplo, la instalación de cables de electricidad o instalaciones de agua. A su vez, las poblaciones indígenas, en la medida que se insertan en la sociedad nacional, requieren de servicios básicos y la proximidad a las nuevas infraestructuras (posta de salud, escuela...) es un factor importante en la reubicación de las viviendas. Se comienza así a establecer toda una serie de normas que juegan un papel fundamental en la estructuración urbana, que hace que incluso en algunas comunidades se planifique el potencial crecimiento de la comunidad, como es el caso de Puerto Arturo y Palma Real.

En el apartado anterior se vio cómo los ríos jugaban tradicionalmente un papel central. Las viviendas debían estar próximas a los ríos para facilitar la circulación de mercancías y personas, y cubrir necesidades básicas de higiene y alimentación. Sin embargo, los ríos en una buena parte de estas comunidades han ido perdiendo centralidad por varios motivos:

- La mejora de las vías terrestres ha condicionado el desplazamiento de las viviendas a las proximidades de caminos y carreteras. En algunas de estas comunidades el papel de eje estructurador del territorio de la comunidad se ha desplazado desde el río a las carreteras.
- La creación de construcciones estables de carácter permanente han obligado a alejar la comunidad de los cauces fluviales. Las crecidas de los ríos, la fuerte erosión y el consiguiente cambio de caudal hacen que algunas de estas comunidades se adentren al interior con el fin de asegurar la permanencia de las construcciones que podrían verse amenazadas.
- Los comuneros buscan una mayor comodidad, seguridad y accesibilidad a los servicios y nuevas vías de comunicación, lo que se traduce en la concentración de las poblaciones.

### 3. TENDENCIA A LA DELIMITACIÓN DEL ESPACIO DE LA VIVIENDA DEL ESPACIO EXTERIOR

Uno de los elementos que han llamado la atención en algunas poblaciones indígenas y que apenas era perceptible en 1989 es la progresiva delimitación del espacio familiar de la vivienda. Este fenómeno es incipiente, no está generalizado, pero posiblemente apunta una tendencia, en la que ya no sólo la vivienda es considerada como un espacio de uso, sino que además hay una idea de delimitación del espacio destinado a cada familia dentro del terreno de la comunidad. Este hecho está motivado, en buena medida, porque la casa ya no es una edificación provisoria, sino que comienza a ser percibida y creada como una edificación permanente con materiales más duraderos. Nuevamente la planificación urbana de las empresas e instituciones es un factor importante para entender este proceso. No sólo hay que ordenar el espacio, sino que además el espacio debe estar adscrito a una persona/familia determinada a la cual se brinda un servicio y también a quien se cobra, en su caso, un recibo. En diversas comunidades encontramos vallas o cercos construidos habitualmente con calamina que marcan ahora, no sólo de forma meramente simbólica, como ocurría en el pasado, el espacio destinado a la vivienda.

Pero no sólo hay una tendencia, aún incipiente, a definir el espacio de uso familiar, también hay una tendencia, por otras razones, a demarcar con barreras físicas o con cercos los terrenos comunales. Este proceso se produce en las comunidades a las que se accede por vía terrestre, no así en los casos en que los ríos se convierten en una barrera natural, que

impide el paso de extraños. Las invasiones o cuestiones de seguridad han favorecido una delimitación que convierte, a diferencia de lo que sucedía en el pasado, el territorio en una realidad fija y claramente demarcada. Las amenazas exteriores (invasiones, explotaciones ilegales, incremento de la sensación de inseguridad, etc.) y la necesidad de visibilizar el espacio comunitario, ante la sociedad nacional, están modificando la percepción fluida de un territorio que se ha caracterizado por una relativa movilidad.

#### 4. TENDENCIA A MAYOR COMPARTIMENTACIÓN INTERNA DENTRO DE LA VIVIENDA

Se observa una tendencia a la subdivisión de espacios internos dentro de las viviendas. Si antes era habitual un solo espacio para dormir, compartido por toda la familia, de forma progresiva se han ido produciendo dos hechos: la ampliación y agrandamiento de las viviendas, que se hace evidente especialmente en algunas comunidades, y la tendencia a la separación en función de la generación.

Hay varios hechos que explican las diferencias en las dimensiones de las viviendas. El primero tiene que ver con el tamaño del propio grupo familiar. En algunas comunidades se observa como la casa de los jóvenes solteros, es de minúsculas dimensiones, fundamentalmente la casa es, lo que se puede denominar, un espacio dormitorio (sin dependencias como cocina, pues los usuarios comen en las cocinas de sus padres o hermanos casados). A medida que el grupo doméstico es mayor la vivienda también lo es. A estos criterios que podrían ser válidos en 1989, en la actualidad se suman otros factores. Hoy las viviendas, en algunas de estas poblaciones, ponen en evidencia las diferencias sociales y el estatus dentro de la comunidad. Así algunas de las personas con más poder adquisitivo tienen viviendas más cuidadas o de mayores dimensiones, mientras que las personas con menos recursos y sin una red de apoyo, cuentan con casas de menores dimensiones, y en algunos casos viviendas claramente deterioradas. La vivienda está comenzando a ser percibida como símbolo de estatus.

#### 5. TENDENCIA AL USO DE NUEVOS MATERIALES

Hoy no hay comunidad en la que no estén presentes la calamina, el polietileno y en menor medida el cemento. El éxito de estos materiales responde a que se trata de materiales accesibles y de bajo costo. Dos características, que, en sentido estricto, aunque no les guste a algunos patrimonialistas "puristas", son características de lo que se ha venido a definir como arquitectura "popular". Estos dos factores (accesibilidad y precio), explican en buena medida el éxito de estos materiales constructivos. La escasez de determinados materiales, como algún tipo de palmera o madera, no es razón suficiente para explicar el abandono de los materiales tradicionales. En algunas de las comunidades visitadas disponen de este tipo de materiales y,

a pesar de ello, se evidencia una presencia significativa de polietileno y calamina. Actualmente los materiales tradicionales tienen un precio en el mercado que es igual o superior a los nuevos materiales utilizados, y además requieren de más tiempo para su recolección, elaboración y mantenimiento, que en una sociedad monetarizada significa también dinero. Por ejemplo, un techo de hojas de palmeras, en función del tipo de hoja y del tejido, debe cambiarse entre cinco y diez años, mientras que la calamina dura más de veinte años. Si bien es cierto que el acceso a estos materiales no tiene aparentemente costos para los comuneros, a diferencia de lo que sucede con los materiales industrializados, el tiempo empleado es más rentabilizado en otro tipo de actividades que ahora se requieren para comprar bienes y servicios. Por otro lado, determinados materiales que antes eran de uso frecuente en las construcciones hoy son vendidos fuera, con el fin de cubrir las mayores necesidades monetarias, por ejemplo, para los albergues turísticos, que reproducen y recrean una arquitectura “indígena” de calidad, que curiosamente ya no es accesible para la mayor parte de los indígenas, que ahora utilizan materiales de baja calidad o materiales industrializados.

La generalización de materiales exógenos en las viviendas supone toda una serie de ventajas e inconvenientes. En cuanto a los inconvenientes, el uso de la calamina aumenta de forma considerable el ruido durante la lluvia, y la temperatura de la vivienda. Los materiales tradicionales aislaban mucho mejor el interior de la vivienda de las altas temperaturas que se alcanzan en esta zona a determinadas horas del día y en determinados periodos del año. En cuanto a las ventajas de la calamina: mayor durabilidad y que de ser bien instalada evita que ingrese el agua en la vivienda, lo que puede y suele suceder en un techo de hoja mal tejido o que no está bien conservado.

La calamina se usa habitualmente en las cubiertas, y en ocasiones a modo de cerco. Los plásticos pueden ser utilizados para reforzar cubiertas, junto a otros materiales, como separación (a modo de paredes) de los cuartos interiores e incluso exteriores.

En las comunidades más cercanas a los centros urbanos se usa cada vez más el cemento para pisos, algunas columnas y vigas. En algunas de estas comunidades también se ha generalizado el uso de ladrillos para las paredes, simulando las formas constructivas de la ciudad. Cabe mencionar que los costos de este tipo de construcciones se incrementan considerablemente tanto por la adquisición de los materiales, el transporte y la mano de obra de albañiles contratados.

## 6. REFLEXIONES FINALES

A lo largo del texto se ha visto cómo a pesar de las diferencias internas entre las comunidades, se observan algunas regularidades de carácter general, que indican que en estos treinta años se asiste a nuevas pautas de asentamiento y al cambio de significación

de las viviendas. El primer aspecto reseñable es tendencia a la concentración de las viviendas, y al alejamiento de los márgenes de los ríos en aquellas poblaciones en las que ha ido ganando peso el transporte por carretera.

En relación con las viviendas, el elemento más significativo es el uso de materiales de escasa calidad y bajo costo, que sustituyen a los materiales tradicionales. La vivienda estaría modificando su significación, por lo menos en tres sentidos. El primero, parece que la idea de lotización individual para cada familia, independientemente de la tenencia del suelo, está ganando peso. Cabe mencionar que, según la ley peruana, la tenencia de la tierra en las comunidades nativas sigue siendo comunal, por lo cual la parcelación de unidades o lotes familiares corresponde a acuerdos internos entre los comuneros. Esta tendencia a fijar las familias a parcelas concretas, es un fenómeno que se ha agudizado con la planificación urbana, motivada por la necesidad de infraestructuras y la demanda de seguridad. El segundo elemento, es la subdivisión interna de los ambientes de las viviendas, de acuerdo al número de ocupantes, a veces familias extendidas y en pocos casos destinados al alojamiento de turistas. El tercer elemento, es que las diferencias entre viviendas son significativas, poniendo en evidencia una incipiente estratificación social, y que la casa comienza a ser símbolo de estatus. En las comunidades de patrón de asentamiento lineal paralelo al río, se observa en algunos casos, un distanciamiento a las áreas de chacras que hace treinta años las tenían próximas a las viviendas.

Si bien es cierto que asistimos a transformaciones significativas si comparamos los resultados de las investigaciones realizadas en 1989 y 2019, también lo es que hay ciertas continuidades, que evidencian las singularidades de las viviendas indígenas:

- Se sigue observando una tendencia a que los grupos de parentesco, que se sitúan en diferentes viviendas, se ubican a cierta proximidad espacial.
- El cambio de materiales indica una modificación en la significación del trabajo que hoy tiene un valor monetario. Hoy los materiales que se usaban tradicionalmente requieren tiempo (es decir, dinero) y es preferible, en la lógica del mercado, destinar el uso de estos materiales para la venta. Sin embargo, subyace una misma lógica en el uso de estos nuevos materiales en comparación con los materiales tradicionales: accesibilidad y escasos costos.
- Aunque se ha señalado que la vivienda comienza a poner de manifiesto la posición social y el estatus, lo cierto es que los elementos decorativos de la vivienda son mínimos. La sociabilidad se sigue desarrollando en los espacios libres fuera de las viviendas (en bancas debajo de árboles próximos a las cocinas o casas habitación), así como en los ambientes interiores de las cocinas. La casa, aunque se va diversificando sigue siendo concebida fundamentalmente como un espacio “refugio”, en el que todavía no aparecen delimitados claramente los espacios singulares o individualizados.

Hoy en algunas comunidades se reivindica la arquitectura del lugar como un elemento importante para mantener la identidad. Al mismo tiempo, se señala la necesidad de adecuar la vivienda a las nuevas necesidades del grupo doméstico. La Antropología y la Arquitectura pueden jugar un papel importante, que permita a estas poblaciones diseñar y planificar el futuro de los asentamientos y de las viviendas, incorporando las voces indígenas a nuestros análisis, que pueden y deben ser una herramienta útil para articular modernidad y tradición.

## 7. REFERENCIAS

Alexiades, M. y Peluso, D. (2016). La urbanización indígena en la Amazonia. Un nuevo contexto de articulación social y territorial. *Gazeta de Antropología*, 32(1), 1-22. <http://dx.doi.org/10.30827/Digibug.42869>

Augé, M. (2009). *Los no lugares: Espacios del anonimato*. Gedisa.

Califano, M. (1982) *Etnografía de los Mashco de la Amazonía Sudoccidental del Perú*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Chaumeil, J. P. (1987). *Ñihamwo. Los Yagua del nor-oriente peruano*. Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica.

Olórtegui del Castillo, T. (1988). *Centro Etnobiológico Ametra 2001 en Madre de Dios* [Tesis Doctoral, Universidad Ricardo Palma].

Olórtegui del Castillo, T. (2006). Espacio y arquitectura indígena: alternativas creativas de desarrollo sostenible. *Conferencia Latino-americana de construcciones sustentables*, 1.

Olórtegui del Castillo, T. (2020). Tipología de la vivienda autóctona Harakbut y Ese Eja. En M. C. Chavarría Mendoza, K. Rummenhüller y T. Moore, (eds.), *Madre de Dios: refugio de pueblos originarios* (pp.419-427). USAID.

Olórtegui del Castillo, T. y Rummenhüller, K. (1990). Cambios en la arquitectura de las viviendas de grupos nativos en Madre de Dios. El caso de la comunidad nativa Boca del Inambari. *Perú Indígena*, 12(28), 111-144.

Olórtegui del Castillo, T., Rummenhüller, K. y Valcuende del Río, J. M. (2021). *Transformaciones de la arquitectura indígena en la Cuenca del Madre de Dios, Perú*. Tirant-lo-Blanch.

Zelený, M. (1976). *Contribución a la etnografía y clasificación del grupo étnico huarayo (ece'je)*, Madre de Dios-Perú. Universita Karlova Praha.



# Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán: Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial

## UGR.18-02. Universidad de Granada. Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán: Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial

**Investigador principal:** Bernardino Líndez Vílchez.

**Equipo del proyecto.** Investigadores: Rafael de Lacour Jiménez, Marisol García Torrente, Ubaldo García Torrente.

**Investigadores colaboradores:** Mhammad Benaboud, Juana Biedma Molina, Montserrat Bosch González, María José Collado Ruiz, Ana del Cid Mendoza, Ramón de Torres López, Federica Parlato, Adrián Rojas González, Elia Sáez Giraldez, Manuel Sánchez García.

**Colaboradores:** Salomon A. Benatar Amran, Sebastián del Pino Cabello, Luis González Tamarit, Toumader Khatib

**Trabajo de campo:** Minerva Carriquí López, Víctor Juan Ramos Jiménez.

**Rectificación fotogramétrica:** Bárbara Falús.

**Diseño y maquetación:** Alba León Álvarez, Leyre León Álvarez.

**Fotoplanos y delineaición:** Letizia Aiello, Benedetta Buzzurro, Aurelia Catalano, Marco Ciccaglione, Asia Colzi, Ileana Cottet, Sofia Dazzi, Alessio Fiore, Rebeca Freitas, Inés García-Parada Montes Iliana Karaouli, Miriam Lagares Franco, Andrea Lani, Carlota Lavado, Eliana Lavano, Yasmine Malkawi, Alessia Marcucci, Giulia Montrone, Philippe Nagre, Jean Guilherme Oliveira, Fernanda Pineda, Isabel Rodríguez Luzón, Cristina Román López, Alejandro Sánchez Cascales, Rosa Sanzo, Rebecca Sciacca, Graziana Sciscioli, Jessica Segura Berbel, Bernardo John Snickars, Andrea Terrón Ibáñez, Pilar Vargas Porras, Sílvia Pratelli, María Victoria Velázquez.

**Autores del capítulo:** Líndez Vílchez, Bernardino<sup>1</sup>, Rafael de Lacour Jiménez<sup>1</sup>, Patron Chaves, Larissa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Granada, Granada, España.

<sup>2</sup> Universidad Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

## Resumen

Al Ándalus trasciende las fronteras espacio/temporales de la presencia islámica en la Península Ibérica, perviviendo hasta nuestros días en el Magreb, Asia Oriental y sobre todo en el norte de Marruecos. De sur a sur, Granada y Tetuán conservan la huella genéticamente imborrable de episodios culturales que se hacen visibles en Granada en el Albaicín y la Alhambra y en Tetuán en los Cementerios (judío y musulmán), la Medina y el Ensanche. La Medina de Tetuán, declarada por la Unesco Patrimonio Mundial en 1997, junto a los Cementerios Judío y Musulmán de un lado y del otro el Ensanche, constituye un testimonio de diversidad que ha logrado conformar una entidad única y genuina de urbanismo, arquitectura y paisaje perfectamente integrado en el territorio.

Con el proyecto de investigación “Iniciativas para la protección recuperación y rehabilitación funcional de la Medina de Tetuán”<sup>4</sup> financiado por el CICODE de la UGR, un nutrido grupo de estudiantes y profesores de la Universidad de Granada (en colaboración con la Universidad Abdelmalik Essadi y el Ayuntamiento de Tetuán) realizamos los estudios aún inéditos: **01.** El catálogo de las casas de la Medina. **02.** El cementerio musulmán de Tetuán, arquitectura y paisaje. **03.** La caracterización y estudio comparativo de los azulejos tetuanés y los azulejos de la Alhambra. **04.** Catálogo de las fuentes de la Medina, públicas y privadas.

El presente trabajo se ha ejecutado en el marco del proyecto de investigación “Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán. Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial”, financiado por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía y trata de generar la documentación que permita a la administración marroquí proponer la candidatura de los Cementerios y el Ensanche ante la Unesco para la declaratoria como Patrimonio Mundial. Incluye una basta documentación gráfica con la elaboración de fotoplanos de las principales arterias del Ensanche y la relectura arquitectónica de sus edificios singulares, que junto a un profundo análisis territorial y urbano nos ha permitido acotar la nueva propuesta a proteger junto a las áreas de amortiguamiento, que delatan desde la mirada contemporánea: Formas de vivir que vinculan fuertemente la ciudad de los muertos y las ciudades de los vivos; la ciudad histórica, vitalista y anclada en la tradición (la Medina) y la ciudad moderna que mira con nostalgia el pasado sin renunciar al presente y al futuro (el Ensanche). Identidades compartidas que dan como resultado un único paisaje cultural, razón por la que han de incluirse en una sola declaración patrimonial de la Unesco.

### Palabras clave

Al Ándalus; Identidad territorial; Memoria compartida; Paisaje cultural urbano; Patrimonio de Tetuán.

### Línea temática

4. Catalogación, diagnóstico y metodologías de intervención y conservación del Patrimonio Arquitectónico.

5. Intervención en los centros históricos, incentivando su dimensión de habitabilidad y convivencia a través del estudio y análisis del impacto de la actividad turística que revierta en propuestas de mejora para contrarrestar la gentrificación.

6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

<sup>4</sup> Lindez Vilchez, B. Tetuán, herencia viva. EUG, Granada, 2014

## 1. INTRODUCCIÓN

Al-Ándalus es la historia de un territorio, una sociedad, un desarrollo artístico y un pensamiento original fruto de la síntesis de varias culturas y etnias. Su noción es compleja y está estrechamente ligada al patrimonio cultural de muchos pueblos. Idea que ha sido construida por historiadores, geógrafos, juristas, poetas..., incluso por el imaginario popular, que dibuja una sociedad caracterizada por la convivencia de musulmanes, judíos y mozárabes andalusíes que comparten una memoria colectiva ya que hablaron la misma lengua y experimentaron idénticas formas de sentir.<sup>5</sup>

El mito de al-Ándalus ofrece distintas lecturas, desde la “maldad política” con que se ha pretendido mostrar a través de la mirada orientalista, que magnifica el dominio de Occidente sobre Oriente, a la apariencia de bondad que sugiere la narrativa histórica. La realidad de al-Ándalus está todavía por desentrañar, ya que trasciende las tradicionales fronteras espacio/temporales y delata una cultura de altísimo nivel intelectual, fuertemente espiritualizada, que se hace visible a través de un profundo carácter sensorial.<sup>6</sup>

El Albaicín y la Alhambra de Granada se muestran ante la historia como epílogo cualificado de la presencia islámica en suelo peninsular y por tanto de al-Ándalus. Arquitectura y urbanismo de extraordinario valor estético y patrimonial cuya construcción en el período nazarí se explica solo desde el deseo de trascendencia, ante la inevitable conquista cristiana, como documento fedatario para la historia.

## 2. DE SUR A SUR, GRANADA Y TETUÁN

La reducción de las fronteras nazaríes y la ineludible voluntad de conquista de los ejércitos cristianos, motivaron la temprana emigración del caudillo de Piñar (Granada) Sidi Alí Al-Mándari en 1487. Con un reducido grupo de vasallos cruza el estrecho y se instala en el valle del río Martil, entre las poderosas montañas del Gorges y el Dersa, donde antaño los romanos fundaron la ciudad de Tamuda, refundando Tetuán con la construcción de una pequeña fortaleza que se convierte en núcleo germinal de la actual Medina. Marruecos, por su proximidad física, es el principal receptor de moriscos y judíos, tras la caída del Sultanato Nazarí de Granada, sobre todo a partir del primer decreto de expulsión de los Reyes Católicos el 31 de marzo de 1492. A esta le seguirán varias oleadas migratorias tras la definitiva expulsión de los moriscos, a principios del siglo XVII, bajo el reinado de Felipe III.

<sup>5</sup> Extraído de conversaciones privadas con el Dr. Mhammad Benaboud, profesor de la universidad Abdelmalik Essaadi.

<sup>6</sup> A pesar de todo no ha podido evitarse su banalización semántica cuando aparece como apelativo de objetos triviales.

En Tetuán judíos y musulmanes consolidan una relación de vecindad que transforma la región en una de las más prósperas y modernas del país. La ciudad histórica, la Medina, se convierte en fiel reflejo del Albaicín de Granada, aquilatándose así la huella genéticamente imborrable de la cultura andalusí. Además, desde el punto de vista estratégico y en razón de su proximidad a la península, Tetuán actúa como nexo de unión entre Occidente y Marruecos.

La Guerra de África llevó a una ocupación transitoria de la ciudad por los españoles que supuso uno de los contactos más intensos con el urbanismo europeo decimonónico. En el siglo XX, España y Francia se reparten Marruecos bajo el protectorado entre 1913 y 1956. España coloniza una pequeña franja mediterránea en el norte fijando la capital en Tetuán, con la excepción de Tánger que tendrá el estatus de ciudad internacional, quedándose Francia con el resto.

### 3. PAISAJE CULTURAL URBANO E IDENTIDAD TERRITORIAL

Los Cementerios Judío<sup>7</sup> y Musulmán<sup>8</sup>, la Medina y el Ensanche de Tetuán conforman una única entidad patrimonial, unidos sin solución de continuidad y separados por la delgada línea de la muralla, se convierten en testimonio parlante de la trascendencia de al-Ándalus y la cultura española en la ciudad de Tetuán. La Medina y el Cementerio, ciudad de los vivos y ciudad de los muertos, presentan un desarrollo aparentemente anárquico y paralelo en el tiempo, dibujando una imagen especular en torno a la muralla que los separa y vincula. El Ensanche, fruto de la colonización española, se somete a un trazado urbano que sabe leer las preexistencias del lugar, delatando dinámicas atemporales legibles a través del patrimonio social, ambiental y cultural de Tetuán.

Ambos cementerios, Judío y Musulmán, testimonian no solo la historia sino comportamientos sociales ligados al espacio físico como el rito funerario y las visitas semanales que determinan la conexión simbólica de tradiciones colectivas e individuales, vinculadas al lugar, en la construcción de una identidad propia de valor territorial. La Medina, como todas las ciudades históricas, es contenedora de la memoria del espacio y del tiempo, capaz de articular pasado y presente como invariante en la construcción del futuro. El Ensanche español, a diferencia de los franceses que constituían islas separadas e independientes de las ciudades marroquíes, se desarrolla ligado a la Medina como complemento de esta desde la contraposición urbana, aumentado con ello la riqueza de contrastes que caracteriza el alma de la ciudad.

<sup>7</sup> El cementerio judío, ubicado junto al musulmán, se extiende sobre una superficie de 102.748 m<sup>2</sup> en la ladera del monte Dersa, con impresionantes vistas al llano de Malalyen y al mar Mediterráneo. Es el más extenso de los 254 camposantos judíos de Marruecos y el segundo más antiguo, después del de Marrakech. Incluye el denominado cementerio de Castilla, ubicado en su parte baja, que acoge las sepulturas de los expulsados de España.

<sup>8</sup> El cementerio musulmán, con una extensión de 324.808 m<sup>2</sup> es uno de los valores patrimoniales más imponentes de la ciudad de Tetuán, ubicado entre el cementerio judío y la Medina en las estribaciones del Dersa, se vuelca paisajísticamente hacia el Mediterráneo, permitiendo su topografía establecer un orden jerárquico entre las cotas más bajas, reservadas como enterramiento para el pueblo llano y las cotas altas donde se ubican las qubbas de los mujáidines granadinos.



Figura 01. Ortofotografía de Tetuán en 1943. La Medina y el Ensanche son dos grandes unidades morfológicas completamente en-sabladas. Se distinguen los edificios levantados durante las tres décadas anteriores –los cuarteles R’Kaina y R’Sini, de la Alcazaba, de Regulares, Caballería y Artillería, el Centro Médico, el Casino Español, el actual Instituto Cervantes, la Escuela Hispano-Árabe y la de Artes Indígenas, la iglesia Nuestra Señora de las Victorias, la sede de la Audiencia y Juzgados, la Delegación de Asuntos Locales, y la de Educación y Cultura–, las construcciones de los primeros años 40 –las Escuelas Unitarias, el Casino Israelita, la Delegación de Hacienda y el Mercado Central (todavía sin completar en el extremo del Ensanche)–, así como los cementerios musulmán y cristiano. Fuente: Depósito de Investigación de la Universidad de Sevilla.

## 4. ARQUITECTURA Y URBANISMO

### 4.1. La Medina

En la Medina, el actual paisaje urbano o «*la imagen de la materia*»<sup>9</sup>, como poéticamente lo califica Ramón de Torres, es fruto de varias etapas de crecimiento: Mandarita, Naqsís, Al-Riffi y Luqash, Ashash, la ocupación española desde 1860 hasta el Protectorado, en que la ciudad crece de forma casi exponencial, afianzándose el mestizaje español y desarrollando excepcionales proyectos urbanos, como el Ensanche, que conforman la ciudad moderna.

<sup>9</sup> (De Torres López, 2011, p. 36)

El resultado de esta sucesión de etapas es un proceso aditivo que articula dos organizaciones de naturaleza urbana que refuerzan respectivamente su valor, como certeramente observa Ramón de Torres en su capítulo “El espacio material y poético de la Medina de Tetuán” (2011).

Más sugerente aún resulta su interpretación del urbanismo de la Medina, sometida a la aplicación del derecho islámico y en concreto al rito malikí. Según esta teoría, las principales infraestructuras civiles y religiosas se emplazan selectivamente, condicionando el desarrollo del espacio urbano. Las manzanas residenciales adoptan formas compactas y cerradas, fruto de las necesidades de las distintas unidades familiares y de los procesos aditivos y/o de fragmentación que se producen en estas. La calle queda relegada a ser un espacio sirviente, a veces sin salida. La inviolabilidad de lo privado, junto con el derecho de uso y ocupación del espacio público, provoca ocasionalmente la apropiación de este, que, si es consentida, acabará generando servidumbres. Surgen así construcciones aéreas (sabat) y adarves que con el tiempo acabarán privatizándose mediante el cierre con cancelas. Se materializa así la ciudad compacta en un organismo en perfecto equilibrio que conecta las siete puertas a través de arterias principales que se fibrilizan en calles secundarias, terciarias y adarves. El mapa sensorial resultante pasa del silencio del espacio residencial a la intensa actividad comercial a través de una rica paleta de colores, con la luz como protagonista, en atmósferas cargadas de genuinos matices olfativos. (Figura 02).



Figura 02. La Medina de Tetuán, la ciudad compacta o la imagen de la materia.

<sup>10</sup> Son habitaciones con una ventana abierta al cielo como poéticamente definiese el patio Luis Barragán. Tipológicamente ofrecen un amplio abanico de soluciones que hemos catalogado a partir de 50 casas selectivamente elegidas.



La casa patio es la célula residencial, que en sus distintas versiones, conforma una tipología presente en toda el área mediterránea. El patio es el núcleo central de la vivienda y articula el solar construido desde el vacío<sup>10</sup>; el muro es solo piel y sustantiva la forma urbana. El sabat suelda y teje las distintas manzanas que, agrupadas por vínculos familiares, gremiales o profesionales y sin solución de continuidad, formalizan un organismo vivo en torno a las mezquitas y zagüías que refuerzan la conciencia ciudadana y la cercanía espiritual.

## 4.2. Los cementerios

### 4.2.1. Cementerio musulmán

Probablemente el escenario de mayor impacto visual por su valor paisajístico en la ladera del Dersa, frente al mar Mediterráneo ante la imponente montaña del Gorges que se hunde en sus aguas. Escenario privilegiado en que la luz mediterránea se funde con la escala de grises que solapan los sucesivos planos que conforman las estribaciones del Gorges.

Al cementerio se accede por la puerta más antigua de la Medina, la Bab al Mqabar o Puerta del Cementerio, también conocida como Puerta de Ceuta por salir de ella el camino hacia esta plaza costera. En su entorno se abre un inmenso espacio libre de edificaciones, excepto las tumbas de los fundadores, que se formalizan en modestas qubbas heredadas de la tradición constructiva andalusí. Las tumbas de los mujahidines granadinos dominan solitarias las cotas más altas del cementerio Sidi Ali el Mandri, donde crecen palmitos enanos que refuerzan la presencia de estas. Las bóvedas de la Torre del Homenaje de la Alcazaba de la Alhambra son el referente constructivo y arquitectónico de estas sencillas qubbas. En la explanada inferior del cementerio, denominada Lalla Rkya, miles de lápidas y tumbas orientadas a la Meca conforman un laberinto orgánico articulado por minúsculos senderos que son hostigados por plantas invasivas. (Figura 03)



Figura 03. Cementerio Musulmán, Lalla Rkya.

### 4.2.1. Cementerio judío

El cementerio judío se mantiene intacto, ya que las prescripciones religiosas judías impiden el levantamiento de sepulturas, es por tanto fiel testigo de las emigraciones desde Castilla y Portugal. Su tamaño evidencia la importancia de la minoría judía en la ciudad. Ubicado junto al musulmán, se extiende sobre 17 hectáreas en la ladera del monte Dersa, con impresionantes vistas al llano de Malalyen y al mar Mediterráneo. Es el más extenso de los 254 camposantos judíos de Marruecos y el segundo más antiguo, después del de Marrakech. Incluye el denominado cementerio de Castilla, ubicado en su parte baja, que acoge las sepulturas de los expulsados de España<sup>11</sup>.

En el cementerio judío de Tetuán son habituales losa sepulcrales antropomorfas que hunden sus raíces en una original mezcla entre la lápida plana de tradición sefardí y la tumba con silueta del cuerpo humano. Hasta el momento los pocos investigadores que las han estudiado no concluyen si es propia de culturas anteriores norteafricanas o se relaciona más directamente con modelos sefardís aún por conocer, como los que procederían de la antigua comunidad judía granadina<sup>12</sup>. La forma humana labrada en la piedra se estiliza hasta llegar a crearse un contorno abstracto en que se delimitan geometrías básicas, distinguiendo la cabecera con un círculo y un triángulo invertido en los pies. En la superficie se pueden apreciar motivos a modo de rosetas, palmetas, estrellas de David, cenefas con sencillos diseños geométricos distribuidas axialmente y que conforman el repertorio ornamental de las más decoradas.

Contaba con una puerta especial que abría el paso desde el antiguo barrio judío hasta el camino que conducía al cementerio. Esta puerta era la Bab al-Yiaf o Puerta de los Judíos, en el norte del recinto, algo más desplazada hacia el este, solía permanecer cerrada y solo se abría a los cortejos fúnebres de los judíos tetuanís. Esta particular utilización es la que llevó a que se la mencione como puerta de los cadáveres, del escarnio o del mal olor. Aunque esta última denominación se puede deber a que en sus proximidades estaban asentadas instalaciones malolientes como las tenerías.

### 4.3. El Ensanche

Medina y Ensanche, en su encuentro, suponen la articulación de dos organizaciones urbanas que refuerzan respectivamente su valor: la Medina, o la generación de la ciudad desde el espacio lleno -la manzana-, desde el principio de que la parte está vinculada íntimamente con el todo, y donde lo público y lo privado se entrecruzan de forma compleja; y el Ensanche, o la generación de la ciudad desde el espacio vacío -la calle- y desde la dicotomía entre la parte y el todo, entre lo público y lo privado.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> En la parte alta se visita "La piedra que cayó del cielo" una enorme roca de forma irregular. Cuenta la leyenda local que un anciano, venerado tanto por judíos como por musulmanes, falleció. Ambas comunidades quisieron darle sepultura en sus respectivos cementerios y se dedicaron a trasladar el cadáver del uno al otro. En uno de esos traslados, cayó del cielo una enorme piedra y sepulto para siempre a tan respetado personaje.

<sup>12</sup> (Collado Ruiz, 2020, p. 80).



La planificación del Ensanche conecta con los modelos decimonónicos de calles en retícula y manzanas uniformes, estableciendo una cierta jerarquía en torno a dos ejes principales: las avenidas Mohamed V y 10 de Mayo, que se asientan sobre caminos precedentes y resuelven topográficamente la ligera pendiente del *Feddám* articuladas por la plaza Moulay el Mehdi. A diferencia del urbanismo de la Medina, en el Ensanche se da la tradicional secuencia casa, calle que actúa como elemento lineal primario de acceso a las manzanas y plaza, espacio cívico de interacción ciudadana y elemento articulador del tejido urbano.

El Ensanche de Tetuán es el mejor ejemplo de planeamiento en el Protectorado español y probablemente la mejor expresión arquitectónica y urbanística de conjunto en la España del siglo XX. Pegado a la muralla occidental de la Medina con la que conecta a través de tres de sus puertas, adaptándose y relacionándose con esta mediante la actividad comercial que provoca la extraordinaria vitalidad que caracteriza las calles principales. La morfología de los alzados singulariza el paisaje urbano: manzanas, volúmenes y escalas de acentuada regularidad; ejes viarios con anchuras comprendidas entre los 12 y los 15 m; edificios de cuatro alturas que a menudo incluyen áticos retranqueados. Arquitecturas que narran con exquisita fidelidad un momento histórico en el que tienen una fuerte presencia los historicismos de inspiración escurialense; eclecticismos que mezclan regionalismo, modernismo, elementos de raíz medieval y moderna y el estilo internacional.

#### 4.3.1. Plaza Moulay El Mehdi

La plaza Moulay El Mehdi, antigua plaza Primo de Rivera, actúa como una rótula en la que convergen seis vías y se produce el cruce de las dos arterias principales que articulan el Ensanche, las avenidas Mohamed V y 10 de Mayo, surgidas a su vez de la disposición de los antiguos caminos que surcaban la meseta, de los condicionantes topográficos de la zona y de la necesidad de conectar los cuarteles (R' Sini, Caballería, Regulares, Artillería, Intendencia, Comandancia de Ingenieros y R Kaina).

Convertida en el centro neurálgico de la *moderna ciudad europea*, en la plaza se formalizan las tres tendencias arquitectónicas que caracterizan el paisaje urbano de todo el Ensanche: eclecticismos en los que se suman y hacen visibles las distintas vanguardias de finales del XIX con una fuerte inspiración local; construcciones de base racionalista en las que la pureza lingüística se disipa por influencia de los regionalismos; y, finalmente, historicismos de corte escurialense y neobarrocos, que reflejan el debate arquitectónico que se desarrollaba en la España de aquella época. A pesar de la diversidad lingüística se mantiene uniforme la forma urbana, la cadencia y ritmos compositivos, la materialidad y sobre todo el color. El compromiso de los arquitectos responsables de los proyectos que fueron capaces de desarrollar una fuerte empatía con la ciudad y los modos de vivir, la amplia variedad de usos, la diversidad de promotores y la aplicación de tecnologías locales en convivencia

<sup>13</sup> De Torres (2020, p. 136).

con otras de vanguardia, son responsables de ese espectro figurativo que responde a la perfección a los condicionantes del lugar. (Figura 04).



Figura 04. Plaza Moulay el Mehdi.

El gran valor de la arquitectura del Ensanche, como ejemplifica la plaza Moulay El Mehdi, no se debe a la excelencia de ninguno de sus edificios, sino al acertado sincretismo figurativo del conjunto urbano, fruto de la suma de las voluntades de las tres comunidades (musulmana, judía y española), cada una en su papel de promotora, constructora y legisladora, pero, sobre todo, a la audacia y la pasión de un grupo de arquitectos que supieron interpretar el espíritu del lugar como generador de la forma arquitectónica e imprimir en este valores universales únicos.

### 4.3.2. Avenidas Mohamed V y 10 de Mayo

La avenida Alfonso XIII, también llamada calle de la República, calle del Generalísimo Franco y, en la actualidad, avenida Mohamed V, es la primera gran arteria del Ensanche. Discurre de este a oeste sin apenas pendiente, divide la zona en dos sectores con una extensión similar, y rige la disposición de la mayoría de manzanas. La avenida 10 de Mayo es la segunda gran arteria del Ensanche y se cruza con la anterior diagonalmente en la plaza Moulay El Mehdi. Su trazado va de noroeste a sureste, salvando el descenso natural de la topografía y generando un nuevo damero de manzanas que puede asumir armoniosamente la diferencia de cota de norte a sur. Ambas avenidas calcan dos de las antiguas veredas que surcaban el *Feddan* (el bancale) hasta las principales puertas de acceso a la Medina y, en sus recorridos, conectan estratégicamente cuarteles y edificios singulares.

La avenida Mohamed V arranca en el lado oriental de la antigua plaza de España, también conocida popularmente como plaza del *Feddan*. Colindante con la Medina y conectada a ella a través de la Bab Ruah, la plaza actúa como rótula y contrapunto entre la ciudad

antigua y compacta y la ciudad nueva y abierta. Desde su creación adquirió un fuerte valor simbólico, pues en ella se encontraban las residencias del *jalifa* (representante del sultán) y el alto comisariado de la autoridad española.

En 1928, el arquitecto José Gutiérrez Lescura recibió del cónsul español Isidro de las Cagigas el encargo de ordenar la plaza de España. Se construyó entonces un pabellón abierto de inspiración nazarí, con columnas, linterna central y faldones de cubierta de teja verde, que estaba atravesado por dos calles ortogonales pavimentadas con azulejos de colores, dejando en los ángulos pequeños parterres con palmeras. Enmarcaba el conjunto una cerca baja con verja metálica, interrumpida en los ejes de las calles por parejas de edículos sobre cuatro columnas, también de inspiración nazarí. El conjunto rebosaba vitalidad: en torno a él se animaba la vida ciudadana en las teterías y comercios. En la década de 1980, lamentablemente, el diseño de Gutiérrez Lescura fue sustituido por otro completamente anodino y ajeno al anterior, en el que se percibe la cercana presencia del Palacio Real, al que sirve como proscenio la renombrada como plaza El Mechouar o Hasan II.

En la entrada de la avenida Mohamed V, junto a la entonces plaza de España pero sin dar fachada a ella –dejando como tal un vacío contiguo–, se levantaron en los primeros años de la década de 1940 los edificios de La Unión y el Fénix y de La Equitativa, dos de las construcciones más bellas del Ensanche. Ambos edificios, coronados por los símbolos de sus respectivas corporaciones (el ave fénix y la equitas), sintetizan a la perfección las distintas tendencias arquitectónicas presentes en el Ensanche. En ellos, y asumiendo el nivel inferior de soportales impuesto por el plan de Muguruza (1943), el estilo internacional regula la composición de los alzados si bien, al mismo tiempo, se deja seducir por algunos de los gestos de carácter regionalista tantas veces ensayados en edificios precedentes: arcos de herradura doblados por otros polilobulados, tejaroces sobre ménsulas de mocárabes, bandas de azulejos, cupulines, merlones escalonados, etc., así, hilvanados por la avenida y por los flujos perennes de paseantes y bebedores silenciosos de té, aparecen edificios como el Casino Español, la antigua Delegación de Educación y Cultura, el Casino Israelita, el Pasaje Benarroch, Correos y Telégrafos, la iglesia de Nuestra Señora de las Victorias, la Delegación de Obras Públicas y las antiguas Escuelas Unitarias. La imagen resultante, en la que destaca también el contraste entre el color verde de las carpinterías y el blanco de los paramentos, es la de un paisaje urbano con señas de identidad propias y profundas.

La avenida 10 de Mayo mantiene las constantes compositivas de su homóloga Mohamed V, aunque, quizá, en ella tengan mayor presencia los edificios modernos. Entre sus hitos arquitectónicos se encuentran la Delegación de Asuntos Locales, el Cine Avenida, la antigua Delegación de Hacienda, la sede de la Audiencia y Juzgados, el Ayuntamiento, el cuartel R'Kaina y la Estación de Autobuses, así como el Mercado Central, último punto de sutura en el borde del Ensanche.

## 5. CONCLUSIONES

Tras la caída del último reducto islámico en suelo europeo, se sucedieron expulsiones de judíos y musulmanes que colonizaron el Magreb, dejando un fuerte impacto social, cultural y artístico donde quiera que se asentaron. Al Andalus, entendido ahora como marco cultural, extiende sus fronteras en el norte de África conservando las que le vieron nacer en la península ibérica. El mudéjar, como expresión tangible del mestizaje cultural, es utilizado por la comunidad cristiana en el proceso de apropiación y aculturación de los territorios conquistados al Islám, dejando un legado artístico de tal magnitud que asegura su presencia hasta nuestros días, con ecos importantes en el Nuevo Mundo.

El rito de ley malikí era, más que un sistema jurídico, el marco cultural general tanto en al-Andalus como en el Magreb. Esto explica su vigencia durante ocho siglos en la Península, desarrollándose durante cinco siglos más a través del estrecho de Gibraltar en los países del borde mediterráneo (Marruecos, Argelia, Túnez y Libia).

Tetuán es un lugar donde los Cementerios, la Medina y el Ensanche, ejemplifican la idea urbano/arquitectónica islámica y occidental desde la diversidad. Se trata de un relato que muestra las capas que materializan la historia de ocupaciones sucesivas islámicas y cristianas, manifestando las relaciones de dependencia entre ambos mundos, que tienen en la península ibérica y a partir del siglo XV en suelo magrebí, su más alta evidencia de diálogo y experiencia conjunta.

El valor universal único de la Medina de Tetuán, fue reconocido por la Unesco en 1997. Se trata de uno de los Centros Históricos mejor conservados de la región que construye un paisaje urbano de gran autenticidad, lo que le confiere un valor excepcional. El Ensanche funciona como unidad urbana y construcción diacrónica compatible con las formas de vida y apropiación del espacio de esta. La suma reiterada de pequeñas unidades, como forma de agregación en los Cementerios, sigue la lógica de crecimiento de la Medina y refuerza sus cualidades paisajísticas en un entorno geográfico privilegiado.

La Medina responde a un sistema de crecimiento basado en la tradición y el derecho islámico. Por contra, el Ensanche es fruto de la planificación urbana y regulación normativa de su arquitectura. Tradición y modernidad que se expresan a través de tipologías vernáculas que recogen el modo de vida islámico en la Medina, frente a la modernidad importada en el Ensanche que refleja el debate arquitectónico de la España de la época con un fuerte acento local.

El urbanismo racionalista del Ensanche, basado en la geometría y el orden como valores fundamentales, tensiona y completa el sistema orgánico urbano de la Medina, introvertido y sustentado en la vivienda como célula de agregación fundamental, mostrando la compatibilidad y complementariedad de estas dos formas urbanas y su correlato cultural, político y social.

El lugar, como enclave paisajístico y territorial, entre las estribaciones del Dersa y la llanura conformada por el río Martil, se expresa con toda su intensidad plástica en la configuración de los cementerios musulmán y judío. Subraya la idoneidad de su ubicación, con visuales al mar Mediterráneo que conecta simbólicamente, desde la añoranza, con el lugar de origen, el reino nazarí de Granada. El cementerio musulmán, se muestra como un espacio público fundamental en la actualidad, visibiliza la relación islámica con la muerte y se completa con los cementerios judío y cristiano haciendo público manifiesto de la interdependencia de estos tres universos culturales.

El Ensanche ha sido un laboratorio singular y genuino de arquitectura y urbanismo, respetuoso en relación con el recinto amurallado de la Medina y en diálogo con él, con el valor añadido de haber sido realizado en respuesta armoniosa y de integración en un ámbito tan diferente como es el islámico.

El romanticismo convierte a Tetuán en referente como lugar de fascinación pictórica durante los siglos XIX y XX, ejerciendo una influencia fundamental como espacio de inspiración y de ensoñación artística. Campo fértil de todo un movimiento que viajó de Occidente a Oriente y que buscó y ansió encontrar en la ciudad ese elixir perdido, ese origen mítico de culturas entroncadas en raíces muy antiguas, que conservaban aún las formas de vida y tradiciones locales, sin verse sometidas o transformadas por la era industrial. (Figura 05).

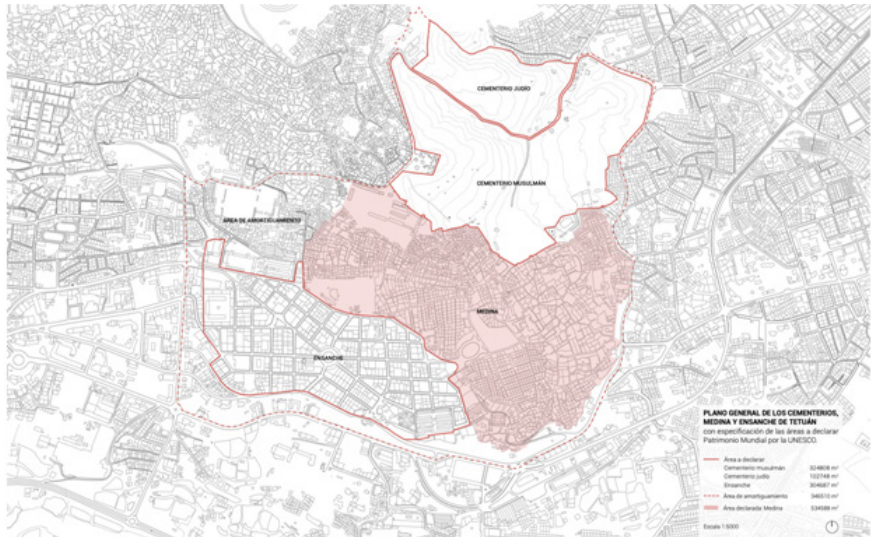


Figura 05. La Medina de Tetuán declarada por la Unesco Patrimonio Mundial y los Cementerios Judío y Musulmán junto al Ensanche Español que se proponen para idéntica declaratoria.

La mirada contemporánea delata el gran valor patrimonial de la Medina de Tetuán que, unida sin solución de continuidad a los Cementerios (musulmán y judío) y al Ensanche español, convierte el lugar en un claro ejemplo de Paisaje Cultural Urbano con una profunda Identidad Territorial.

## 6. REFERENCIAS

Collado Ruiz, M. J. (2020) Cementerios musulmán, judío y cristiano de Tetuán. En B. Líndez Vilchez (coord.), *Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán. Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial* (p. 80). Universidad de Granada.

De Torres López, R. (2011). El espacio material y poético de la Medina de Tetuán. En R. De Torres López (coord.), *La Medina de Tetuán. Guía de Arquitectura* (pp. 19-36). Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Consejo Municipal de Tetuán.

De Torres López, R. (2020). Fragmentos para la valoración patrimonial del Ensanche de Tetuán. En B. Líndez Vilchez (coord.), *Cementerio, Medina y Ensanche de Tetuán. Tres unidades morfológicas y una única realidad patrimonial* (p. 136). Universidad de Granada.

# REHABILITACIÓN RESIDENCIAL Y PATRIMONIAL EN ÁMBITOS URBANOS Y RURALES

## **I. US.20-01**

Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción.

## **II. US.20-02**

REVIVE: Reto demográfico y vivienda en el medio rural andaluz.

## **III. US.20-11**

Aplicación de la Estrategia Aura para la rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas: análisis de las condiciones de habitabilidad, confort y salud en el Polígono de San Pablo (Sevilla).

## **IV. UPO.18-03**

La evaluación de los riesgos y vulnerabilidades frente al cambio climático, desastres naturales y antrópicos: un acercamiento inicial desde la cooperación internacional.





# Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción

## US.20-01. Universidad de Sevilla. Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción

**Investigador principal:** Antonio Morales Esteban.

**Equipo del proyecto:** Ignacio Javier Acosta García, Miguel Ángel Campano Laborda, Enrique de Justo Moscardó, Antonio Delgado Trujillo, Samuel Domínguez Amarillo, Julia Rey Pérez, Manuel Vázquez Boza, María Victoria Requena García de la Cruz, Emilio Romero Sánchez, Beatriz Zapico Blanco, María del Pilar López Piña.

**Autores del capítulo:** Antonio Morales Esteban<sup>1</sup>, María Victoria Requena García Cruz<sup>2</sup>; Emilio Romero Sánchez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Estructuras de Edificación e Ingeniería del Terreno, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, Universidad de Cádiz, Cádiz, España.

### Resumen

Gran parte de las grandes barriadas residenciales de Andalucía se construyeron a lo largo del siglo XX, antes de la aparición de normativas de construcción y sísmicas restrictivas. La mayoría de estos edificios se caracterizan por su falta de mantenimiento y su obsolescencia. Esto hace que presenten unas condiciones ambientales muy alejadas de los estándares actuales, afectando a la salud y a la calidad de vida de sus moradores. Esto provoca un mayor consumo energético para el acondicionamiento térmico de las viviendas, lo que genera unos mayores niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>. Asimismo, parte de estos edificios se localizan en zonas que se han visto afectadas por grandes terremotos históricos y que han producido daños considerables en el parque inmobiliario, lo que pone de manifiesto la considerable vulnerabilidad sísmica de este tipo de edificios residenciales. Por ello, el proyecto RENSIS (Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción) tiene como objetivo la mejora de la eficiencia energética y del comportamiento sísmico de edificios de viviendas en grandes barriadas de antigua construcción en Andalucía. Para ello se han diseñado y calculado soluciones integradas que consideran ambos aspectos. Esto se pretende conseguir a partir del diseño y de la evaluación de soluciones compatibles, no invasivas y complementarias aplicadas en la fachada de estos edificios. Además, se realizan en una única actuación y con un incremento de coste mínimo. La metodología de trabajo se ha aplicado a la barriada sevillana de El Plantinar, como caso representativo del parque inmobiliario construido en Andalucía. Los resultados de esta investigación han demostrado que la rehabilitación sísmico-energética multi-objetivo de edificios existentes

puede dar lugar a sinergias, reduciendo el coste económico de las soluciones. Esto se consigue gracias a la reducción del tiempo de instalación, de la de mano de obra, de los materiales y de los recursos. Destacar también que se eliminan incompatibilidades y se evita el riesgo de que una intervención puramente energética se vea dañada o arruinada por un terremoto futuro. Se ha probado que la rehabilitación sísmica, cuando se realiza junto a una rehabilitación energética, produce un incremento de coste despreciable y permite la mejora del comportamiento sísmico/estructural de los edificios, en caso de terremoto, de hasta un 240%.

## Palabras clave

Barriadas residenciales; Pobreza energética; Rehabilitación; Soluciones integradas; Vulnerabilidad sísmica.

## Línea temática

2. Actuaciones de rehabilitación residencial, destacando las intervenciones sobre edificios residenciales de viviendas colectivas en Andalucía, en especial los localizados en grandes barriadas de antigua construcción poniendo de relieve aspectos tales como la accesibilidad, la conservación y el mantenimiento y la sostenibilidad.
3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Gran parte de las grandes barriadas de Andalucía se construyeron a lo largo del siglo XX (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), 2011). Como resultado, estos edificios carecen de aislamiento térmico en su envolvente, o este es insuficiente, ya que hasta 1979 no se establecieron las primeras limitaciones de demanda energética en edificios. Esto da lugar a un mayor consumo energético para el acondicionamiento térmico de las viviendas, lo que supone la generación de mayores niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> (Domínguez et al., 2012). Asimismo, estas barriadas tienen un nivel de confort y de calidad ambiental muy por debajo de los estándares actuales sumado a la falta de mantenimiento y obsolescencia. En Sevilla, representan el 30% del parque inmobiliario (Domínguez et al., 2012). Además, se caracterizan por acoger, en mayor o menor medida, a colectivos vulnerables.

Se estima que el 65% de los edificios europeos en regiones sísmicas necesitan una rehabilitación sísmica. En el caso de Andalucía, la actividad sísmica es notable debido a la cercanía con la zona de contacto entre las placas tectónicas euroasiática y africana (Amaro-Mellado et al., 2017). Los terremotos históricos más importantes que se han producido en la península ibérica afectaron a esta región (1755 (Mw=9) y 1969 (Mw=8)), con efectos devastadores (Mendes-Victor et al., 2009). Como ejemplo cercano del poder destructivo de un terremoto, se puede citar el reciente terremoto de Lorca de 2011 (Mw=5,1), con un parque inmobiliario similar al andaluz, que causó 9 víctimas mortales, más de 300 heridos y el realojo de más de 10 000 personas (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015). Más de un 13% de los edificios residenciales sufrieron daños graves o muy graves, llegándose al 40% en algunos barrios. En España, la primera normativa sísmica de obligado cumplimiento entró en vigor en 1994 (Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente, 1994). Anteriormente, existían directrices, que no eran restrictivas. Por tanto, las barriadas de antigua construcción andaluzas se diseñaron y construyeron fundamentalmente sin tener en cuenta consideraciones sísmicas y energéticas.

## 1.2. Motivación

El proyecto RENERSIS (Cálculo y diseño de soluciones de fachada para la mejora energética y sísmica de grandes barriadas de antigua construcción) pretende mejorar la eficiencia energética y el comportamiento sísmico de edificios de viviendas en grandes barriadas de antigua construcción a partir del diseño y el cálculo de soluciones integradas que consideren ambos aspectos. Esto se pretende conseguir a partir del diseño y la evaluación de soluciones compatibles, no invasivas y complementarias aplicadas en la fachada de estos edificios. Se busca que se realice en una única actuación y con un incremento de coste mínimo. Este proyecto se enmarca en las políticas europeas que buscan mejorar el comportamiento energético y reforzando, de forma simultánea, su seguridad estructural, particularmente la sísmica, siendo el primer estudio de este tipo en España y Andalucía.

Para su estudio en detalle, se ha seleccionado la barriada de El Plantinar de Sevilla. Esta barriada es representativa del parque inmobiliario andaluz por lo que las lecciones aprendidas se pueden extrapolar fácilmente a toda Andalucía.

## 1.3. Actuaciones combinadas y sistemas integrados

Se han analizado las diferentes medidas tanto de refuerzo sísmico como de mejora del comportamiento energético de edificios existentes. Se ha establecido una clasificación de las medidas energéticas que incluye aquellas de uso más extendido con otras que, aunque cuentan con cierto bagaje, su uso no se encuentra generalizado. Estas medidas se han clasificado según el aspecto a mejorar: demanda energética o la eficiencia de las instalaciones. Las medidas de mejora sísmica se han clasificado según la tipología estructural edificatoria: estructura de hormigón armado, de muros de carga (principalmente

de fábrica) y metálica. Para mayor información, véase el libro publicado como resultado del proyecto (Requena García de la Cruz y Romero Sánchez (coords.), 2023).

En general, se concluye que para la elección de la solución de rehabilitación se deben tener en cuenta: las características de los edificios, los criterios patrimoniales y económicos, la reducción de las posibles pérdidas, los impactos medioambientales o los tiempos de construcción y la interrupción del uso del edificio.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo seguida en el proyecto da respuesta a los objetivos propuestos y se pormenoriza en las siguientes acciones (A):

- A1: Revisión del estado del arte. A1.1: Revisión bibliográfica sobre los sistemas de mejora combinada. A1.2: Análisis de la metodología y de las conclusiones.
- A2: Obtención de los valores patrimoniales de la barriada analizada. A2.2: Revisión de la información disponible en archivos y bases de datos. A2.2: Análisis patrimonial.
- A3: Caracterización energética y estructural de los edificios. A3.1: Realización de inspecciones para determinar el estado de conservación. A3.2: Medición “in situ” de perfiles térmicos reales y operacionales. A3.3: Determinación de los parámetros dimensionales y las características constructivas, estructurales y geotécnicas. A3.4: Actualización de la base de datos de edificios
- A4: Desarrollo computacional y validación del prototipo virtual energético. A4.1: Simulación dinámica del comportamiento energético con las predicciones meteorológicas. A4.2: Modelizado tridimensional de los edificios con las condiciones del contorno. A4.3: Calibración y validación de los modelos a partir de los resultados de la caracterización “in situ” obtenida.
- A5: Obtención del modelo de comportamiento sísmico del edificio. A5.1: Determinación de la acción sísmica. A5.2: Modelizado de los edificios con OpenSees (McKenna et al., 2000) y STKO (Petracca et al., 2017). A5.3: Realización de análisis estáticos no lineales para determinar su capacidad sísmica. A5.4: Calibración y validación. A5.5: Análisis de la seguridad sísmica.
- A6: Desarrollo e implementación de las soluciones integradas. A6.1: Elaboración de soluciones. A6.2: Obtención del comportamiento energético y sísmico tras implementar las soluciones.

- A7: Determinación del índice energético-sísmico. A7.1: Cuantificación del coste económico. A7.2: Cuantificación del impacto medioambiental. A7.3: Cuantificación de la mejora energética. A7.4: Cuantificación de la mejora sísmica. A7.5: Determinación de la solución más eficaz.
- A8: Difusión de los resultados.
- A9: Elaboración de un libro práctico (AA.VV., 2023).

### 3. EL CASO DE LA BARRIADA DE EL PLANTINAR

El antiguo barrio de El Plantinar se encuentra al sureste de Sevilla (España) (figura 01) y fue construido durante los años 60. Ha sido seleccionada como caso de estudio por ser representativo y prototípico de las grandes barriadas de antigua construcción de Andalucía. El conjunto está compuesto por tres tipos diferentes de edificios combinados o separados por juntas estructurales con distinta orientación. Todos los bloques se caracterizan por la misma configuración estructural mixta: muros de carga de ladrillo en el perímetro y un pórtico de hormigón armado (HA) en el centro, con cinco plantas de altura. La barriada fue construida antes de la aplicación de códigos sísmicos en España, ya que la primera normativa sísmica restrictiva en vigor data de 1994 y también de los energéticos. Por tanto, fueron diseñados únicamente según las cargas gravitatorias y no cumplen con los requisitos de seguridad sísmica ni de comportamiento energético.

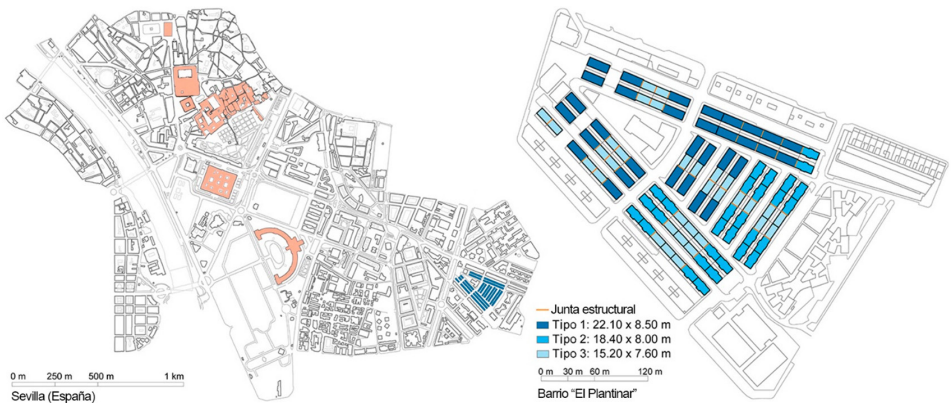


Figura 01. Localización de la barriada e identificación de los tipos estructurales.

### 3.1. Caracterización patrimonial

Uno de los objetivos del proyecto es conocer y reflexionar sobre proceso de desarrollo de estas barriadas de antigua construcción, concretamente el caso de El Plantinar. El barrio fue concebido para albergar a un gran número de personas y hoy es un referente clave en el Paisaje Urbano Histórico de Sevilla. Este enfoque se considera clave identificar la singularidad patrimonial de esta barriada.

La metodología propuesta para abordar la valoración patrimonial de El Plantinar se ha diseñado para que sea extrapolable a otras barriadas similares del siglo XX. Se estructura en tres fases. Fase I, se realiza un estudio general de El Plantinar en tres escalas: urbana, objetual-tipológica y perceptiva, para obtener un diagnóstico general de la barriada. Fase II, se identifican los atributos y valores culturales del conjunto urbano. Fase III, se definen criterios sobre cómo intervenir en esta barriada.

Los distintos análisis desarrollados revelan claramente la obsolescencia del proyecto de la vivienda moderna en relación a las necesidades de los distintos usuarios de la vivienda del siglo XXI. La obsolescencia tipológica se enfrenta a los modos de vida actuales y a unas necesidades imperantes de mejora del confort y la habitabilidad en términos de aislamiento térmico y energético. Asimismo, se han esbozado dificultades relacionadas con la accesibilidad, la habitabilidad mínima, la rigidez del programa y la diversificación de habitantes. Pero frente a la obsolescencia tipológica, es importante reconocer aquellos valores patrimoniales que van de la mano de la cuestión urbana, esto es: la ubicación de la barriada en relación a la ciudad, la calidad espacial de sus calles, la escala de la edificación en relación al usuario, la relación entre los vecinos, el uso del comercio de proximidad e incluso cuestiones de identidad (las más vulnerables). Asimismo, de este recorrido se extrae el valor vinculado al diseño de la nueva ciudad vinculada con la modernidad, erigiéndose como un símbolo de progreso que permitía a todas las clases sociales ubicarse en la ciudad. Probablemente las cuestiones materiales, constructivas y estructurales han quedado obsoletas, pero otras cuestiones, como las conceptuales, el urbanismo, lo social o lo medioambiental, adquieren una dimensión significativa para poder comprender el valor y la importancia del proyecto moderno.

### 3.2. Caracterización geotécnica

El suelo de la barriada de El Plantinar forma parte de la cuenca del Guadalquivir y, como tal, se originó con el hundimiento del valle Penibético y su posterior relleno con depósitos secundarios y terciarios. La estratigrafía del suelo refleja su formación. Comienza con un relleno antrópico. A continuación, se encuentran las terrazas fluviales, con arcillas marrones en los estratos superiores, que en la zona estudiada son de expansividad baja. Seguidamente, hay varios metros de arenas y limos más bien finos, terminando con casi una decena de metros de grava en matriz arenosa. La base de esta zona la forman margas del mioceno medio-superior, o marga azul del Guadalquivir.

Para caracterizar de manera específica el suelo de la barriada, se ha creado una base de datos con estudios geotécnicos cercanos. Con los datos obtenidos y el método de la Distancia Inversa Ponderada, se ha obtenido un perfil geotécnico medio. Se ha realizado un estudio estadístico, obteniéndose valores medios, máximos y mínimos y la desviación típica. Los datos obtenidos (cotas geotécnicas, número de golpes, propiedades geotécnicas y nivel freático) se presentan en “Soluciones integradas de fachada para la mejora energética y sísmica de barriadas de antigua construcción. Refuerzo ENERgético y SÍsmico” (AAVV, 2023).

### 3.3. Caracterización y evaluación energética

En este proyecto, se ha llevado a cabo el análisis termográfico (figura 02) para la evaluación de la envolvente en uno de los bloques de la barriada y, específicamente, en una de las viviendas situada en planta baja. De dicho análisis cabe destacar lo siguiente:

- En la fachada lateral del edificio se identifica la posición de pilares y vigas por donde se pierde energía. Las esquinas están formadas por el encuentro del muro de carga y el cerramiento. No se aprecia discontinuidad térmica.
- Los muros de carga presentan una mayor resistencia térmica que los cerramientos laterales.
- En los bordes de los balcones, se puede apreciar la discontinuidad de los bordes que indica la presencia de fisuras, desprendimientos y corrosión del armado de borde.
- El hueco de ventana presenta una mayor pérdida energética que la continuidad del muro.

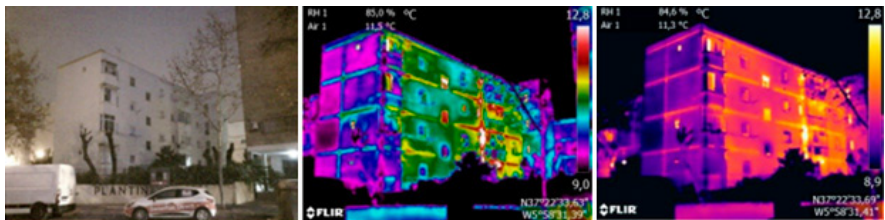


Figura 02. Fotografía real de noche, cuando se realizó el ensayo. Termogramas tomados durante la inspección.

La configuración de la envolvente responde a la representativa de los barrios construidos entre los años 60-70 en Andalucía. Se caracteriza por su simplicidad constructiva, por la ausencia de aislamiento térmico en la envolvente y por los consecuentes puentes térmicos, localizados en los frentes de forjados, contornos de carpinterías, elementos estructurales en fachadas y encuentros de paramentos verticales. Las aberturas están constituidas por dos hojas correderas sin rotura de puente térmico (RPT) y acristalamiento constituido por vidrio sencillo y persiana exterior.

### 3.4. Caracterización y evaluación estructural y sísmica

Se ha realizado la caracterización estructural y del comportamiento sísmico de un edificio de la barriada. Se ha seleccionado la edificación Tipo 1 para ser analizada (figura 03). Es el más grande y se puede encontrar aislado, lo que permite omitir los efectos de golpeo entre estructuras. Se ha desarrollado un modelo numérico estructural a partir de macroelementos que considera los dos tipos de fallo típicos en muros de carga: por cortante y por flexión. Se han realizado análisis estáticos no lineales para determinar la capacidad sísmica. Se ha calculado el nivel de seguridad sísmica según el Eurocódigo-8, obteniéndose que no cumpliría los valores límites establecidos en la normativa sísmica.

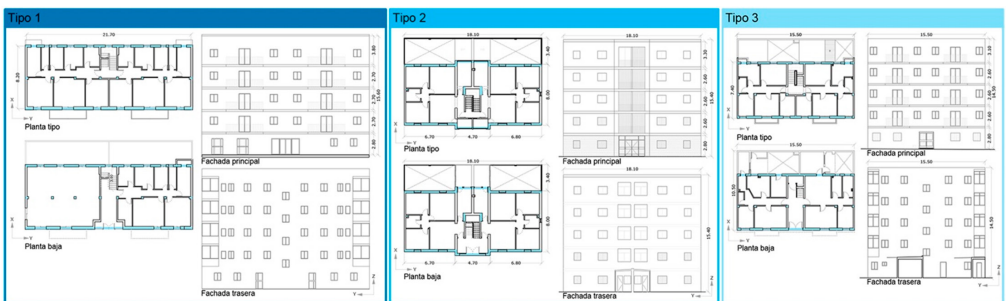


Figura 03. Configuración de los tipos edificatorios y estructurales identificados en la barriada.

Tras el cálculo del comportamiento y de la seguridad sísmicas, se extraen varias conclusiones particulares del caso de estudio, en cada una de las escalas de análisis consideradas en este trabajo:

- El muro de la fachada principal presenta una mayor capacidad sísmica que la fachada posterior debido a la distribución de los huecos. Comparado con la fachada principal, la fachada trasera presenta paneles estrechos y esbeltos, lo que conlleva a una mayor concentración de daños.
- El edificio presenta una peor capacidad sísmica en la dirección X que en la dirección Y: su comportamiento es mucho más frágil en esta dirección que en la transversal. Esto se debe principalmente al predominio de muros de mampostería en la dirección X (figura 03).
- Los daños se concentran principalmente en los paneles situados en planta baja (figura 03).



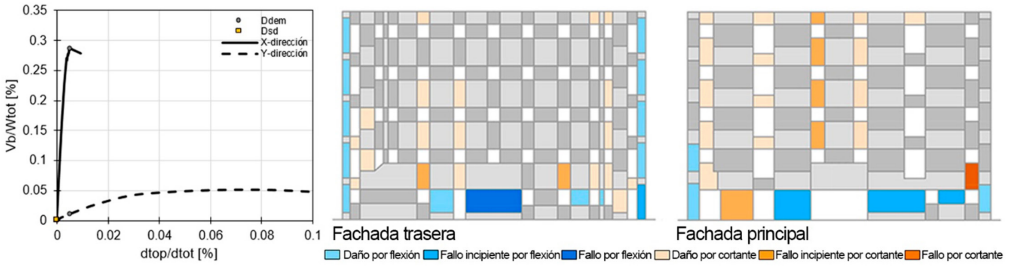


Figura 04. Curva de capacidad normalizada expresada para un sistema de un grado de libertad con la demanda y el daño sísmico esperados. Daño esperado para cada panel de las fachadas principal y trasera para el paso correspondiente a la demanda sísmica.

#### 4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE SOLUCIONES INTEGRADAS

En el proyecto, se ha realizado un análisis de sensibilidad para determinar los efectos y la influencia en el comportamiento sísmico y energético de diferentes soluciones de refuerzo. El objetivo es analizar soluciones integradas para los edificios de esta barriada teniendo en cuenta el entorno urbano, los estándares mínimos establecidos en las normativas, así como la compatibilidad física y armonización de estas. La novedad que se propone consiste en el diseño de soluciones únicas, compatibles, no invasivas y complementarias aplicadas a las fachadas de edificios existentes. En este caso, se estudian estrategias de refuerzo tanto sísmico como energético (integradas) basadas en la mejora del comportamiento de la envolvente. Se ha obtenido que las soluciones con mayores índices de mejora son las que se aplican sobre los muros (figura 05): la implementación de aislamiento térmico y mallas de acero estructural. La mejora de los huecos tanto energética como estructural han obtenido niveles de mejora considerables siempre y cuando la cantidad de material de refuerzo sea importante.

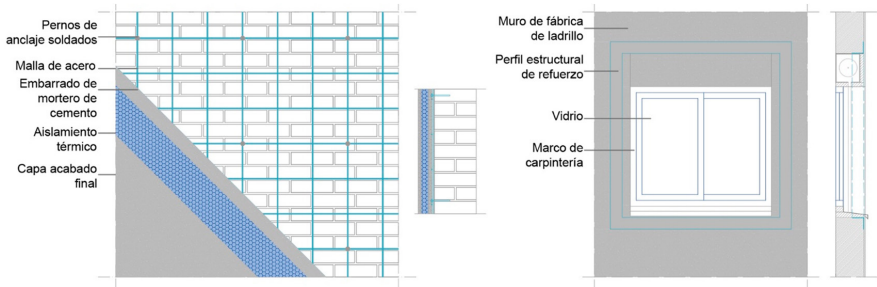


Figura 05. Detalles conceptuales de las soluciones de refuerzo integrado. Refuerzo de muros con mallas de acero e incorporación de aislamiento térmico. Implementación de perfiles estructurales en marcos de huecos (RP2) y cambio de marcos y vidrios de ventanas (RP1).

Los resultados de la evaluación del comportamiento sísmico han mostrado que los índices de beneficios más altos se han obtenido para la adición de mallas de acero sobre muros de carga de fábrica de ladrillo. Al aumentar la resistencia del material de acero, se produce un aumento del rendimiento del 5 al 10% en comparación con el material de acero normal. Los resultados de la evaluación del comportamiento energético han demostrado que la aplicación de aislamiento exterior en los muros de fábrica es la técnica con mayor impacto en el comportamiento termo-energético de las viviendas. Incluso añadiendo un espesor mínimo de aislamiento, en estricto cumplimiento con el Código Técnico de la Edificación (CTE), se puede conseguir una mejora sustancial.

En base al edificio estudiado, se ha obtenido que la orientación, las tipologías edificatorias, las relaciones entre alto-ancho de las calles y la situación urbanística no afectan al comportamiento térmico de las viviendas del barrio. Sin embargo, estos factores afectan a las viviendas por planta dentro de una misma manzana. Por último, la renovación de ventanas sin mejorar el comportamiento de la fachada no implica una mejora significativa en el comportamiento térmico, energético y sísmico/estructural de los edificios.

## 5. EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES A TRAVÉS DE UN RATIO DE COSTE-BENEFICIO

Las soluciones específicas se cuantifican por medio de un índice que permite valorar conjuntamente el coste, el impacto medioambiental, la mejora de la eficiencia energética y la mejora del comportamiento sísmico (figura 06). Además, este índice permite fijar un peso relativo a cada uno de los aspectos analizados, permitiendo adaptarlo a las necesidades de un técnico o un gestor público. Pormenorizadamente, no se encuentran diferencias significativas en los valores del coste entre todas las soluciones de mejora sísmica (S) de huecos (S-PR2). En el caso de S-PR1, mejora sísmica de muros, las soluciones óptimas añaden mayor cantidad de refuerzo estructural. Los resultados obtenidos para la evaluación individual se han observado posteriormente en la evaluación combinada, PR3.

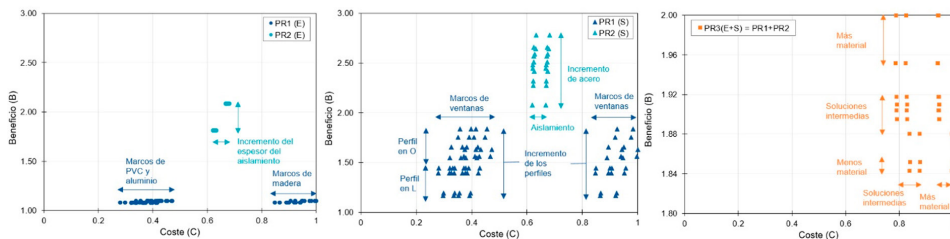


Figura 06. Beneficios energético (a) y sísmico (b) comparados con los costes de construcción de cada configuración analizada. Beneficio y coste energético-sísmico combinado de cada configuración integrada de PR3 considerada.

Para actuaciones de rehabilitación en edificios residenciales sujetos a presupuestos reducidos, la mejora energética del muro (aislamiento), E-PR2, parece ser la solución más rentable, a pesar del mayor esfuerzo económico inicial. Esta conclusión también se aplica a la mejora del comportamiento sísmico. Al realizar una rehabilitación combinada de cambio de huecos (marcos y vidrios) a la vez que se incluye aislamiento en el exterior de las fachadas da como resultado una mejora del rendimiento energético del edificio de más del 300% respecto a las reformas individuales (E-PR1 o E-PR2). Se han obtenido conclusiones similares para el comportamiento sísmico. Particularmente, para el caso objeto de estudio, se ha obtenido que la orientación, la tipología edificatoria, las relaciones de la sección de la calle y la situación urbanística no afectan al comportamiento térmico de las viviendas del barrio. Sin embargo, estos factores afectan a las viviendas por planta dentro de una misma manzana.

## 6. CONCLUSIONES

El proyecto RENERSIS aboga por la rehabilitación desde el punto de vista sísmico y energético, cuyo modelo económico es más sostenible en el tiempo que el de la obra nueva. Durante el proyecto, se ha realizado la caracterización patrimonial de la barriada de El Plantinar. Los resultados obtenidos ayudan a comprender el proceso de modernización que ha sufrido la ciudad, así como el valor patrimonial de esta arquitectura en la construcción de la memoria colectiva.

El trabajo se ha centrado en la evaluación de nuevas técnicas integradas y combinadas de rehabilitación sísmica y energética definidas específicamente para edificios de muros de carga existentes. Las soluciones se han diseñado a partir de un caso de estudio (que no cumple con los requerimientos sísmicos y energéticos establecidos en las normativas actuales). Las soluciones propuestas se han centrado en la mejora del comportamiento sísmico y energético de muros y huecos en fachada. La novedad de este trabajo se basa en el diseño de soluciones de rehabilitación energética y sísmica realizadas en una única actuación, compatibles, no invasivas y complementarias aplicadas a las fachadas de los edificios, teniendo en cuenta: los efectos del entorno urbano, los requerimientos sísmicos y energéticos vigentes y la reducción de costes. El análisis del coste-beneficio ha permitido obtener las configuraciones óptimas para realizar la combinación e integración de soluciones, así como su jerarquización en función del beneficio y del coste.

Los resultados de este trabajo permiten concluir que la rehabilitación sísmico-energética multi-objetivo de edificios existentes puede dar lugar a sinergias, reduciendo el coste económico de las soluciones debido a la reducción del tiempo de instalación, de la necesidad de mano de obra, de los materiales y de los recursos. Esto puede permitir la mejora del comportamiento sísmico/estructural de los edificios en caso de un evento sísmico futuro

de hasta un 240% en comparación con las obras de rehabilitación puramente energéticas y una mejora del rendimiento energético del edificio de más del 300% respecto a las reformas individuales.

## 7. REFERENCIAS

Amaro-Mellado, J. L., Morales-Esteban, A. y Martínez-Álvarez, F. (2017). Mapping of seismic parameters of the Iberian Peninsula by means of a geographic information system. *Central European Journal of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10100-017-0506-7>

Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2015). *Lorca resiliente: lecciones aprendidas de un terremoto*. Secretaría General Técnica. Ministerio del Interior. [https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/publicaciones-descargables/proteccion-civil/Lorca\\_Resiliente\\_126150337.pdf](https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/publicaciones-descargables/proteccion-civil/Lorca_Resiliente_126150337.pdf)

Domínguez, S., Sendra, J. J., León, A. L. y Esquivias, P. M. (2012). Towards Energy Demand Reduction in Social Housing Buildings: Envelope System Optimization Strategies. *Energies*, 5(7), 2263-2287. <https://doi.org/10.3390/en5072263>

Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE) (2011). *Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe Final*. <https://docplayer.es/24336-Analisis-del-consumo-energetico-del-sector-residencial-en-espana.html>

Mendes-Victor, L. A., Oliveira, C. S., Azevedo, J. y Ribeiro, A. (2009). The 1755 Lisbon Earthquake: Revisited. En L. A. Mendes-Victor, C. S. Oliveira, J. Azevedo y Ribeiro, A. (eds.), *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering* (pp. 221-231). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8609-0>

Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente. (1994). *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-94)*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1994/12/29/2543>

Requena García de la Cruz, M. V. y Romero Sánchez, E. (Coords.) (2023). *Soluciones integradas de fachada para la mejora energética y sísmica de barriadas de antigua construcción. Refuerzo ENERgético y SÍsmico*. Editorial Universidad de Sevilla. <https://doi.org/10.12795/9788447224135>

# REVIVE: Reto demográfico y vivienda en el medio rural andaluz

## US.20-02. Universidad de Sevilla. Reto demográfico y Vivienda. El papel de la vivienda en las estrategias de revitalización demográfica en el medio rural andaluz (Proyecto REVIVE)

**Investigador principal:** Esteban de Manuel Jerez.

**Equipo del proyecto:** José M<sup>a</sup> López Medina, Rafael Fuentes Guerra, Virginia Gutiérrez Barbarrusa, Carmen Rodríguez Morilla, Ana Bojica Bojica, Marta Donadei, Rosario Alcantarilla, Luciane Mendes, Juan Francisco Rodríguez Fernández, Emma Luengo López, Rocío Martín Bautista.

**Autores del capítulo:** Esteban de Manuel Jerez<sup>1</sup>, José M<sup>a</sup> López Medina<sup>2</sup>, Marta Donadei<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Taller Ecosocial hábitat, Granada, España.

### Resumen

La oferta de una vivienda adecuada y asequible juega un papel clave en las estrategias de reactivación en municipios en situación de Reto Demográfico. Revertir la situación de pérdida poblacional en el medio rural requiere de políticas y estrategias integradas de desarrollo, como las que se están impulsando con la elaboración de Agendas Urbana de ámbito comarcal. Pero para poder retener y atraer nueva población que puedan ser dinamizadoras de estas estrategias de desarrollo rural, es preciso que haya una oferta suficiente de vivienda asequible y que cumpla los estándares de habitabilidad contemporáneos. La investigación muestra que hay déficit de oferta de vivienda de estas características.

En municipios con atractivo turístico se produce además una distorsión al alza en los precios de venta. Las dificultades de acceso a la vivienda adecuada y asequible es uno de los problemas recurrentes en los municipios en situación de reto demográfico. Como lo es también la falta de recursos técnicos que tienen los mismos para hacer frente por sí mismos a esta problemática.

Esta investigación en una primera fase caracteriza la situación de la vivienda y las políticas de desarrollo rural integrado en los municipios andaluces en situación de reto demográfico, ubicadas fundamentalmente en los entornos serranos. En una segunda fase localiza, sistematiza y extrae claves de éxito de buenas prácticas de ámbito nacional tanto en rehabilitación y activación de la oferta de vivienda asequible y habitable como en

reactivación de la economía rural. En un tercer momento diseñamos un taller de expertos que nos permite profundizar en el diagnóstico de la situación y en las estrategias más adecuadas para hacerle frente. Por último, profundizamos mediante la metodologías participativas de estudios de casos en dos municipios andaluces que tienen condiciones favorables para revertir esta situación: Montefrío y Arroyomolinos de León. El resultado del proyecto es la elaboración de una metodología, una estrategia y un modelo de gestión que queremos validar en la fase de transferencia, en ambos municipios, y que permita ser replicada en otras comarcas andaluzas.

## Palabras clave

Reto Demográfico; Rehabilitación; Resiliencia; Transición ecológica; Vivienda.

## Línea temática

1. Actuaciones dirigidas a dar respuesta a los problemas sociales, económicos, habitacionales y de la agenda de desarrollo urbano, promoviendo una perspectiva integral y reactivadora.
2. Actuaciones de rehabilitación residencial, destacando las intervenciones sobre edificios residenciales de viviendas colectivas en Andalucía, en especial los localizados en grandes barriadas de antigua construcción poniendo de relieve aspectos tales como la accesibilidad, la conservación y el mantenimiento y la sostenibilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN Y ENFOQUE ESTRATÉGICO

El objeto de estudio de REVIVE se inscribe en el campo de las políticas públicas y la gestión de vivienda en el medio rural y busca generar aportaciones innovadoras y transferibles en el terreno de la gestión política y la colaboración público-privada. Además, hay que hacer hincapié en el hecho de que a nivel europeo la estrategia ante el reto demográfico en las zonas rurales se plantea en un horizonte 21-27 e incluye un plan de acción para fomento de la economía social como estrategia de desarrollo local. A su vez se fija la obligación de utilizar nuevos indicadores de evaluación de la convergencia territorial más allá de PIB, renta y desempleo, por ser considerados insuficientes y de escasa ayuda para resolver e identificar los problemas que subyacen en los territorios. Se requieren, por tanto, propuestas con un enfoque sistémico y holístico que sean capaces de abordar de una manera integrada las cuestiones relativas al reto demográfico, las que se refieren al cambio climático, o la estrategia a seguir en la transición energética. Apostar por la economía social implica en definitiva apostar por un nuevo modelo productivo y territorial que sea compatible con la dinámica de un mundo globalizado, pero que debe ofrecer soluciones a los problemas

relacionados con el equilibrio territorial, con la cohesión y con la sostenibilidad ambiental. No es lo mismo que esta transición sea liderada por grandes empresas con intereses alejados de los problemas rurales a que sea gestionada por comunidades de personas involucradas. De igual forma, es mucho mejor plantear proyectos innovadores en la utilización de los espacios vacíos que ofrezcan un retorno en términos de beneficio social.

REVIVE profundiza en el conocimiento de la problemática de la vivienda en municipios rurales en retroceso demográfico con objeto de desarrollar herramientas de intervención que permitan asentar y atraer nuevos pobladores (sobre todo población joven), reactivar su economía e impulsar la transición ecológica. Ello requiere una perspectiva de investigación integrada y aplicada, para lo cual se han identificado dos casos piloto: en ellos se ha realizado un diagnóstico de la vivienda, tanto de la oferta como de la demanda potencial y se han identificado actores sociales y económicos clave con los que definir estrategias y líneas de acción.

La VI Conferencia de Presidentes acordó elaborar una Estrategia Nacional Frente al Reto Demográfico de la que en marzo de 2019 se aprobaron sus Directrices Generales. El Parlamento de Andalucía aprobó su propia estrategia y creó un grupo de trabajo. Los municipios andaluces en retroceso demográfico se concentran sobre todo en las provincias de Granada y Almería, pero también en el sector norte de las provincias de Sevilla, Huelva y Córdoba y entre las de Málaga y Cádiz. En la primera conferencia sectorial de Reto Demográfico 23/7/2020, el Gobierno ha garantizado a las CCAA que los planes de reconstrucción incluirán medidas específicas para las zonas en declive demográfico: digitalización en medio rural, reactivación de las economías locales, formación y fomento de la vivienda y agenda urbana. Según el Censo de Población y Vivienda del INE del 2011 en Andalucía el porcentaje de vivienda secundaria (33%) y vacía (17%) en municipios de menos de mil habitantes supera significativamente los valores medios. La vivienda antigua en mal estado de conservación se concentra en mayor medida en provincias interiores afectadas por situaciones de estancamiento o descenso de la población.

Desde la concepción del proyecto, a finales de 2020, han cobrado relevancia y visibilidad tanto la Agenda Urbana como figura de planificación estratégica en la que situar las políticas de reto demográfico, como el escollo que está suponiendo el acceso a la vivienda en los primeros pasos de esta nueva generación de políticas. Ambos factores confirman la pertinencia de la investigación.

En particular, en el contexto de las Agendas Urbanas en municipios pequeños se está detectando la importancia del tema de la vivienda como una pieza clave, en combinación con otras, de cara a la fijación de población y la reactivación de las economías locales. Efectivamente existe un vacío de conocimiento con la suficiente profundidad en torno a la casuística de los mercados locales de vivienda en estos territorios de cara a su reactivación, y las políticas de vivienda apenas han desarrollado instrumentos específicos para abordar

estas situaciones, articulándolas con políticas de empleo, calidad de vida, acceso a servicios, perspectiva de género y acción climática.

Por otro lado, la crisis sanitaria de la Covid19 ha puesto el foco sobre las zonas rurales, que ahora atraviesan una inesperada coyuntura de oportunidad para atraer población y actividad económica.

Así, el proyecto se plantea para conocer más a fondo la realidad de la vivienda en los pequeños núcleos de población y diseñar instrumentos de intervención que sitúen el papel de la vivienda en el marco de estrategias integradas de revitalización y transición a la sostenibilidad.

## 2. OBJETIVOS E ITER METODOLÓGICO

### 2.1. Objetivo general y específicos

REVIVE se formuló bajo el objetivo general de contribuir a la generación de conocimiento y estrategias de intervención para la revitalización de las zonas rurales andaluzas en situación de vulnerabilidad demográfica, mediante la investigación e innovación de políticas e iniciativas, tanto públicas como privadas, que faciliten el acceso a la vivienda al tiempo que generan oportunidades para reactivar las economías rurales, todo ello en el marco de estrategias integradas de resiliencia y transición a la sostenibilidad.

Para su consecución se han identificado los siguientes objetivos específicos:

1. OE1: Caracterizar la situación de partida en Andalucía con respecto al problema de la vivienda en los ámbitos rurales andaluces que se encuentran en situación de vulnerabilidad demográfica.
2. OE2: Analizar Buenas Prácticas de experiencias de éxito en ámbito español, que vinculen la vivienda con la reactivación económica, la resiliencia y la revitalización demográfica, para identificar claves de transferencia.
3. OE3: Seleccionar dos casos de estudio, oportunamente elegidos en dos ámbitos territoriales de la comunidad andaluza para profundizar en el conocimiento de la casuística objeto de estudio y desarrollar una metodología de análisis y diagnóstico que pueda ser transferible o adaptables a otras comarcas o municipios de Andalucía.
4. OE4: Elaborar y diseñar un programa piloto de intervención, aplicable en cada caso, a partir de propuestas construidas en espacios de creación colectiva (talleres participativos), destinadas a promover modelos de activación de la vivienda orientados a la estrategia frente al reto demográfico, y vinculados a otros ejes transversales de la Agenda Urbana.



5. OE5: Difundir los resultados de forma continua a lo largo del desarrollo del proyecto y mediante los entregables finales, orientando la transferencia del conocimiento hacia los diferentes ámbitos de interés: político/institucional (administraciones públicas), sector privado (empresas, emprendimiento innovador, economía social), social (organizaciones sociales y población en general), y académico.

## 2.2. Desarrollo de las fases del proyecto

El proyecto ha sido estructurado en 4 fases, cada una centrada en llevar a cabo cada uno de los primeros cuatro objetivos específicos (figura 01).

Con la primera fase se ha pretendido identificar y profundizar en las diferentes experiencias de buenas prácticas que se han dado o se están dando en el ámbito nacional para dar respuesta (desde diferentes ámbitos y perspectivas) a los problemas planteados por el reto demográfico. El estudio ha permitido poder identificar y clasificar un interesante abanico de prácticas del cual extraer claves transferibles que vinculen vivienda con reactivación económica, resiliencia y revitalización demográfica.

Por otro lado, en paralelo, se ha desarrollado una investigación a escala de comunidad autónoma con la intención de evaluar el verdadero riesgo de despoblación en los municipios en situación de vulnerabilidad demográfica en Andalucía, a través de un estudio comparativos en función de cuatro diferentes grupos de indicadores (vulnerabilidad demográfica; potencial de revitalización; posición geográfica significativa; interés político y capacidad de gestión). Esta parte de la investigación ha permitido identificar criterios para la selección de dos ámbitos concretos de posible actuación (para las fases 3 y 4) para los cuales se ha levantado una caracterización general de la situación de la vivienda finalmente seleccionados para la fase tres, utilizando los Planes Municipales de Vivienda y Suelo de la Junta de Andalucía (PMVS), Registros Públicos Municipales de Demandantes de Vivienda y Suelo, bases estadísticas (censo, catastro, etc.).

Estas dos primeras fases paralelas, han permitido al equipo identificar una serie de actores de diferente naturaleza (agentes territoriales clave en los territorios seleccionados para los casos pilotos, así como agentes vinculados a las iniciativas y proyectos identificados a escala nacional) para plantear una sesión de trabajo colectivo orientado a la identificación

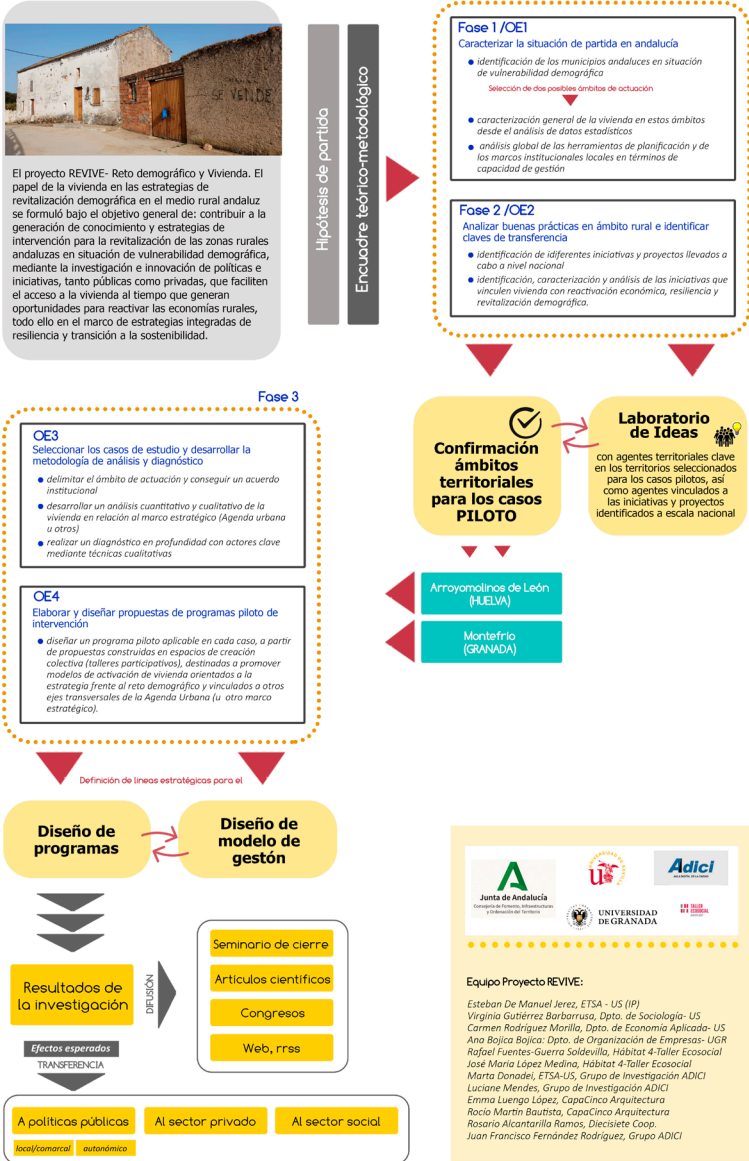


Figura 01. Iter metodológico de REVIVE. Elaboración propia

de los principales problemas detectados (desde cada una de las diferentes perspectivas de quienes participan), así como en la definición de objetivos desde una visión sistémica (a través de las diferentes aportaciones personales y profesionales de cada uno de las personas participantes) y la consecuente identificación de posibles soluciones para su consecución. Esta sesión de trabajo tuvo formato de Laboratorio de Ideas y se desarrolló el pasado 3 de junio bajo el título de “El papel de la vivienda en las estrategias de revitalización demográfica en el medio rural andaluz”.

Las primeras dos fases anteriormente mencionadas han constituido el marco para poder ir identificando dos ámbitos territoriales concretos que se convirtiesen en laboratorios reales sobre los cuales ensayar métodos y herramientas de análisis y diagnóstico participado, para luego poder llegar a diseñar un programa piloto de intervención y correspondiente mecanismo de gestión desde la esfera pública o la colaboración público-privada.

Finalmente se eligieron:

1. Arroyomolinos de León (Huelva): la selección de este municipio en concreto se justifica, además de por su situación de retroceso demográfico y envejecimiento poblacional, por la actitud proactiva tanto desde la administración local como desde la población, dinamizando procesos de transición ecológica como es la creación de la comunidad energética local Arroyo Alumbra. Esta situación particular ha ofrecido la oportunidad de generar primeros acuerdos institucionales y la construcción de una primera red de contactos con los actores sociales más activos del municipio.
2. Montefrío (Granada): El municipio de Montefrío, en situación de vulnerabilidad demográfica, ya venía tratando de abrir una línea de acción política en materia de vivienda y regeneración urbana, habiendo abordado un primer mapeo de la vivienda vacía y situado la temática en su agenda urbana local. Por otro lado, integra el área funcional Montes Occidentales de Granada, un ámbito territorial que se está conformando como agrupación de municipios a efectos de generar un espacio conjunto de gobernanza y gestión, y que ha sido objeto asimismo de un Plan de acción local de la Agenda urbana española apoyado por la Diputación de Granada, en el que la vivienda ocupa un lugar destacado como medida tractora y que tiene a Montefrío como punta de lanza.

En ambos casos el trabajo se ha desarrollado a través de una serie de acciones y actividades orientadas a elaborar un diagnóstico participado e identificar una serie de propuestas construidas en espacios de creación colectiva (talleres participativos), sobre las cuales definir posibles líneas directrices del programa piloto para promover modelos de activación de vivienda orientados a la estrategia frente al reto demográfico y vinculados a otros ejes transversales de las Agendas Urbanas. El trabajo de campo en ambos casos de estudio ha permitido:

- Identificar los principales recursos y déficit territoriales, así como los recursos técnico-políticos del municipio, los recursos económicos y los activos sociales, prestando especial atención a iniciativas de economía transformadora y/o de ámbitos productivos con potencial transformador (para identificar, entre otras, posibles atractivos para nuevos pobladores en el municipio).
- Definir los posibles perfiles de demandantes potenciales de vivienda.
- Caracterizar el estado de la vivienda, identificando potencialidades y carencias.
- Plantear una estrategia de intervención.

En cuanto al OE5, a lo largo de todo el proyecto se ha prestado atención a la difusión y transferencia del conocimiento a través de la web de ADICI (<https://www.adici.org/noticias/>), así como en el mismo desarrollo de los casos piloto, a través de una metodología de corte participativo que ha involucrado los diferentes actores y agentes políticos, sociales y económicos. En este sentido, señalar que el proyecto ha generado tres entregables, dos de ellos relativos al plan de acción local de los respectivos casos piloto y un tercero que sistematiza el informe final de la investigación; y, por otro lado, se están dando los primeros pasos para la creación de una oficina REVIVE en Montefrío con vocación de operar en el ámbito supramunicipal, en coordinación con la Diputación de Granada y en el marco de la Agenda Urbana. Los avances de este proceso se irán difundiendo a través de la página web del grupo ADICI. En cuanto a la difusión de los resultados en ámbito científico, el pasado noviembre de 2022 se han presentado los avances en el CONAMA 2022, mientras que actualmente se están redactando diferentes artículos científicos para la difusión de los resultados finales.

### 3. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

Como primera consideración, estimamos que el proyecto ha confirmado sus hipótesis de partida fundamentales, es decir:

- La importancia de situar la vivienda como un factor clave para el éxito de las estrategias frente al reto demográfico, al que, hasta hace poco, se ha otorgado escasa relevancia.
- La necesidad de enfocar la planificación local de vivienda dentro de ese marco, como una problemática imbricada con el resto de dimensiones de la revitalización y la sostenibilidad territorial.
- La necesidad de innovar aproximaciones metodológicas y técnicas en la planificación de

vivienda que resulten operativas en los contextos rurales de pequeña escala poblacional y demográficamente sensibles. No olvidemos que gran parte de estos municipios cuentan con un Plan Municipal de Vivienda y Suelo que, en muchos casos, sencillamente no se puede aplicar.

- La pertinencia de poner el acento en la gobernanza, gestión e implementación de las políticas que se diseñen.

Por otro lado, del proyecto REVIVE han resultado:

1. Una aproximación a la casuística andaluza con la intención de evaluar el verdadero riesgo de despoblación de estos municipios, a través del análisis comparativo de diferentes indicadores cuantitativos y cualitativos agrupados por: vulnerabilidad demográfica, potencial de revitalización, posición geográfica significativa e interés político y capacidad de gestión.
2. Una recopilación sistemática de buenas prácticas llevadas a cabo a escala nacional categorizadas de la forma siguiente: Bancos de Viviendas Vacías, Programas e iniciativas de rehabilitación, Cooperativas de vivienda y Servicios de Repoblación.
3. La profundización en dos casos de estudio que se han convertido en piloto para la definición de una estrategia de intervención.
4. Una perspectiva metodológica de corte cualitativo-participativo que se ha demostrado útil para el desarrollo de los casos piloto.
5. Una herramienta de planificación: el Plan REVIVE, que integra vivienda, reto demográfico y agenda urbana.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

### 4.1. La necesidad de una política de vivienda específica para el medio rural vinculada a estrategias de transición ecológica y reto demográfico

En el mundo rural andaluz y español se produce la paradoja de que existe un significativo parque de vivienda vacía, gran parte de ella en mal estado de conservación, al tiempo que no existe oferta de vivienda asequible capaz de fijar y atraer población. Sin una inversión pública fuerte y sostenida a largo plazo que derive en crear un parque de vivienda asequible diverso en fórmulas y cuantitativamente significativo no será posible atender a las necesidades presentes y futuras de vivienda en el mundo rural.

Es imprescindible abordar las políticas de vivienda en el ámbito rural desde la rehabilitación y la regeneración urbana. Carece de sentido planificar nuevos desarrollos en pueblos cuyos conjuntos históricos se están vaciando y perdiendo vitalidad.

Como punto de partida se valora positivamente la creación de un Observatorio de la Vivienda Rural que permita tener datos e información de calidad para un seguimiento de la situación andaluza, o al menos a sus zonas más sensibles, como base para el emprendimiento de políticas como base para el emprendimiento de políticas.

#### 4.2. De soluciones simples a estrategia compleja e integrada

No hay una sola solución. Es necesario desplegar un conjunto de políticas que vayan desde la compra hasta la construcción, pasando por la captación y movilización de vivienda vacía o abandonada, para disponer de un parque de vivienda vivienda asequible, tanto público como privado, especialmente en modalidades de tenencia alternativas a la compra en propiedad.

Estas soluciones deberían articularse desde una estrategia andaluza de vivienda específicamente orientada a las zonas demográficamente vulnerables.

Por otro lado, es indispensable la vinculación transversal con las estrategias de reto demográfico y de agenda urbana.

Sería de interés la formulación de una estrategia andaluza de vivienda específicamente orientada a las zonas demográficamente vulnerables, previamente identificadas y delimitadas, articulada con las políticas estatales de reto demográfico.

Dentro de esa estrategia estimamos que sería de interés:

- Recuperar e impulsar el apoyo público a la autopromoción colectiva.
- Reactivar el PIMA.
- Realizar inventarios de solares o edificios municipales o públicos en general, que pudieran dar soporte a proyectos singulares.
- Articular y estimular el uso de las herramientas técnico-jurídicas disponibles para la puesta en uso de solares y edificaciones en ruina o vacías, incluyendo las vías para la ampliación del parque público de vivienda.

### 4.3. Alianzas público-privadas-ciudadanas

La iniciativa pública no basta: se deben articular alianzas con otros sectores. En municipios de reto demográfico es imprescindible pensar esas alianzas en clave público-privadas-ciudadanas, para la gestión de estos parques de vivienda tanto desde el sector público como desde iniciativas sin ánimo de lucro o con lucro limitado, así como desde alianzas entre ambos sectores.

### 4.4. Identificación de la escala de actuación más adecuada

Las estrategias de reto demográfico han de pensarse desde la globalidad del territorio entendido como sistema. Es solo en ese marco que se pueden entender las dinámicas del medio rural y por tanto concebir las estrategias (también las de vivienda). Por otro lado, tanto las fuertes limitaciones de la capacidad técnica de las entidades locales fruto de la falta de recursos, como la escala comarcal de los mercados de vivienda, aconsejan concebir políticas públicas y dispositivos de gestión a escala supramunicipal. Proponemos en este sentido Oficinas técnicas de Reto Demográfico y Vivienda, que, abordando de manera integrada la temática de vivienda junto a otros ejes de sostenibilidad y desarrollo local, atiendan a conjuntos territoriales y poblacionales con la suficiente masa crítica para sostener una oficina técnica permanente, buscando economías de escala junto a las ayudas públicas o privadas que pudieran captarse.

Se podrían concebir dispositivos de gestión a distintas escalas:

- A escala autonómica, la dotación y aplicación de programas como el que aplica el País Vasco (bizigune), para abordar con solvencia políticas sostenidas de incentívación del uso de la vivienda vacía.
- A escala supramunicipal, articular y soportar una red territorial de oficinas técnicas de reto demográfico y vivienda, de composición pluridisciplinar.

## 5. REFERENCIAS

ADICI (2022). *Sección «Noticias»*. Web ADICI. <https://www.adici.org/noticias/>

Donadei, M., Mendes Leal, L., Alcantarilla, R. y Rodríguez Morilla, M. del C. (2022). REVIVE: Reto demográfico y vivienda en el medio rural andaluz. Reactivando Arroyomolinos de León (Huelva). En *CONAMA 2022, 16º Congreso Nacional de Medio Ambiente*. <http://www.conama2022.org/web/generico.php?idpaginas=&lang=es&menu=257&id=7567&op=view>

INE (2011). *Censo de Población y Vivienda 2011*. <https://www.ine.es/censos2011/tablas/Inicio.do>

Ministerio de Política Territorial y Función Pública – Comisionado del Gobierno frente al reto demográfico (2020). *Estrategia nacional frente al reto demográfico. Directrices Generales*. Ministerio de Política Territorial y Función Pública. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/reto-demografico/temas/directricesgeneralesenfrd\\_tcm30-517765.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/reto-demografico/temas/directricesgeneralesenfrd_tcm30-517765.pdf)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). Reglamento interno de la Conferencia Sectorial de Reto Demográfico. [https://mpt.gob.es/ca/dam/es/portal/politica-territorial/autonomica/coop\\_autonomica/Conf\\_Sectoriales/Conf\\_Sect\\_Regl/parrafo0/R\\_CS\\_R\\_DEMOGRAFICO\\_23-07-20.pdf.pdf](https://mpt.gob.es/ca/dam/es/portal/politica-territorial/autonomica/coop_autonomica/Conf_Sectoriales/Conf_Sect_Regl/parrafo0/R_CS_R_DEMOGRAFICO_23-07-20.pdf.pdf)



# Aplicación de la Estrategia Aura para la rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas: análisis de las condiciones de habitabilidad, confort y salud en el Polígono de San Pablo (Sevilla)

## US.20-11. Aplicación directa de “Estrategia Aura” del Equipo Solar Decathlon - U.S., en rehabilitación de barriadas obsoletas andaluzas

**Investigador principal:** Rafael Herrera Limones.

**Equipo del proyecto:** Rafael Herrera Limones (Director), Miguel Hernández Valencia (Coordinador), Jorge Roa Fernández (Coordinador), Antonio E. Millán Jiménez (Salud), Milagrosa Borrallo Jiménez (Materialidad), José Manuel Aladro Prieto (Patrimonio), Ángel Luis León Rodríguez (Energía), Victoria Patricia López Cabeza (Publicaciones), Joaquín Villar Rodríguez (Colaboración energética), Álvaro López Escamilla (Investigador contratado) y Ana Camila Vargas Palomo (Coordinación y Maquetación).

**Autores del capítulo:** Rafael Herrera Limones<sup>1,3</sup>, Ana Camila Vargas Palomo<sup>3</sup>, Antonio Millán Jiménez<sup>2,3</sup>, Álvaro López Escamilla<sup>3</sup>, Miguel Hernández Valencia<sup>1,3</sup>, Jorge Roa Fernández<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>3</sup> Grupo de Investigación Transhumancias HUM-965, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

## Resumen

Gran parte del parque edificatorio residencial en Andalucía no responde a las actuales exigencias energéticas y de confort, produciendo elevados niveles de obsolescencia y vulnerabilidad. De estas barriadas, muchas son sociales creados en los años 50, 60 y 70 European Commission (s.f.), construidas para dar respuesta a la masiva migración de trabajadores a las ciudades. La necesidad de ser rehabilitada no puede plantearse en términos de demolición y/o nueva creación, sino en la regeneración arquitectónica de edificios y del hábitat urbano circundante. La estrategia de intervención en estas barriadas obsoletas debe estar basada en metodologías que permitan la rehabilitación y transformación de edificios, partiendo de la conservación y reutilización del tejido urbano existente (Kearns y Mason, 2015), frente a otras posturas basadas en la demolición y generación de nuevas construcciones, reduciéndose explícitamente la huella de carbono del proceso.

Las medidas de rehabilitación aplicadas en las últimas décadas han supuesto una serie de consecuencias no deseadas, como el sobrecalentamiento de la vivienda, condensaciones, aparición de moho y el aumento de contaminantes en el interior. Todo lo anterior, supone un

riesgo para la salud y el confort de sus ocupantes. Es por ello por lo que se trabaja por potenciar la transdisciplinariedad y, dentro de ello, es necesario incluir otras áreas de conocimiento tales como la medicina, que, junto a la arquitectura, tienen al ser humano como objetivo último de su razón de ser, para dar respuesta a sus necesidades básicas y promover un estado de salud óptimo. Además de ello, deben proveer otros aspectos básicos: seguridad, confort y bienestar asociados, con la finalidad de conseguir un nivel de calidad de vida aceptable; y esto debe ser posible, dentro de un hábitat sostenible y saludable.

Los trabajos de esta fase del proyecto de investigación van destinados a investigar y conocer el estado de salud y confort de los vecinos y usuarios de los edificios en su entorno urbano. Ello se investiga en base a criterios de salubridad, funcionalidad y calidad del medio; y se estudiarán las posibilidades de mejora.

Para ello, se comparan los resultados de dos encuestas realizadas, una antes de la pandemia, en el año 2019; y otra el pasado año, 2022. Además, se realiza una revisión del estado de salud de la población del barrio directamente, mediante visitas a la asociación de vecinos y encuesta a la población acerca de las características del barrio y sus carencias en cuanto a servicios, distancia a parques, áreas deportivas, cercanía al centro salud y comercios o supermercados.

La utilización del Polígono de San Pablo de Sevilla como caso de estudio permite avanzar en criterios de rehabilitación sostenible en el ámbito de la vivienda social, poniendo de manifiesto cuáles son las necesidades experimentadas por los habitantes de este barrio (además de facilitar una extrapolación de los resultados a entornos edilicios análogos de Andalucía).

### Palabras clave

Confort; Obsolescencia; Regeneración; Salud; Vivienda Social.

### Línea temática

2. Actuaciones de rehabilitación residencial, destacando las intervenciones sobre edificios residenciales de viviendas colectivas en Andalucía, en especial los localizados en grandes barriadas de antigua construcción poniendo de relieve aspectos tales como la accesibilidad, la conservación y el mantenimiento y la sostenibilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. La vivienda social

La vivienda social —también llamada pública—, es un tipo de inmueble orientado a facilitar su acceso a distintos colectivos. En algunos países esta vivienda es propiedad del gobierno, ya sea estatal, regional o municipal, que será el encargado de gestionar el bien y de asignarlo a aquellos que estime vulnerables, con el objetivo de facilitar un acceso a la vivienda digna que de otro modo sería difícil o no podría darse.

En otros casos, la vivienda social es simplemente un inmueble que tiene limitado el tope máximo de su precio de alquiler, de forma que sea accesible para cualquier persona, sin estar asociado en ningún momento con las propiedades gubernamentales.

Dentro de la vivienda social existen diferencias notables según el país que se analice, no sólo de acuerdo con el modelo elegido. De hecho, es frecuente que un mismo país opte por mantener activos varios sistemas en paralelo. Por ejemplo, en España la vivienda protegida (VP) es un tipo de vivienda social, pero incluso dentro de ella hay enormes variaciones.

### 1.2. Origen de la Vivienda Pública en España

En 1911 es publicada en España la denominada Ley de Casas Baratas, después de los pocos beneficiarios, vuelve a promulgarse en 1921, ya con resultados constatables y especialmente orientada a “aquellas personas que por su modesta posición carecen de capital que dedicar a la construcción de su propia vivienda”. Posteriormente se promulgaron la Ley sobre Casas económicas (1925) y la Ley de Previsión contra el paro (1935).

Las ciudades, prácticamente no habían cambiado desde el final de la guerra: no tenían capacidad para absorber la migración; así, a finales de los años cuarenta la situación de déficit habitacional en muchas ciudades españolas era dramática, con los cascos históricos colmatados y las periferias salpicadas de grandes asentamientos chabolistas.

Ante esta situación, el gobierno franquista emprendió una serie de políticas de vivienda enfocada en amortiguar el déficit residencial que sufría el país, levantando barrios residenciales en casi todas las capitales de provincia, constituyendo un extenso patrimonio edificado que da forma a gran parte de las periferias de las ciudades actuales.

## 2. LA VIVIENDA EN SEVILLA

Con la exposición Iberoamericana de 1929 que se celebra en Sevilla, la ciudad experimenta una serie de transformaciones que aún perduran en la actualidad. En lo tocante al parque

de viviendas, en aquel momento surgen los barrios de Ciudad Jardín y Heliópolis (en 1927 se había proyectado el ensanche de Triana y el barrio de Los Remedios, cuyo desarrollo real no llegará hasta dos décadas después).

En 1930 dos tercios de la población vive en corrales de vecinos y otra gran parte en suburbios y chabolas. Dado que el modelo residencial de “casas baratas” no había fructificado, se aprueba el Real Decreto de Régimen de Protección a la vivienda de Renta Reducida y se crea el Instituto Nacional de la Vivienda para incentivar la promoción de nuevas viviendas, dado que la mayor parte de las existentes presentan características inaceptables (en 1950 el 52,74% de los hogares tiene uno o dos cuartos, el 59% no tienen agua y el 53% no tiene retretes).

Como actuaciones más destacadas del Patronato de Casas Baratas destacan, a mediados de los años 50, los barrios de La Candelaria (que incluye algo más de 1000 viviendas), la Barriada Pío XII (con 2000 viviendas aproximadamente) y la barriada El Carmen. Por ello, resulta tan relevante en el desarrollo de la ciudad de Sevilla el proyecto del Polígono de San Pablo, en el que prevén más de 11.000 unidades habitacionales, la mayor parte de ellas de carácter social (figura 01).

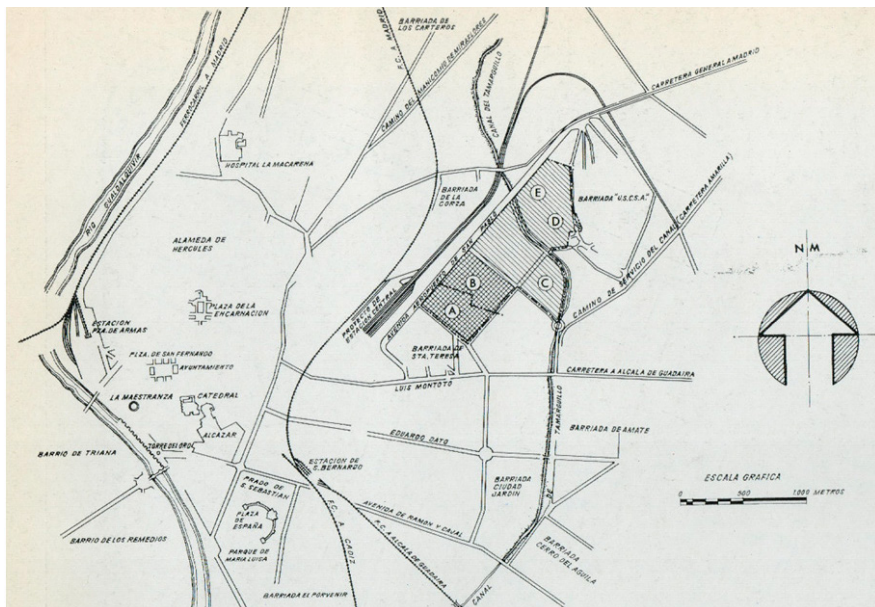


Figura 01. Plano de situación del Distrito de San Pablo respecto a la ciudad de Sevilla. Fuente: Hogar y Arquitectura, nº 66, (1996, p. 6).

### 3. EL BARRIO DE SAN PABLO COMO CASO DE ESTUDIO

La construcción del Polígono San Pablo, situado al este de la ciudad, se inició en 1961, promovida por el Instituto Nacional de vivienda y por la Obra Sindical del Hogar, dentro de los estándares de construcción de polígonos residenciales, diseñado por dos grandes equipos de arquitectos al mando Luis Recasens Méndez Queipo de Llano y Rafael Arévalo Camacho.

Se preveían 57.000 habitantes, repartidos en cinco distritos (A, B, C, D y E) con aproximadamente 2000 viviendas cada uno (figura 02), subdivididos a su vez en unidades vecinales (de unas 300 viviendas) que se relacionan entre sí mediante pequeños núcleos comerciales, zonas ajardinadas y centros educativos compartidos. Los cinco distritos están vinculados a las unidades vecinales a través de centros religiosos, sociales o comerciales a gran escala.



Figura 02. Diagrama de la barriada San Pablo. Fuente: TFG. Confort y Salud: Cuantificación, cualificación e influencia real en las condiciones de confort de los núcleos plurifamiliares de la barriada de San Pablo: Salubridad vs. Confortabilidad.

Este parque de viviendas de protección oficial se divide en 3 etapas que incluyen viviendas, zonas verdes y deportivas, centros de distrito, centros de barrio y centros de formación profesional e institutos de enseñanza.

Dentro de la primera etapa fueron construidas 4000 viviendas de distintas categorías:

- 1ª categoría: 250 viviendas de 4 y 5 dormitorios
- 2ª categoría: 500 viviendas de 3 y 4 dormitorios
- 3ª categoría: 650 viviendas de 3 y 4 dormitorios
- Tipo social: 2600 viviendas de 3 dormitorios

Desde el punto de vista de la conformación de los bloques que contienen las viviendas (la mayor parte lineales), es reseñable destacar que “Las alturas fijadas para cada tipo de viviendas son las que se han creído más idóneas en cada caso: torres en viviendas de primera categoría, bloques de nueve plantas en las de segunda y bloques de cinco plantas para las viviendas de “tipo social” (Ediciones y Publicaciones Populares, 1961) siendo estas, las de carácter social, las predominantes, y el resto de renta limitada, lo que imprime al Polígono unas peculiaridades claramente reconocibles. La obsolescencia urbana de los barrios sociales en general, y del Polígono San Pablo en particular, es uno de los retos novedosos que debemos afrontar en las ciudades en su condición contemporánea: apostando por la salud y la recuperación-reciclaje-rehabilitación con criterios innovadores de desarrollo regenerativo, eficiencia energética y gestión frente a la alternativa de la expansión urbana y el consumo de recursos.

### 3.1. Estructura y análisis metodológico

La Estrategia Aura es un método de intervención enfocado a la regeneración de barrios o tejidos urbanos obsoletos con un alto nivel arquitectónico, urbanístico o socioeconómico vulnerabilidad.

Se orienta directamente a la rehabilitación de barriadas residenciales obsoletas, configurando una metodología para la regeneración urbana y edificatoria, a través de un sistema que permite la transformación de edificios existentes, partiendo de la conservación y reutilización del tejido urbano, como criterio fundamental para una intervención sostenible, que entronca con los 17 ODS, y con el Plan Vive en Andalucía 2020-30.

En la actualidad, dicha estrategia -tras ser testada en entornos latinoamericanos y centroeuropeos-, se está desarrollando de forma directa a través del presente Proyecto de Investigación en la barriada del Polígono San Pablo —un conjunto de viviendas sociales de los años 60—, con la intención de poder extrapolar los resultados que se obtengan a entornos urbanos análogos, mediante la implementación de este sistema de regeneración sostenible y social.

Su método se enfoca en la búsqueda de soluciones habitacionales de carácter social basadas en la regeneración urbana conservativa a través de un enfoque transdisciplinar urdimbrado:

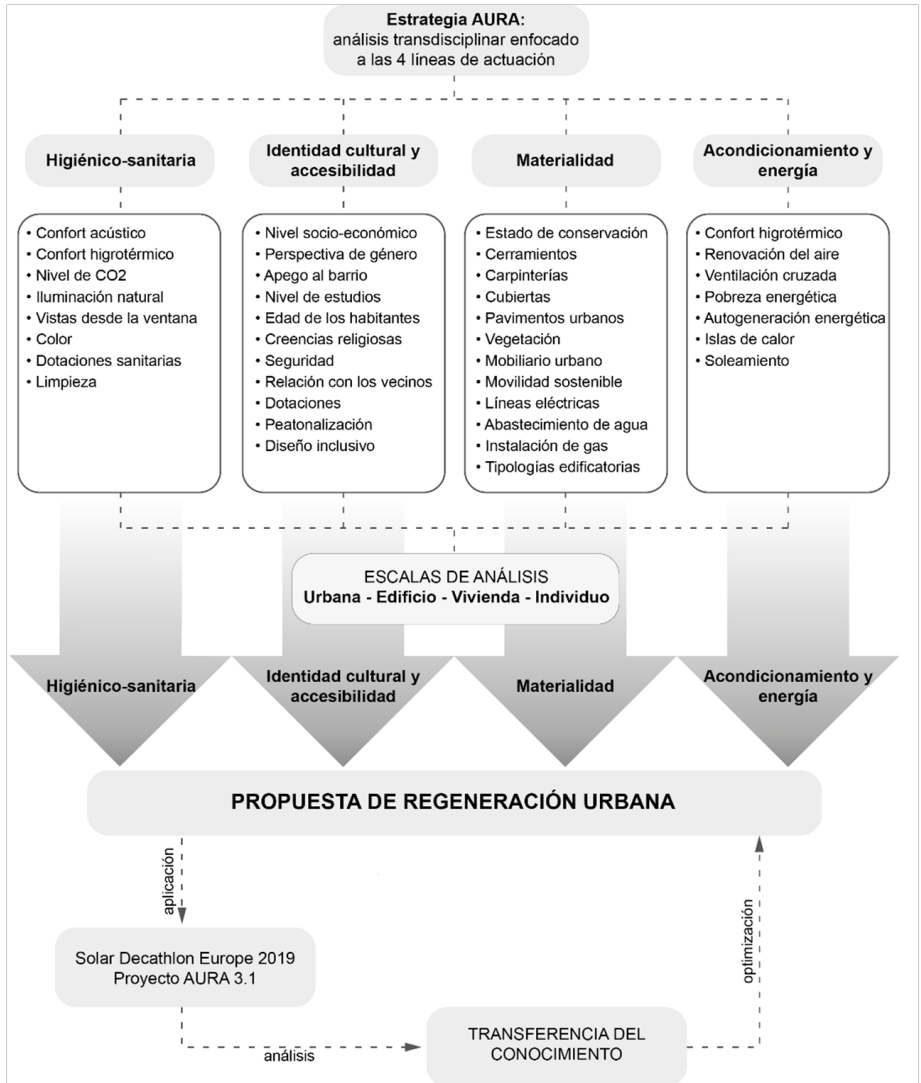


Figura 03. Esquema metodológico de la Estrategia AURA.



### 3.2. Morfología del barrio

El barrio se compone de unidades compactas servidas por una pequeña zona comercial, diseñadas de forma que entre los bloques haya un espacio adecuado para la vida en comunidad. En estos espacios se hace un mayor esfuerzo en cuanto a pavimentación y jardines. La circulación peatonal principal se diseña en anillos, de manera que todas las unidades residenciales, así como sus dotaciones centrales, están conectadas con la zona comercial del barrio. Los recorridos peatonales secundarios dan acceso a los bloques y a otros edificios.

Las zonas de aparcamiento previstas en el diseño original son muy superiores a las determinadas por las necesidades actuales del barrio, ya que la ratio de vehículos por habitantes es ahora mayor que cuando se realizó el diseño urbano, habiéndose dotado de ellas de forma más intensa a las manzanas de primera categoría. Existen grandes núcleos de vegetación con especies resistentes en los alrededores de los edificios.

La organización de las unidades vecinales que conforman los subbarrios A y B, responden al criterio general del barrio de conseguir que estas unidades tengan vida propia, creando en ellas un núcleo comercial y disponiendo las viviendas en torno a espacios comunes.

En el análisis llevado a cabo, adquiere especial importancia el reconocimiento de los tipos constructivos, lo cual permite sistematizar metodológicamente el conocimiento de la habitabilidad del Barrio de San Pablo.

Se han reconocidos 3 tipos edificatorios residenciales diferenciados por su sistema espacial-constructivo. Sin embargo, antes de definir estos tipos arquitectónicos se debe resaltar también los diferentes modos de asociaciones entre ellos que dan expresión formal y componen la arquitectura del Sector. De esta forma, con relación a estas asociaciones, se pueden reconocer:

- Bloque aislado.
- Asociado en hilera, formando líneas de mayor o menor extensión y asociados por las medianeras comunes entre viviendas. Pueden estar formando una alineación en la fachada o con leves retranqueos para dotar también de fragmentación a la hilera.
- Asociado en ángulo, se caracteriza por su singular forma de asociación mediante un vértice común o una porción menor de uno de los lados del bloque produciendo fuertes retranqueos en las fachadas de la hilera formada.



En cuanto a los tipos edificatorios, se pueden diferenciar los siguientes:

- Doble crujía, tipo edificatorio en el que el núcleo de comunicación vertical sirve a dos viviendas por rellano estando las viviendas orientadas a sus dos fachadas opuestas y de ello todas sus piezas ventilan directamente al exterior sin necesidad de patios interiores. Este tipo permite la ventilación cruzada y orientarlo a las mejores condiciones de soleamiento, siendo el tipo higiénico básico adaptado por la arquitectura contemporánea.
- Tipo H, tipo edificatorio consistente en la asociación de cuatro viviendas por rellano que se asocian dos a dos en medianera como los bloques doble crujía y que sitúa el núcleo de comunicación vertical en la traza central que compone la H, dejando entre las viviendas situadas a ambos lados de las fachadas patios de segundas luces ubicados en el interior de la masa edificada y que por lo general dan a él las habitaciones secundarias y de servicio, además de la iluminación y ventilación del núcleo de escalera.
- Torres, poseen un mayor número de plantas, además de presentarse como una construcción aislada e independiente.

La geometría del barrio alterna bloques altos y bajos formando un mallado entre sí de muy diversos y cualificados espacios públicos, conformado una sutil seriación entre los más íntimos, ligados a la proximidad de las unidades vecinales, hasta los más abiertos y de carácter general donde se sitúan los puntos de interés, especialmente las iglesias, las áreas comerciales de mayor rango y los centros cívicos zonales.

### 3.3. Deficiencias y debilidades significativas del barrio

Si atendemos a las 4 líneas de actuación que determina la Estrategia Aura, se pueden constatar de forma ordenada una serie de debilidades en el barrio de San Pablo y en concreto en la banda de estudio seleccionada: los subbarrios A y B.

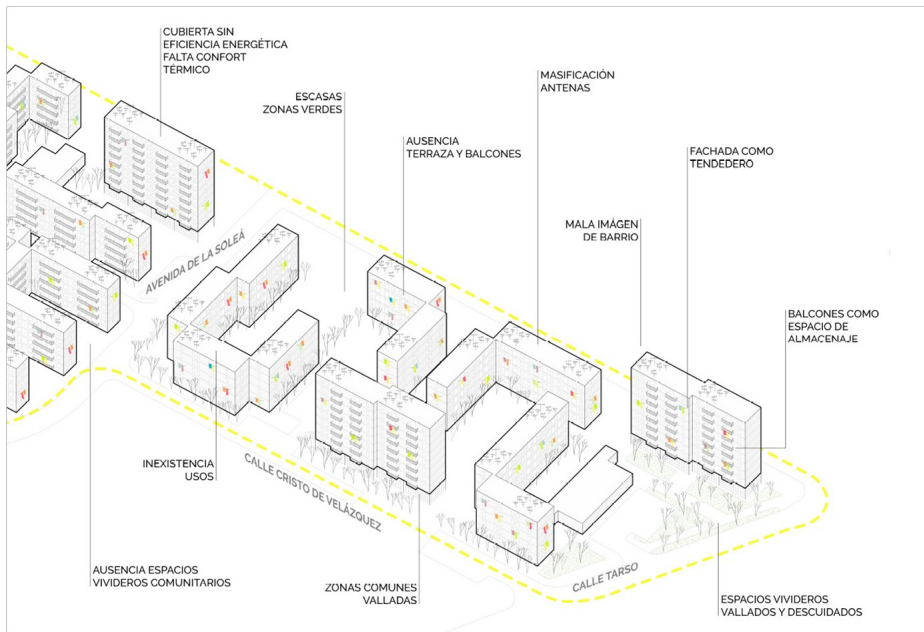


Figura 04. Axonometría de área de estudio en el Barrio de San Pablo, zonas Ay B. Fuente: María Joaquín Montes, Lola Noriega Muñoz y Ester Segura Vidal en la asignatura Optativa "Energía y Sostenibilidad en Arquitectura: Solar Decathlon". Curso 2020-2021. Universidad de Sevilla.

### 3.3.1. Debilidades en cuanto a parámetros higiénico-sanitarios

Uno de los parámetros para tener en cuenta es que el barrio de San Pablo tiene un alto porcentaje de población mayor de 64 años, en concreto en los distritos A y B representan más del 13% de la población global.

Este hecho provoca que las deficiencias en materia de accesibilidad se deban considerar más relevante si cabe, o que la ratio de pacientes por médico debiera ser inferior que en otros barrios de la ciudad donde la edad media de la población sea inferior: hecho que no sucede.

### 3.3.2. Análisis relativo a la identidad cultural y accesibilidad

Uno de los problemas más importantes del barrio es la accesibilidad. Incluso los edificios más bajos (5 plantas) fueron diseñados sin ascensores. Esto, junto con el problema ya comentado del envejecimiento de la población, da lugar a situaciones en las que los mayores no pueden salir de sus casas.

Sin embargo, el problema de la accesibilidad no se produce únicamente a escala de los edificios. También debe considerarse a escala urbana, donde las zonas peatonales alrededor de los edificios han disminuido como resultado de la ampliación de las carreteras para el tráfico o el aumento de las zonas de aparcamiento en respuesta al crecimiento del número de coches por hogar. A pesar de las grandes zonas de espacio abierto entre los edificios del barrio, el aumento del número de coches por hogar ha tenido un efecto negativo en el uso de estos espacios, ya que se han introducido más plazas de aparcamiento.

### **3.3.3. Deficiencias en cuanto a la materialidad**

El barrio de San Pablo se construyó originalmente para personas con bajos recursos, lo que condiciona la capacidad que tienen los residentes de mejorar sus viviendas o espacios comunitarios.

A menudo, dependen de las subvenciones del gobierno. Entre las deficiencias de los edificios se encuentra la falta de aislamiento térmico en la envolvente, lo que provoca un deficiente confort térmico en el interior de las viviendas, como demuestran las mediciones realizadas in situ.

### **3.3.4. Deficiencias relativas al acondicionamiento y energía**

Desde el punto de vista energético y de acondicionamiento, el hecho de existir viviendas con el mismo diseño en fachadas y en su distribución interna, pero con diferentes orientaciones, provoca que se deban proponer actuaciones diferentes e independientes, a nivel de edificación.

Del mismo modo, la ausencia total de sistemas de autogeneración de energía convierte a la población en dependiente del comercio energético, dando lugar a numerosas situaciones de pobreza energética.

## **4. SALUD Y CONFORT**

La medicina y la arquitectura tienen al ser humano como objetivo último de su razón de ser, para dar respuesta a sus necesidades básicas y promover un estado de salud óptimo. Pero, además, deben proveer otros aspectos básicos: seguridad, confort y bienestar asociados, todos ellos, a conseguir un nivel de calidad de vida aceptable; y esto debe ser posible, dentro de un hábitat sostenible y saludable. Es por ello por lo que se abunda (o se focaliza) en este aspecto.

En definitiva, el objetivo principal de este capítulo (que fundamentalmente recopila los contenidos del Proyecto de Investigación), es avanzar sobre una de las referidas 4

líneas transdisciplinarias anteriormente enunciadas, que conforman la Estrategia Aura: la referente a las “Condiciones de Confort y Salud”, dado que —a nuestro juicio— es esta la que posee mayor transcendencia desde el punto de vista de los propios habitantes y usuarios finales del barrio, para determinar en un futuro las acciones más perentorias en la regeneración urbana y habitacional.

Concretamente, este avance en el Proyecto se ha llevado a cabo recientemente mediante la comparación de los resultados de dos encuestas realizadas entre la población del barrio: una antes de la pandemia, en el año 2019, y otra el pasado año, 2022. En dichos cuestionarios, se realiza una revisión general del estado de salud de los habitantes, se les cuestiona acerca de las características del barrio y de las carencias del mismo en cuanto a servicios, distancia a parques, áreas deportivas, centro salud, comercios, etc., e incluso se les plantea su conformidad o disconformidad al respecto de temas tales como el confort acústico, el confort higrotérmico, la iluminación natural, las vistas desde sus ventanas, etc.

#### **4.1. Relación salud vs medioambiente edificado: vivienda y salud**

Actualmente existe conciencia de los efectos sobre la salud de los factores ambientales. Un informe reciente de la OMS confirma que una cuarta parte de los fallecimientos se deben a riesgos ambientales y profesionales evitables (World Health: WHO, 2020).

Para la OMS el estado de la vivienda es uno de los cuatro factores que determinan la salud de una persona (Environment, Climate change and Health, 2018), junto con la genética, los rasgos de personalidad y la calidad de la atención médica.

Esta problemática, que se presenta como uno de los retos fundamentales del siglo XXI, demanda tal y como se ha dicho con anterioridad, una nueva aproximación interdisciplinar de tal modo que, no se conseguirán significativos avances en la mejora del confort y la salud de la vida de los usuarios a menos que atendamos a sus necesidades reales, diseñando, construyendo y rehabilitando nuestros entornos residenciales de la manera más saludable.

En este sentido, la arquitectura ha de entenderse como un elemento modificador del entorno natural y al mismo tiempo interactuar con él, dado que juega un papel importante en la separación y coordinación con los medios de una serie separada de envolventes físicas que aíslan y al mismo tiempo relacionan el espacio exterior con el interior, y de ahí la obligación de repensar la relación entre medicina y arquitectura, y más concretamente, entre el hábitat humano cotidiano y la salud (Tokzhanov et al., 2020).

Los denominadores comunes de estas restricciones son los efectos psíquico-culturales y los efectos físicos sobre la salud humana, conjuntamente y de forma aislada.

Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que los factores sensoriales (ruido, olores, colores, ergonomía, etc.) y los “factores extrasensoriales” (calidad del aire, agentes químicos, ácaros, campos electromagnéticos, etc.), son también determinantes para el grado de confort y, en definitiva, la salud en el entorno del hogar.

#### 4.2. Análisis de la vivienda social tipo

Como se ha indicado, esta fase del estudio se centra en ahondar en las deficiencias del parque de viviendas como, objeto específico de estudio en el Polígono San Pablo de Sevilla, en materia de habitabilidad, confort y salud, para determinar, de esta forma, las acciones más necesarias de cara a su regeneración urbana y habitacional, teniendo en cuenta las características socioeconómicas del barrio.

Para ello, se realiza un estudio pormenorizado de las tipologías más repetida en el núcleo central del barrio, para así, poder conocer el comportamiento de la que podríamos denominar “vivienda tipo social” que, finalmente corresponderá al bloque lineal de 5 alturas (Planta Baja + 4).

Como intención final, el estudio busca —en base al caso de estudio—, determinar otras variables que, de un modo u otro, intervienen también en el confort de los usuarios de una vivienda. Es decir, se trata de analizar las condiciones de salubridad desde dos puntos de vista: por un lado, en base a parámetros medibles como son la temperatura, la humedad, la iluminación o la calidad del aire interior de una vivienda; pero, por otro lado, determinar qué otras variables, no cuantificables, pueden influir en el confort de un individuo cuando hace uso de una vivienda, buscando si existe una correlación entre ellas.

Como resultado de la metodología brevemente expuesta (que confronta lo sensorial con lo científico), se abre una futura línea de investigación, fruto de los datos recabados en el presente Proyecto de Investigación, en la que, en una próxima fase de la investigación, se descubra la necesidad de hacer una comparación de los datos cuantitativos y cualitativos que, tras su análisis, permita extraer las conclusiones adecuadas para transmitir la necesidad de crear estrategias locales, que avancen en políticas, planes y estrategias para salvaguardar el derecho a la vivienda digna.

## 5. REFERENCIAS

Ediciones y Publicaciones Populares (1961). San Pablo: 11.500 Viviendas Construidas En Sevilla Por La Obra Sindical Del Hogar. *Hogar y Arquitectura: Revista bimestral de la Obra Sindical del Hogar*, (37), 2.

European Commission (s.f.). 2050 *Long-term renovation strategies*. [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/long-term-renovation-strategies\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/long-term-renovation-strategies_en)

Environment, Climate change and Health. (2018). WHO Housing and health guidelines. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376>

Kearns, A. y Mason, P.J. (2015). Regeneration, Relocation and Health Behaviours in Deprived Communities. *Health & Place*, 32, 43-58. <https://doi.org/10.1016/J.HEALTHPLACE.2014.12.012>

Tokazhanov, G., Tleuken, A., Guney, M., Turkyilmaz, A. y Karaca, F. (2020). How Is COVID-19 Experience Transforming Sustainability Requirements of Residential Buildings? A Review. *Sustainability*, 12(20), 8732. <https://doi.org/10.3390/su12208732>

World Health: WHO (2020). *Manifiesto de la OMS a favor de una recuperación saludable de la COVID-19*. <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/who-manifesto-for-a-healthy-recovery-from-covid-19>

# La evaluación de los riesgos y vulnerabilidades frente al cambio climático, desastres naturales y antrópicos: un acercamiento inicial desde la cooperación internacional

**UPO.18-03. Universidad Pablo de Olavide. Conservación preventiva frente a rehabilitación de urgencia del Patrimonio Arquitectónico mediante Investigación sobre Riesgos y Vulnerabilidad frente al Cambio Climático, desastres naturales y antrópicos**

**Investigadora principal:** Pilar Ortiz Calderón.

**Equipo del proyecto:** Rocío Ortiz, Dolores Segura, José María Martín, Auxiliadora Gómez, Javier Becerra, Juan Manuel Macías, Auxiliadora Vázquez, Daniel Cagigas, M.ª Ángeles Garrido, M.ª José Chávez de Diego, Ana Cepero, Betzaida Rodríguez, Dahimi Abreu, Guillermo Arturo Díaz, M.ª Luisa Vázquez de Ágredos, Andrés Prieto, María Isabel Turbay.

**Autores del capítulo:** Mónica Moreno<sup>1</sup>, Dahimi Abreu<sup>2</sup>, Betzaida Rodríguez<sup>2</sup>, Ana Cepero<sup>2</sup>, Arturo Díaz<sup>3</sup>, Rocío Ortiz<sup>1</sup>, Pilar Ortiz<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Pablo de Olavide en Sevilla, España.

<sup>2</sup> Universidad de las Artes, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Toribio Rodríguez Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú.

## Resumen

Hoy en día, los efectos del cambio climático y los procesos de globalización aumentan los niveles de riesgo presentes en los centros históricos. Este problema afecta especialmente a aquellas ciudades que carecen de recursos para estudiar los peligros ambientales y la vulnerabilidad de las edificaciones.

En este contexto, el Proyecto de Cooperación Internacional e Interdisciplinaria UPO-18-03, “Conservación Preventiva versus Rehabilitación Urgente del Patrimonio Arquitectónico a través de la Investigación sobre Riesgos y Vulnerabilidad ante el Cambio Climático, Desastres Naturales y Antrópicos”, tuvo como objetivo colaborar en el desarrollo de herramientas de bajo costo para la gestión de riesgos en centros históricos. El proyecto contó con la participación de la Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España), la Universidad de las Artes (ISA) en Cuba y la Universidad Nacional Toribio Rodríguez Mendoza (UNTRM) en Perú. La metodología Art-Risk, basada en índices de vulnerabilidad, mapas de peligros y análisis multicriterio, se adaptó a los contextos de riesgo identificados en Cuba y Perú.

Como resultado, este capítulo presenta la experiencia obtenida a partir de tres investigaciones realizadas durante el proyecto: un estudio de vulnerabilidad, el desarrollo de una herramienta de análisis de riesgos y la implementación de un plan de respuesta a emergencias.

## Palabras clave

Art-Risk; Centros Históricos; Latinoamérica; Riesgo; Vulnerabilidad.

## Línea temática

1. Actuaciones dirigidas a dar respuesta a los problemas sociales, económicos, habitacionales y de la agenda de desarrollo urbano, promoviendo una perspectiva integral y reactivadora.

## 1. INTRODUCCIÓN

La finalidad principal de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 es minimizar los riesgos humanitarios que afrontamos en la actualidad. En concreto los ODS 13 “acción para el clima”, ODS 11 “ciudades y comunidades sostenibles”, ODS 3 “Salud y Bienestar”, ODS 10 “reducción de las desigualdades” y ODS 1 “fin de la pobreza” evalúan las principales problemáticas que afrontan las ciudades, muchas de ellas asociadas a un crecimiento urbano desordenado, que aumenta los niveles de riesgo y empeora la calidad de vida de sus poblaciones.

Aunque los retos planteados por los ODS son comunes a ciudades ubicadas en muy distintas partes del planeta, su consecución resulta más compleja en ciudades con bajos recursos económicos y técnicos. Este es el caso de muchas de las ciudades históricas de Latinoamérica que, debido a la falta de recursos ven reducidas las medidas de gestión de riesgos y mantenimiento de las edificaciones históricas y los bienes patrimoniales ubicados en los centros históricos. Esta situación puede generar grandes pérdidas durante una emergencia. Particularmente en países como Cuba y Perú, que presentan una gran riqueza patrimonial, la ocurrencia de desastres imposibilita por periodos largos el aprovechamiento de los “recursos culturales” como vía para el desarrollo social y económico de las sociedades locales. Según la Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas, en 2019 Perú generó 3,9 millones de dólares en divisas por turismo y Cuba 2,9 millones. Si bien existe a nivel internacional un claro interés del gobierno y la ciudadanía por el mantenimiento de estos centros históricos, en la práctica los desastres naturales, la violencia y la marginación ponen en peligro a los habitantes, bienes patrimoniales y diversidad cultural de estos espacios.



A estas problemáticas hay que sumar los efectos derivados del cambio climático, que en los últimos años han generado a nivel mundial grandes pérdidas en numerosos centros históricos. En este nuevo contexto, los desastres provocados por el clima causaron el desplazamiento de más de 25 millones de personas en 2017 y favorecieron el desarrollo de fenómenos migratorios sin precedentes. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático asevera que este es uno de los mayores desafíos de nuestra época y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático identifica Centro y Sudamérica como regiones especialmente vulnerables a eventos climáticos extremos (Masson-Delmotte et al., 2021; Pachauri et al., 2014). Además de los aumentos de temperatura, precipitaciones extremas, sequías, inundaciones y huracanes, las problemáticas sociopolíticas derivadas de las oleadas migratorias, son retos centrales en la nueva Agenda 2030 de las Naciones Unidas y sus ODS.

Desde un punto de vista de la gestión de riesgos, afrontar estos retos requiere disponer de investigaciones que permitan identificar las amenazas presentes en un entorno y dar una respuesta eficiente que evite que las emergencias se conviertan en desastres. Para poder alcanzar este objetivo es necesario disponer de herramientas para la evaluación de situaciones de riesgo y la toma de decisiones que permitan: 1) desarrollar planes de emergencia y modelos de resiliencia a nivel local; 2) mejorar la capacidad de respuesta; 3) y reducir el riesgo de pérdida durante una emergencia o post-emergencia (Birkmann et al., 2013; Paolini et al., 2012; UNISDR, 2009).

Con esta intencionalidad, el proyecto ART-RISK Cooperación (UPO-18-03) planteó adaptar y aplicar los modelos Art-Risk® (Moreno et al., 2022a; Moreno et al., 2022b; Ortiz et al., 2018) como herramienta de trabajo eficaz para la toma de decisiones a la gestión de riesgos en los centros históricos de Cuba y Perú. A lo largo de este artículo se expondrán los principales puntos y herramientas de la metodología Art-Risk®, así como la experiencia adquirida en tres ejemplos prácticos desarrollados en Cuba y Perú que permiten entender mejor el funcionamiento de esta metodología especializada en centros históricos patrimoniales.

## 2 METODOLOGÍA ART-RISK Y CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio parte de los modelos de riesgo propuestos por la metodología Art-Risk® y propone su adaptación y validación en Perú y Cuba. Concretamente, los centros históricos analizados fueron La Habana, Santiago de Cuba y Cienfuegos en Cuba; y Leymebamba, La Jalca y Chachapoyas en Perú. Mientras que en las ciudades de Perú las investigaciones se focalizaron principalmente en las viviendas de arquitectura vernácula; en Cuba, los estudios incluyeron las edificaciones monumentales como teatros, palacios y catedrales conservadas en los centros históricos (figura 01).

Metodológicamente el modelo de gestión de riesgos propuesto planteó el uso de: 1) Matrices e índices Art-Risk 1 para evaluar la vulnerabilidad de edificios (Rodríguez-Rosales et al., 2021); 2) Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el mapeo de peligrosidades ambientales; 3) y software libre Art-Risk 3.0 para el análisis multicriterio de escenarios de riesgos (Prieto et al., 2020).

Una vez identificadas las edificaciones patrimoniales a estudiar, la recogida de datos de vulnerabilidad se efectuó mediante inspecciones in situ. En las inspecciones de los edificios, los expertos locales aglutinaron y normalizaron la información disponible mediante el empleo de las fichas-matrices Art-Risk 1, Art-Risk 3 y el levantamiento de mapas de daños, según los casos de estudio. Estos métodos de trabajo fueron adaptados a las especificidades de los nuevos contextos analizados y testados sobre diversas tipologías constructivas patrimoniales.

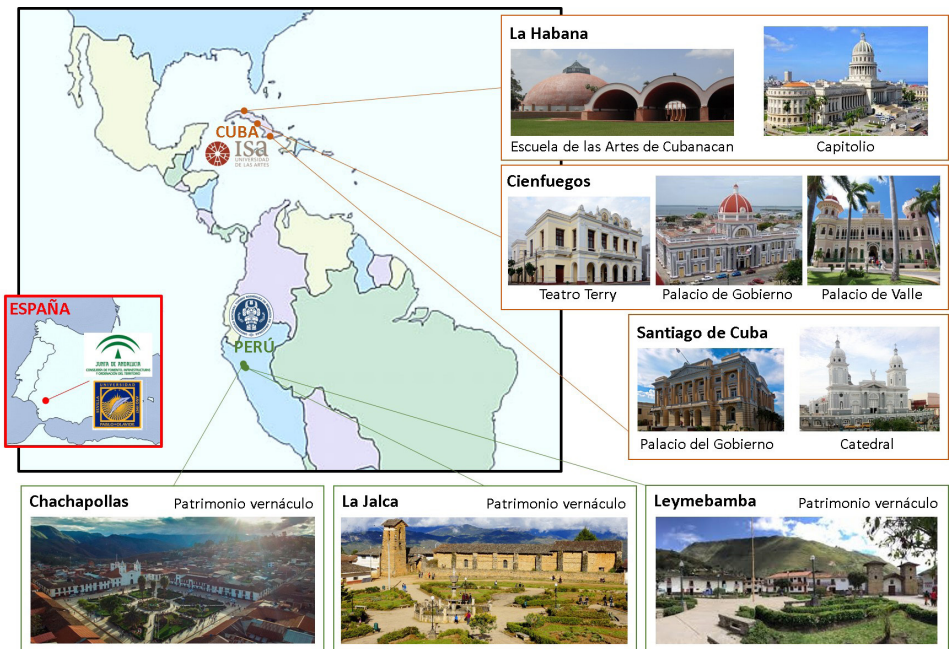


Figura 01. Sitios de estudio incluidos en el proyecto de Cooperación Internacional UPO-03 financiado por la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda.

Los trabajos desarrollados en Cuba incluyeron la adaptación del índice Art-Risk 1 para calcular la vulnerabilidad. Este índice, obtenido a partir de la consulta de expertos locales y el análisis DELPHI, se adaptó a las Iglesias en La Habana (Rodríguez-Rosales et al., 2021)

y a diferentes tipologías constructivas como teatros y palacios (Abreu et al., 2020; Rodríguez et al., 2020). Para ello se contó con la opinión de un equipo interdisciplinar de expertos cubanos en el que intervinieron químicos, arquitectos, arqueólogos, conservadores-restauradores, historiadores del arte, geólogos, biólogos, ambientólogos, etc.

Para la recopilación de datos medioambientales y peligrosidades se siguió la metodología desarrollada en el modelo Art-Risk 1 para el levantamiento de mapas de peligrosidad (Moreno et al., 2022; Ortiz et al., 2021).

Para evaluar escenarios multirriesgo y analizar holísticamente los factores de peligrosidad y vulnerabilidad de las edificaciones patrimoniales se desarrolló la herramienta Art-Risk 3.0 cooperación. Esta herramienta basada en inteligencia artificial (AI), la lógica difusa y el encuestado de expertos mediante el método DELPHI, fue elaborada a partir de la herramienta Art-Risk 3.0 y posibilitó su uso fuera de España. Este software, actualmente, se encuentra disponible en abierto (<https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/herramienta.html>) junto a un manual de uso ([https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/files/Manual\\_Usuario\\_Art-Risk\\_Cooperacion\\_Espa%C3%B1ol.pdf](https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/files/Manual_Usuario_Art-Risk_Cooperacion_Espa%C3%B1ol.pdf)) para que organismos locales y regionales, así como las empresas dedicadas a la restauración y rehabilitación puedan efectuar análisis multicriterio de riesgos en edificaciones patrimoniales. El *software* ha sido utilizado en la ciudad de Popayán (Colombia) (Prieto, 2020a).

Finalmente, para reforzar un marco de cooperación internacional se planificó la inclusión de las Instituciones involucradas en varios observatorios internacionales que analizan el riesgo en espacios patrimoniales.

### 3. REVISIÓN DE EXPERIENCIAS VIVIDAS Y PRINCIPALES RESULTADOS

#### 3.1. La vulnerabilidad de la arquitectura vernácula frente a los procesos de globalización

El estudio de la vulnerabilidad que presentaba la arquitectura vernácula de las ciudades de Chachapoyas, Leymebamba y Jalca se planificó entre 2019 y 2020, si bien las restricciones de la pandemia modificaron las actividades.

La metodología Art-Risk® fue adaptada en esta investigación para centrarse en el análisis de la vulnerabilidad de la arquitectura vernácula de los modelos urbanos desarrollados en la zona (figura 02). El estudio efectuado permitió identificar y reflexionar objetivamente en torno a los principales factores de riesgo que afectaban a la preservación de las edificaciones vernáculas de Perú y de otros países latinoamericanos inmersos en procesos de desarrollo urbanístico similares.

Los estudios partieron de las variables definidas en los modelos Art-Risk® (Ortiz et al. 2019; Ortiz y Ortiz, 2016) para analizar las edificaciones vernáculas en función de las afecciones antrópicas, el mantenimiento y la vulnerabilidad constructiva. Para ello se seleccionaron las variables de los modelos Art-Risk® consideradas más relevantes para este tipo de arquitectura y fueron desglosados los posibles escenarios de vulnerabilidad según una escala normalizada 1-5. La nueva herramienta de recogida de datos permitía diferenciar en función de 6 factores qué situaciones generaban entornos más vulnerables. A partir de esta nueva herramienta de vulnerabilidad fueron analizadas todas las edificaciones vernáculas conservadas diferenciando entre viviendas coloniales, republicanas y tradicionales.

Los resultados obtenidos visibilizaron cómo los procesos de globalización desarrollados generaban modificaciones en los usos del suelo y de los edificios, procesos de abandono, cambios estructurales en las edificaciones y en las técnicas-materiales empleados en el mantenimiento de las viviendas. La falta de políticas de mantenimiento y la alta vulnerabilidad que presentan estas edificaciones al fuego explicaban el alto nivel de riesgo que afectaba a la preservación de este tipo de centros históricos. Además, ante los contextos de riesgo identificados, el estudio pudo constatar que las edificaciones tradicionales presentaban una mayor vulnerabilidad respecto a la arquitectura colonial y republicana, debido principalmente a la inexistencia de herramientas legales para su protección. Los resultados de este estudio pueden ser revisados con mayor detenimiento en el artículo *Vulnerability Assessment of Historic Villages in the Amazonas Region (Peru)* (Diaz et al., 2022).

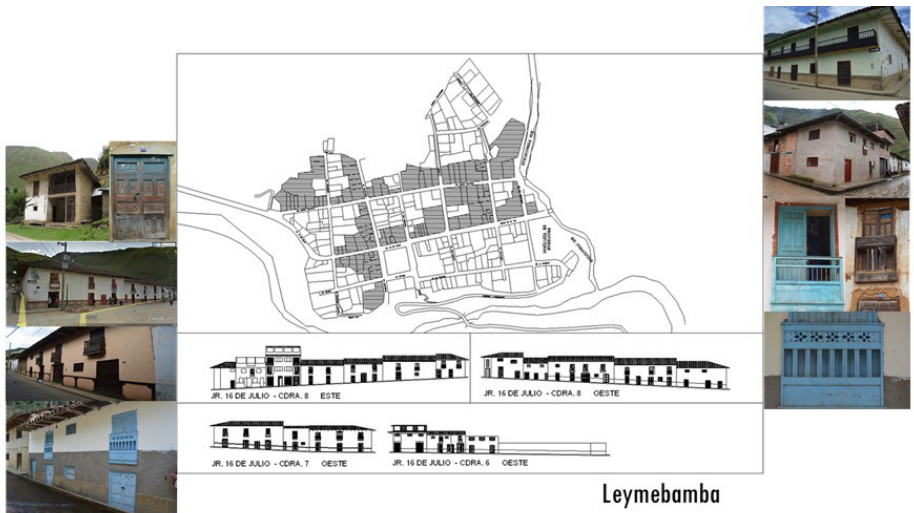


Figura 02. Centro histórico de Leymebamba y ejemplos de arquitectura vernácula.

### 3.2. El análisis de escenarios multirriesgo con la herramienta online Art-Risk 3.0 Cooperación

El desarrollo de la aplicación Art-Risk 3.0 Cooperación se realizó durante 2020 como resultado de la colaboración entre las Universidades Pablo de Olavide y de Sevilla (España), y como contrapartes del proyecto: la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Chachapoyas (Perú) y la Universidad de la Artes de La Habana (Cuba), así como otras universidades colaboradoras en Latinoamérica y España.

Esta investigación profundizó en el conocimiento de las relaciones existentes entre las peligrosidades del entorno, la vulnerabilidad de sus edificaciones y los niveles de riesgo que afrontaban los centros históricos. Desde esta mirada, se buscó desde el primer momento diferenciarse de otros modelos de escenarios monoriesgo que no permitían efectuar análisis integrales y holísticos. Para solventar estas limitaciones se planteó la adaptación del modelo Art-Risk 3.0, una herramienta de inteligencia artificial que permite relacionar diferentes variables de peligrosidad, analizarlas conjuntamente y predecir escenarios de riesgo de una forma parecida al razonamiento humano.

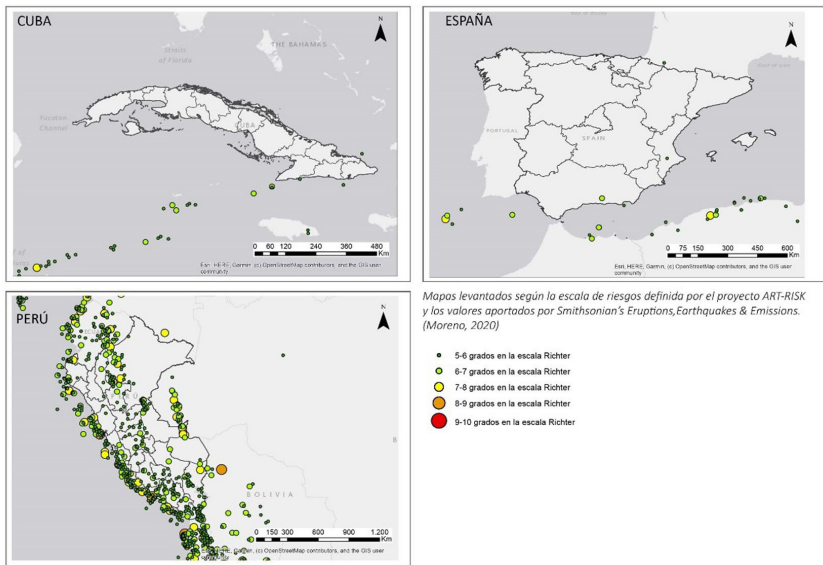
Posibilitar su uso en Latinoamérica, implicó superar la principal limitación de Art-Risk 3.0, que opera a partir de un sistema de información geográfica que solo dispone de información sobre la presencia de peligrosidades en territorio español. El trabajo colaborativo desarrollado entre los equipos de expertos de Perú, Cuba y España concluyó con el diseño e implementación de la herramienta Art-Risk 3.0 Cooperación. Al igual que su predecesora, esta nueva herramienta *online* es capaz de aproximarse al diagnóstico que realizaría un equipo interdisciplinar de profesionales de la conservación en la diagnosis de un elenco de bienes patrimoniales. La principal diferencia que presenta respecto a Art-Risk 3.0 es que los valores de peligrosidad son introducidos manualmente por el usuario lo que posibilita su uso en diferentes puntos del planeta.

Para poder obtener los valores de peligrosidad que debían ser introducidos manualmente en la herramienta Art-Risk 3.0 Cooperación, se investigaron las posibilidades que distintos recursos satelitales podían ofrecer como vía para obtener cartografía de la cobertura terrestre. Mientras que en Europa el reciente desarrollo de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), catálogos y visores facilitan el acceso por parte de los especialistas a mapas para la identificación de peligrosidades y la gestión de riesgos, la disponibilidad de cartografía temática todavía es escasa en muchas zonas de Latinoamérica. Ante esta problemática, la teledetección se presentó como una excelente opción para la obtención de datos georreferenciados en tiempo real. Como ejemplo de los resultados obtenidos, la figura 03 muestra parte de la cartografía generada para desastres naturales y peligrosidades climáticas. En este caso se observa la representación cartográfica de la frecuencia y magnitud de los sismos ocurridos en los últimos 60 años y evidencia un mayor riesgo especialmente en la zona centro y sur de Perú. A su vez, la figura 04 muestra los

resultados obtenidos una vez que los datos de peligrosidad son convertidos a una escala normalizada de peligros tipo semáforo. De esta forma, la cartografía levantada a partir del uso de recursos satelitales y SIG permitió establecer diferencias entre zonas de estudio muy lejanas entre sí, así como identificar los centros históricos ubicados en áreas más problemáticas y propensas a sufrir amenazas.

Los logros alcanzados permiten disponer de un flujo de trabajo para cartografiar peligrosidades en diferentes partes del planeta y de una herramienta de análisis multicriterio, Art-Risk 3.0 Cooperación, capaz de evaluar el riesgo que afecta a las edificaciones patrimoniales.

**A) SISMOLOGÍA: SISMOS OCURRIDOS ENTRE 1960 Y 2016**



Mapas levantados según la escala de riesgos definida por el proyecto ART-RISK y los valores aportados por Smithsonian's Eruptions, Earthquakes & Emissions. (Moreno, 2020)

Figura 03. Cartografía elaborada durante el proyecto UPO-18-03. Mapa con la magnitud y frecuencia de los sismos ocurridos entre 1980 y 2018 en los tres países estudiados. Valores obtenidos de Smithsonian's Eruptions, Earthquakes & Emissions.

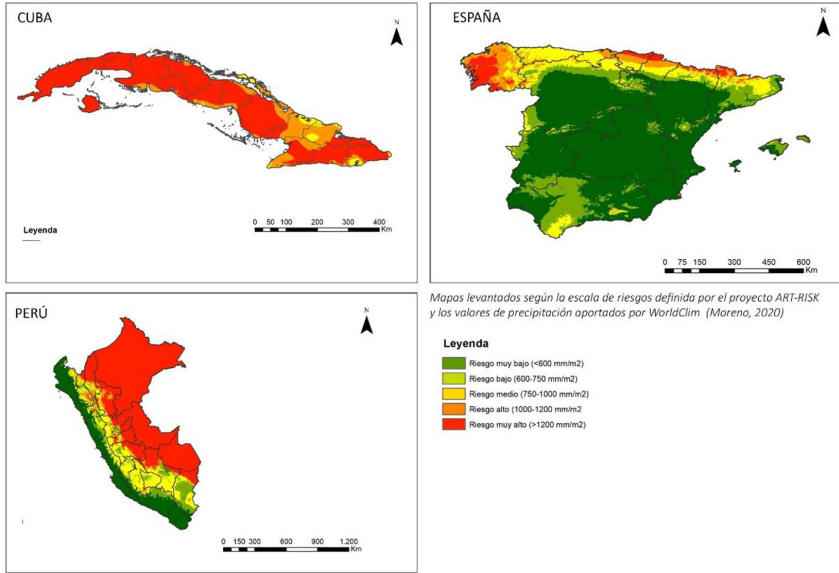
**B) PRECIPITACIÓN MEDIA**

Figura 04: Cartografía elaborada durante el proyecto UPO-18-03. Mapa de peligrosidad por lluvia acumulada anualmente. Escala de peligros definida por el proyecto Art-Risk y valores de precipitación obtenidos de WorldClim

### 3.3. Prevención y respuesta a emergencias: simulacros y formación

La investigación desarrollada durante esta colaboración se centró en el análisis de los posibles escenarios de riesgo que desencadenaría la ocurrencia de una emergencia en los centros históricos analizados. Por medio de la realización de reuniones periódicas, con los agentes implicados in situ y simulacros de gabinete se ensayaron los pasos a seguir y las vías de actuación durante una emergencia causada por sismos, precipitaciones, incendios y otros factores de peligrosidad climáticos y antrópicos. A su vez, mediante la planificación y desarrollo efectivo de un simulacro por inundaciones en la Agencia de radio y televisión de La Habana (figura 05) se evaluó la capacidad de respuesta y necesidades de formación, como piezas claves de la resiliencia que poseían las instituciones patrimoniales locales.

Los logros alcanzados permitieron testear y mejorar los protocolos existentes para la comunicación, toma de decisiones, activación de recursos y medios de respuesta a una emergencia de las Instituciones locales presentes en los centros históricos analizados. Las redes de contacto entre especialistas establecidas se mantienen después de finalizar el proyecto mediante la participación en diferentes observatorios de riesgo.





Figura 05. Formación para el simulacro realizado en la Habana en la Agencia de radio y televisión. Caso de trabajo inundación en un Museo.

### 3.4 Conclusiones

Los objetivos planteados y resultados alcanzados por el proyecto UPO-18-03 de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía permiten ofrecer soluciones a dos problemáticas muy relevantes hoy en día: (1) la falta de herramientas de gestión patrimonial que puedan usar las instituciones encargadas de la conservación de las ciudades patrimoniales latinoamericanas; (2) y la ausencia de metodologías que trabajen conjuntamente escenarios multirriesgo para un gran número de estructuras patrimoniales.

Las investigaciones para adaptar y testar los modelos Art-Risk® en diferentes centros históricos de Cuba y Perú permiten ofrecer alternativas desde las que solventar estas problemáticas. Los resultados obtenidos, resultan especialmente útiles para aquellas Instituciones pequeñas o centros históricos alejados del circuito turístico que no suelen disponer de herramientas para el desarrollo de estudios de diagnosis y conservación patrimonial con grupos interdisciplinares de expertos.



En este contexto, las tres experiencias presentadas pusieron de manifiesto como la adaptación y uso de la metodología Art-Risk permite realizar una prelación de los edificios en función de su vulnerabilidad y los peligros a los que se encuentra expuesto. Estas prelacións, sirven para establecer comparativas entre bienes patrimoniales, que permitan a sus gestores, de manera sencilla y eficiente, establecer políticas de conservación y optimizar la gestión de los recursos técnicos y económicos.

La línea de investigación abierta por este proyecto en las universidades ISA y UNTRM es especialmente importante en el actual contexto socioeconómico mundial de post-pandemia, donde se han visto muy mermados los recursos destinados a la conservación de centros históricos. Los estudios desarrollados favorecen la resiliencia de los centros urbanos y las áreas patrimoniales a nivel local y permiten establecer diferentes escenarios, evaluar de forma rápida la respuesta a una situación de emergencia, y facilitar la elaboración de planes de conservación preventiva. Actualmente, los investigadores de España, Cuba y Perú continúan trabajando colaborativamente para minimizar los riesgos en los centros históricos a través de los proyectos RESILIENT-TOURISM financiado por la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades de la Junta de Andalucía; y FENIX financiado por los Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i. La herramienta Art-Risk 3.0 Cooperación, junto con otros modelos desarrollados por el equipo de investigadores hicieron al equipo de trabajo ganador del premio Europa Nostra en investigación en conservación preventiva en 2021.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado gracias los fondos del proyecto Art-Risk cooperación: Conservación preventiva frente a rehabilitación de urgencia del Patrimonio Arquitectónico mediante Investigación sobre Riesgos y Vulnerabilidad frente al Cambio Climático, desastres naturales y antrópicos (proyecto de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, Junta de Andalucía UPO-18-03). El estudio aplica la metodología desarrollada en el proyecto: Art-Risk (proyecto RETOS del Ministerio de Economía y Competitividad y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), código: BIA2015-64878-R (MINECO/FEDER, UE ). Gracias a este proyecto las contrapartes siguen colaborando en FENIX (proyecto RETOS de Programas Estatales de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i, código: PID2019-107257RB-I00) y RESILIENT-TOURISM de la Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades, Junta de Andalucía (PYC20 RE034 UPO). La metodología Art-Risk ha sido galardonada con el premio Europa Nostra 2021. M. Moreno agradece al Programa Estatal para la Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+i del Ministerio de Ciencia e Innovación de España por su beca técnica (PTA2019-016882).

## 5. REFERENCIAS

- Abreu, D., Rodríguez, B., Cepero, A., Ortiz, P. y Ortiz, R. (2020). *Vulnerability of the tomás terry theater* (Cienfuegos, Cuba). En *Science and Digital Technology for Cultural Heritage - Interdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models* (pp. 395–398). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429345470-75>
- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P. y Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193–211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
- Díaz, G. A., Ortiz, R., Moreno, M. y Ortiz, P. (2022). Vulnerability Assessment of Historic Villages in the Amazonas Region (Peru). *International Journal of Cultural Heritage*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/15583058.2022.2070049>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Matthews, J. B. R., Berger, S., Huang, M., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B., Lonnoy, E., Maycock, T. K., Waterfield, T., Leitzell, K. y Caud, N. (2021). *Climatic Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Moreno, M., Ortiz, R., Cagigas-Muñiz, D., Becerra, J., Martín, J. M., Prieto, A. J., Garrido-Vizuet, M. A., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J. y Ortiz, P. (2022a). ART-RISK 3.0 a fuzzy—based platform that combine GIS and expert assessments for conservation strategies in cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 55, 263–276. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.012>
- Moreno, M., Ortiz, R. y Ortiz, P. (2022b). Review of satellite resources to assess environmental threats in rammed earth fortifications. *Ge-conservación*, 21(1), 309–328. <https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1132>
- Moreno, M., Prieto, A. J., Ortiz, R., Cagigas-Muñiz, D., Becerra, J., Garrido-Vizuet, M. A., Segura, D., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J. y Ortiz, P. (2022b). Preventive Conservation and Restoration Monitoring of Heritage Buildings Based on Fuzzy Logic. *International Journal of Architectural Heritage*, 17(7), 1153-1170. <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.2018520>
- Ortiz, P. (Coord.) (2020). *Manual de uso del software Art-Risk 3.0 Cooperación*. Universidad Pablo de Olavide. [https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/files/Manual\\_Usuario\\_Art-Risk\\_Cooperacion\\_Espa%C3%B1ol.pdf](https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/files/Manual_Usuario_Art-Risk_Cooperacion_Espa%C3%B1ol.pdf)

Ortiz, R., Garrido Vizueté, M. D. L. A., Prieto, A. J., Macías Bernal, J. M., Becerra, J., Benítez, J., Turbay, I. (2019). Preventive conservation of monuments based on DELPHI method and fuzzy logic. En F. Dobran (de.), *Resilience and Sustainability of Cities in Hazardous Environments* (pp. 10-13). GVES.

Ortiz Calderón, R., Moreno Falcón, M., Becerra Luna, J., Corona Corrales, S. y Ortiz Calderón, P. (2021). El análisis de riesgos en los centros históricos: estudio de las fortificaciones urbanas del centro histórico de Sevilla. *Revista PH*, 104, 342–361. <https://doi.org/10.33349/2021.104.4942>

Ortiz, R., Macías-Bernal, J. M. y Ortiz, P. (2018). Vulnerability and buildings service life applied to preventive conservation in cultural heritage. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 9(1), 31–47. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-11-2016-0047>

Ortiz, R. y Ortiz, P. (2016). Vulnerability Index: A New Approach for Preventive Conservation of Monuments. *International Journal of Architectural Heritage*, 10(8), 1078-1100. <https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1186758>

Pachauri, R. K., Meyer, L., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Jiang, K., Jiménez Cisneros México, B., Kattsov, V., Lee, H., Minx, J., Mulugetta, Y., Brinkman, S., Van Kesteren, L., LePrince-Ringuet, N. y Van Boxmeer, F. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.

Paolini, A., Vafadari, A., Cesaro, G., Santana Quintero, M., Van Balen, K., Vileikis, O. y Fakhoury, L. (2012). *Risk management at heritage sites: a case study of the Petra world heritage site*. UNESCO.

Prieto, A. J., Turbay, I., Ortiz, R., Chávez, M. J., Macías-Bernal, J. M. y Ortiz, P. (2020a). A Fuzzy Logic Approach to Preventive Conservation of Cultural Heritage Churches in Popayán, Colombia. *International Journal of Architectural Heritage*, 15(12) 1910–1929. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1737892>

Rodríguez-Rosales, B., Abreu, D., Ortiz, R., Becerra, J., Cepero-Acán, A. E., Vázquez, M. A. y Ortiz, P. (2021). Risk and vulnerability assessment in coastal environments applied to heritage buildings in Havana (Cuba) and Cadiz (Spain). *Science of the Total Environment*, 750, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141617>

Rodríguez, B., Cepero, A., Abreu, D., Ortiz, P., Ortiz, R. y Becerra, J. (2020). Vulnerability analysis of three domes and a corridor at national schools of arts (Cubanacan, La Habana, Cuba). En *Science and Digital Technology for Cultural Heritage - Interdisciplinary Approach to Diagnosis, Vulnerability, Risk Assessment and Graphic Information Models* (pp. 399-403). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429345470-76>

UNISDR. (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. [https://www.preventionweb.net/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)

Universidad Pablo de Olavide y Universidad de Sevilla (2023). Art-Risk. Inteligencia Artificial Aplicada a la Conservación Preventiva de Edificios Patrimoniales. <https://www.upo.es/investiga/art-risk-service/art-risk3e/herramienta.html>

# INNOVACIÓN EN VIVIENDA SOCIAL Y MOVILIDAD: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

## **I. US.20-03**

Hacia la implementación de la sostenibilidad mediante BIM en los procedimientos de licitación de viviendas en Andalucía.

## **II. US.20-10**

Combinando indicadores para la evaluación del impacto económico, ambiental y social del ciclo de vida de las viviendas sociales en Andalucía.

## **III. US.20-14**

Geopolímeros de residuos con propiedades acústicas, térmicas, biocidas y autolimpiantes para revestimiento de fachada.

## **IV. UPO.18-04**

Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible.

## **V. UJA.18-01**

Accesibilidad universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba).



# Hacia la implementación de la sostenibilidad mediante BIM en los procedimientos de licitación de viviendas en Andalucía

## US.20-03. Universidad de Sevilla. Eva-BIM. Evaluación de Viviendas en Andalucía con BIM

**Investigadora principal:** Carmen Llatas.

**Equipo del proyecto:** Isidro Cortés, María Victoria Montes, Bernardette Soust, Rocío Quiñones, Teresa Rojo, Francisco Espasandín, Antonio García, Elisabetta Palumbo, Pedro Méda.

**Autores del capítulo:** Carmen Llatas<sup>1</sup>, Bernardette Soust Verdaguer<sup>1</sup>, María Victoria Montes<sup>1</sup>, Rocío Quiñones<sup>1</sup>, Isidro Cortés<sup>1</sup>, Teresa Rojo<sup>1</sup>, Francisco Espasandín<sup>1</sup>, Elisabetta Palumbo<sup>2</sup>, Pedro Méda<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Universidad de Bergamo, Bergamo, Italia.

<sup>3</sup> Universidad de Oporto, Oporto, Portugal.

### Resumen

La sociedad andaluza a través de su Agenda Urbana de 2030 demanda cada vez más ciudades sostenibles con edificios de menores costes ambientales, económicos y sociales durante su ciclo de vida. Es por ello que el Plan VIVE en Andalucía 2020-2030 pretende sumarse al movimiento internacional sobre el futuro de las ciudades que promueven Naciones Unidas y la Unión Europea orientando sus campos prioritarios de actuación en materia de vivienda hacia el consumo energético, el uso de recursos y gestión de residuos en la construcción, la huella ecológica, la vida útil y, en general, los nuevos materiales y técnicas constructivas desde una perspectiva de respeto y cuidado del medio ambiente. Por otro lado, uno de los objetivos de la Ley de Contratos del Sector Público, es la incorporación de innovaciones tecnológicas, sociales o ambientales que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de los bienes, obras o servicios que se contraten, siendo el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) obligatorio en las licitaciones públicas en España desde 2018. Sin duda, el uso del BIM ha supuesto una revolución tecnológica en el sector de la construcción vinculado a la Administración Pública. Más aún, la comunidad científica ha puesto de manifiesto la utilidad del BIM para la mejora de la sostenibilidad de los edificios, siendo el Análisis de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (ASCV) el método cuantitativo más objetivo para llevar a cabo esta evaluación desde su triple dimensión (social, ambiental y económica). Sin embargo, para que su implantación en el sector de la edificación sea efectiva son necesarios instrumentos adaptados a cada contexto, e integrados en los propios procedimientos de contratación de obra de la Administración Pública.

Es por ello que el proyecto de investigación Eva-BIM se llevó a cabo en el periodo 2021-2022 con el objetivo de sentar las bases de los instrumentos necesarios para la aplicación directa de una metodología de ASCV de viviendas, automatizada e integrada en BIM, en los procedimientos de contratación de Vivienda de la Junta de Andalucía, con el fin de identificar y tener la oportunidad de seleccionar los proyectos que liciten de mayor sostenibilidad, es decir, los de menor coste ambiental, social y económico durante su ciclo de vida. Como resultado se elaboraron los instrumentos necesarios para aplicar la metodología ASCV-BIM, a una tipología de vivienda de interés en las políticas de vivienda de esta Consejería, con el fin de adaptar la metodología al contexto de Andalucía. Posteriormente se evaluó de forma automatizada la sostenibilidad de varios proyectos de vivienda alternativos licitados en una oferta pública de esta Consejería, a partir de sus modelos digitales. Paralelamente a su desarrollo, el proyecto involucró a diferentes agentes socio-económicos y partes interesadas y beneficiarias en materia de Arquitectura Sostenible, mediante la realización de jornadas, seminarios, y encuestas. Finalmente, los resultados de la investigación fueron difundidos en entornos internacionales, y transferidos a la sociedad y al tejido empresarial y productivo de Andalucía. Este capítulo pone en contexto y presenta los principales resultados de este proyecto de investigación.

## Palabras clave

Análisis de la Sostenibilidad de Ciclo de Vida (ASCV); Building Information Modeling (BIM); Licitación; Rehabilitación; Vivienda.

## Línea temática

3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social.

## 1. EL PROYECTO EVA-BIM

Recientes estudios científicos internacionales han descrito la situación actual de la insostenibilidad del sector de la construcción aportando pruebas de sus catastróficas consecuencias a corto y medio plazo. La industria de la construcción es responsable del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Agencia Internacional de la Energía, 2019) y constituye uno de los mayores consumidores de recursos naturales. En Europa, por ejemplo, el uso y construcción de los edificios consume la mitad de los materiales extraídos (Comisión Europea, 2011). Dado el impacto ambiental, económico y social que producen los edificios a lo largo de su ciclo de vida, la sociedad demanda un



aumento de la sostenibilidad de los edificios (World Green Building Council, 2015). Para afrontar esta situación, las actuales estrategias internacionales de sostenibilidad, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2019), y europeas, como el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019) y el Plan de Acción de Economía Circular (Comisión Europea, 2020), proponen cambios radicales en nuestro modelo de desarrollo, como el de su descarbonización.

Andalucía, a través de su Agenda Urbana de 2030 (Junta de Andalucía, 2018) demanda cada vez más ciudades sostenibles con edificios de menores costes ambientales, económicos y sociales durante su ciclo de vida. Es por ello que su Plan Vive de vivienda, rehabilitación y regeneración urbana 2020-2030 (Junta de Andalucía, 2019) y la recién aprobada Ley de Economía Circular (Junta de Andalucía, 2023) pretenden sumarse al movimiento internacional sobre el futuro de las ciudades que promueven Naciones Unidas y la Unión Europea orientando sus campos prioritarios de actuación en materia de vivienda hacia el consumo energético, el uso de recursos y gestión de residuos en la construcción, la huella ecológica, la vida útil y, en general, los nuevos materiales y técnicas constructivas desde una perspectiva de respeto y cuidado del medio ambiente.

Además, las predicciones científicas sobre los efectos del cambio climático (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2013), hacen necesaria la aplicación de medidas de carácter más eficaz e innovador que produzcan cambios drásticos. De hecho, el escenario para la mejora de la eficiencia energética en el sector de la construcción termina cuando, por ejemplo, se alcanzan los estándares de consumo de energía casi nulo (Tschetwertak et al., 2017), o cuando se logra plenamente el uso de fuentes renovables para el suministro de energía en la fase operativa. Sin embargo, los impactos incorporados relacionados con los materiales y productos incluidos en los edificios aún no se han reducido. De ahí que, debido a la complejidad de los problemas existentes, las posibles soluciones exijan que la sostenibilidad de los edificios se aborde desde una perspectiva holística que integre las tres dimensiones fundamentales (ambiental, económica y social) para todo su ciclo de vida (Meex et al., 2018).

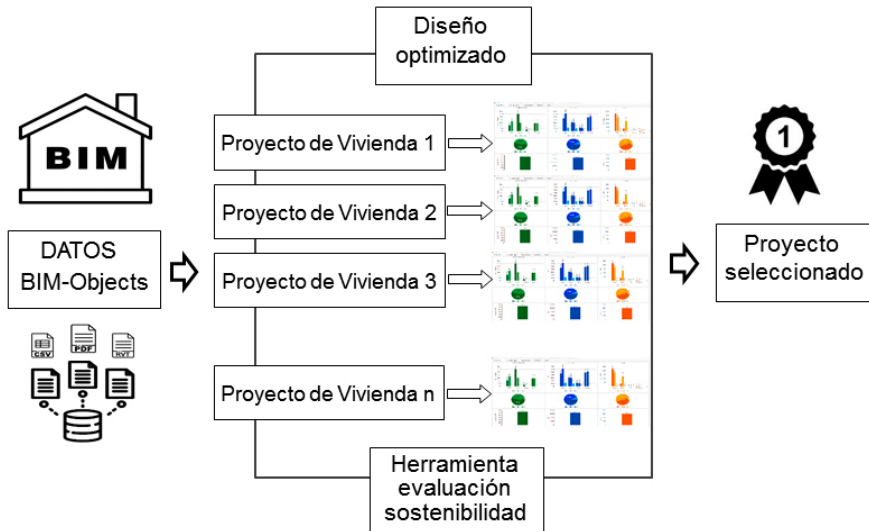


Figura 01. Aproximación al modelo de implementación ASCV-BIM en Eva-BIM. Fuente: elaboración propia.

En este contexto surge la necesidad de impulsar la integración de la evaluación de la sostenibilidad de forma transparente y cuantitativa en los procedimientos de licitación y compra pública, a través de iniciativas como la presente. Es por ello que este capítulo se presenta como resultado del proyecto Eva-BIM “Evaluación de Viviendas en Andalucía”, ref. US.20-03, llevado a cabo en el periodo comprendido entre el diez de septiembre de 2021 y el nueve de diciembre de 2022. Eva-BIM fue financiado por la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía, en la convocatoria 2020 (Junta de Andalucía, 2020) con el objetivo de sentar las bases de los instrumentos necesarios para la aplicación directa de una metodología de Análisis de la Sostenibilidad de Ciclo de Vida (ASCV) de viviendas, automatizada e integrada en BIM, en los procedimientos de contratación de Vivienda de la Junta de Andalucía. Así, se podría identificar y tener la oportunidad de seleccionar aquellos proyectos de mayor sostenibilidad que liciten, es decir, los de menor coste ambiental, social y económico durante su ciclo de vida. La Figura 01, esquematiza el Modelo de implementación del ASCV-BIM propuesto por Eva-BIM.

## 2. LA UTILIDAD DEL ASCV Y DEL BIM EN LA COMPRA PÚBLICA DE VIVIENDAS SOSTENIBLES

La estrategia Europa 2020 (Comisión Europea, 2010) convirtió la contratación pública, en una herramienta estratégica para abordar los desafíos sociales, impulsar la innovación y mejorar la sostenibilidad ambiental. En esta línea la Directiva 2014/24/UE (Parlamento Europeo, 2014) puso a disposición de las Administraciones Públicas un instrumento que les permitiera superar la limitación del precio inicial de compra, de manera que pudieran así tener en cuenta el impacto total del producto a lo largo de su ciclo de vida completo, incluido el uso, el mantenimiento y el final de la vida útil, internalizando así las externalidades ambientales y sociales. Sin embargo, algunas barreras, como la inexistencia de una definición precisa de la sostenibilidad, el enfoque cortoplacista e incuantificable de la sostenibilidad y el déficit de conocimiento especializado y de recursos internos insuficientes, impiden la evolución de las Administraciones hacia el actual marco de licitación que tiene en cuenta criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica en la compra pública. Y es que, de acuerdo con un reciente estudio de compra pública sostenible en el sector de la construcción en el que se analizan estas barreras (Oficemen y Roland Berger, 2021), resulta necesaria una metodología consistente para evaluar el coste económico, ambiental y social del ciclo de vida de cada proyecto más allá de las certificaciones básicas.

En este sentido, la metodología de ASCV se postula como el método más consistente, ya que está basada en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (ISO, 2006a, 2006b) considerado como el método cuantitativo más objetivo para evaluar el coste del ciclo de vida de los edificios (Klöpffer, 2008), si bien es el método de mayor complejidad (Zabalza Bribíán et al., 2009). El ASCV combina tres métodos: el ACV (ambiental), el ACV Económico o Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV) y el ACV Social (ACV-S) (Klöpffer, 2008). Este se fundamenta en lo que se denomina Evaluación de la Sostenibilidad basada en la triple dimensión o Triple Bottom Line Sustainability Assessment en inglés (TBL). En el campo de las certificaciones ambientales de edificios las metodologías de ACV y ACCV ya están siendo incorporadas como parte de los procesos de evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios (GBCe, s.f.; Comisión Europea, s.f.; DGNB, 2019), sin embargo, la evaluación de la dimensión social siguiendo el ACV-S aún no ha sido integrada en este tipo de procesos (Somanath et al., 2020).

Por otro lado, uno de los objetivos de la nueva Ley de Contratos del Sector Público (Ley 9/2017), es la incorporación de innovaciones tecnológicas, sociales o ambientales que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de los bienes, obras o servicios que se contraten, pudiendo ser el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) exigible en las licitaciones públicas en España (Parlamento Europeo, 2014). Sin duda la implementación del BIM ha supuesto una revolución tecnológica en el sector de la construcción vinculado a la Administración Pública, sobre el que la comunidad científica ha puesto de manifiesto su utilidad para la mejora de la sostenibilidad de los edificios. Más aún el BIM se considera

una metodología idónea para integrar el ASCV dada su gran capacidad para gestionar la gran cantidad de datos del ciclo de vida de los edificios, facilitando la evaluación en la práctica profesional. Sin embargo, para que su implantación en el sector de la edificación sea efectiva son necesarios instrumentos adaptados a cada contexto, e integrados en los propios procedimientos de contratación de obra de la Administración Pública, como ya está desarrollando en otros contextos (Mobiglia et al., 2019 et al., 2019; Barbini et al., 2020).

### 3. IMPLEMENTANDO LA HERRAMIENTA ASCV-BIM EN UNA LICITACIÓN PÚBLICA

La herramienta desarrollada para la aplicación del ASCV se basa en los fundamentos metodológicos llevados a cabo por este equipo en proyectos de investigación (Llatas et al., 2017; Llatas et al., 2021), habiéndose validado a través de publicaciones científicas (Llatas et al., 2019, 2020; Llatas et al., 2022; Soust-Verdaguer et al., 2021). Tanto la base de datos TBL (ambiental+ económica+social) (Universidad de Sevilla, 2022a) que soporta la herramienta como la herramienta de evaluación ASCV-BIM (Universidad de Sevilla, 2022b) se adaptaron en el marco de un procedimiento de licitación en BIM de vivienda pública promovido por la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA). Se trata de un proyecto de rehabilitación energética de un edificio de 36 Viviendas de Promoción Pública (VPP) de 2686 m<sup>2</sup> (AVRA, 2020), ubicado en el núcleo Guadalquivir, de la localidad de Camas, en Sevilla (Figura 02). La información que se incluyó en el modelo BIM del edificio se clasificó teniendo en cuenta el concepto del LOIN (EN, 2021), en el que se reconoce, entre otras, la información geométrica y la información alfanumérica de los objetos que componen un modelo BIM.

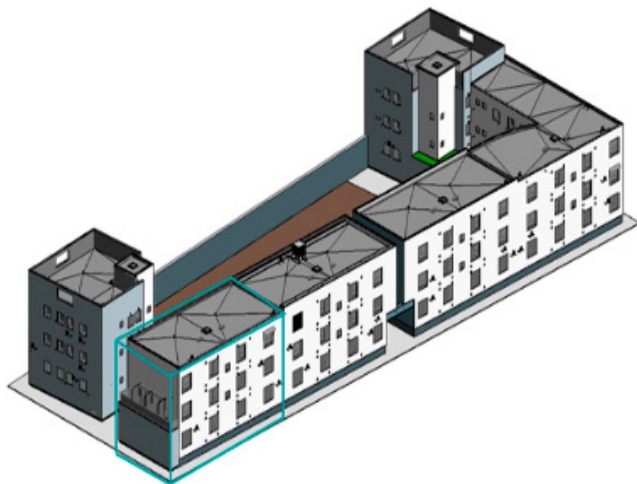


Figura 02. Captura de imagen del modelo BIM objeto de licitación. Fuente: elaboración propia.

Para ello se simularon tres proyectos de rehabilitación energética alternativos, como muestra la Figura 03: (1) un proyecto de rehabilitación energética por el exterior mediante SATE (Sistema de aislamiento térmico por el exterior), (2) un proyecto de rehabilitación energética por el exterior mediante fachada ventilada y (3) un proyecto de rehabilitación energética por el interior.

Para comparar las soluciones constructivas alternativas se aplicó la hipótesis de carga cero (Ekyal et al., 2007), mediante la cual solo se tienen en cuenta en el ACV de una rehabilitación el impacto de los nuevos elementos incorporados. De tal modo que se obvia el impacto de las soluciones constructivas ya existentes en el edificio, ya que es igual en todos los proyectos comparados. En este caso la fachada original está formada por una hoja exterior de medio pie de ladrillo hueco doble (LHD) revestida con mortero de cemento, cámara de aire sin ventilar, y trasdosado de tabicón de LHD de 7 cm de espesor revestido con guarnecido de pasta de yeso.

A estos tres tipos de proyecto de rehabilitación de fachada base se les introdujo otra variante: el tipo de aislamiento térmico empleado. De tal modo que se tuvieron en cuenta soluciones con aislamiento térmico de lana mineral (LM) y soluciones de aislamiento térmico con poliestireno expandido (EPS). Asimismo, para las carpinterías se consideraron distintos tipos de materiales: PVC, aluminio y madera. En todas ellas se incorporaron vidrios formados por una Unidad de Vidrio Aislante (UVA) de similares características para dar cumplimiento a las exigencias de limitación de la demanda energética (CTE DB-HE) y de aislamiento acústico (CTE DB-HR), con lo cual, aplicando la hipótesis de carga cero (Ekyall et al., 2007), el coste de estos elementos también se obvió en el cálculo. En total se analizaron dieciocho proyectos con soluciones constructivas alternativas en base a los siguientes parámetros: (i) tres tipos de rehabilitación energética de fachada (SATE, Ventilada, aislamiento por el interior), (ii) dos tipos de aislamiento (EPS, LM) y (iii) tres tipos de carpintería (PVC, aluminio, madera) (ver Figura 03). Todas las soluciones se evaluaron con la misma unidad funcional, de tal modo que se tuvo en cuenta en todas ellas soluciones de aislamiento térmico y carpinterías diseñados en base a los mínimos requisitos normativos (Gobierno de España, 2006) atendiendo a la limitación de la demanda energética en la zona climática del edificio, CTE DB-HE, (CTE, 2022), en este caso, zona climática B4. Además, las fachadas ventiladas de EPS contaron con una protección frente al fuego de aislamiento térmico para dar cumplimiento a la seguridad en caso de incendio en base al CTE DB-SI. Todas las soluciones de fachada cumplieron exigencias de protección frente a la humedad (CTE DB-HS) y de aislamiento acústico (CTE DB-HR).

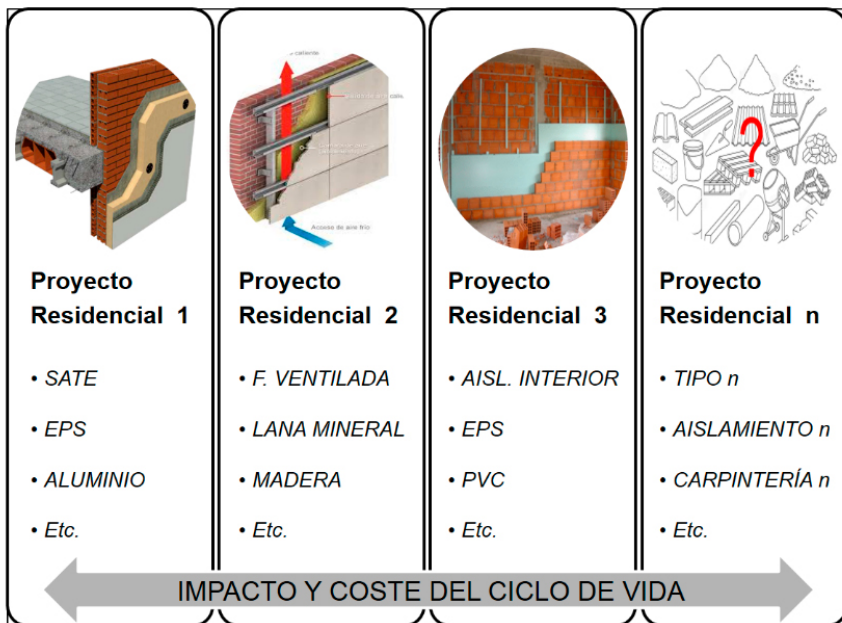


Figura 03. Características constructivas de proyectos residenciales alternativos evaluados. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se llevó a cabo la evaluación en la herramienta. Para ello, el alcance de la evaluación abarcó los siguientes aspectos, teniendo en cuenta la definición del ASCV aplicado a la fase de diseño de los edificios (Llatas et al., 2020):

1. La definición de elementos que se incluyeron en la evaluación. La evaluación del edificio se basó en el sistema envolvente, e incluyó las clases de los elementos IFC detallados en la Tabla 01.

Sistema envolvente	Clase IFC Building Element
Muros	IfcWall
Ventanas	IfcWindow
Puertas	IfcDoor
Cubierta	IfcRoof

Tabla 01. Elementos del edificio incluidos en la evaluación. Fuente: elaboración propia.

2. La definición de las fases del ciclo de vida del edificio que se incluyeron en la evaluación. La evaluación se basó en las fases y módulos de información de la Norma ISO 21931-1 (ISO, 2022), mostrados en la Tabla 02.

Módulos de información para la evaluación de la Sostenibilidad de los Edificios																		
		A0	A1A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Ambiental ACV	I		X		X		X	X	X					X				
	0																	
Económico ACV	I		X		X		X	X	X					X				
	0																	
Ambiental ACV	I				X		X	X	X					X				
	0																	

A0: Terreno y tasas/asesoramiento asociados; A1: Suministro de materias primas; A2: Transporte y todo el proceso anterior desde la cuna hasta la puerta; A3: Fabricación de productos; A4: Transporte hasta el emplazamiento; A5: Construcción del edificio; B1: Uso; B2: Mantenimiento; B3: Reparación; B4: Sustitución; B5: Rehabilitación; B6 a B8: Uso de recursos energéticos, uso de recursos materiales, uso de agua y actividades de los usuarios de edificios no cubiertas en B1-B7; C1: Deconstrucción/Demolición; C2: Tratamiento de residuos de transporte o eliminación; C3: Tratamiento de residuos; C4: Eliminación; D: Beneficios netos potenciales de la reutilización, el reciclado y/o la recuperación de energía, más allá de los límites del sistema. Fuente: ISO 21931-1 (ISO, 2022).

Tabla 02. Módulos de información incluidos en base a la norma ISO 21931-1 (ISO, 2022). Fuente: elaboración propia.

Bajo estas premisas se llevó a cabo la evaluación de cada proyecto en el *software* desarrollado (ver Figura 4). Este *software* es un *plug-in* cien por cien automatizado en el propio *software* BIM (Revit) (Autodesk, 2021), con lo cual facilita su aplicación en fases tempranas del proyecto para la toma de decisiones. El *software* incluye una biblioteca de BIM-objects, en base a la cual el técnico proyectista selecciona las soluciones constructivas a incorporar en el proyecto (materiales, técnicas constructivas). Una de las ventajas es que el modelo BIM no necesita un alto nivel de desarrollo, con un LOD 200-300 es suficiente. La herramienta automáticamente cuantifica los impactos totales y por elementos constructivos, incluyendo una categoría de impacto por dimensión (ambiental, social, económica). Para cada uno de los dieciocho proyectos residenciales se obtuvo el impacto, visualizándose mediante gráficos en la pantalla del proyecto, su coste ambiental (gráficos en verde), coste económico (gráficos en azul) y coste social (gráficos en naranja), en cada uno de los módulos del ciclo de vida, pudiéndose elaborar un *ranking* de los proyectos evaluados de menor a mayor coste. La tabla 03 resume estos impactos, para las soluciones constructivas más características evaluadas.

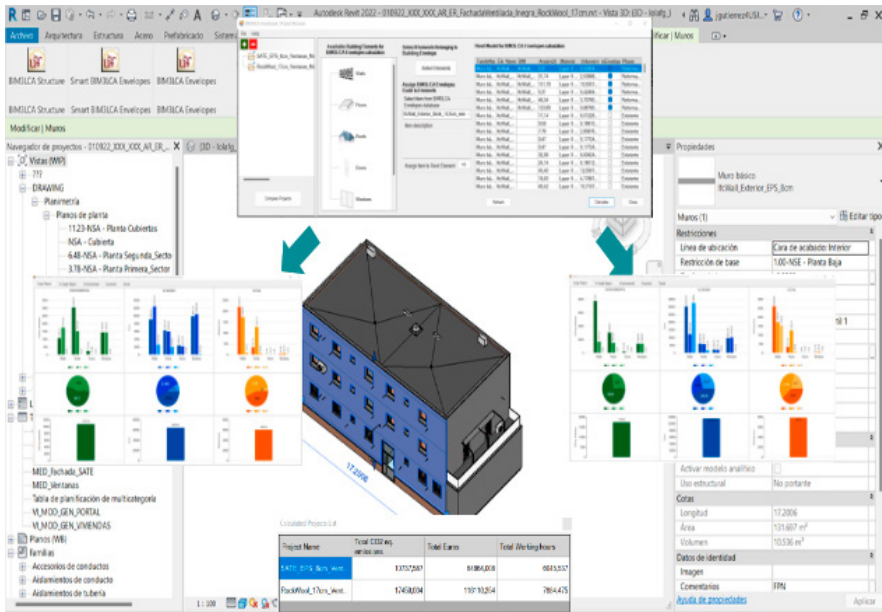


Figura 3. Características constructivas de proyectos residenciales alternativos evaluados. Fuente: elaboración propia.

Solución constructiva	Impacto ambiental kg. CO2 eq.	Impacto económico €	Impacto social h de trabajo
SATE, EPS	6.61	56.48	9.45
SATE, LM	9.99	56.10	9.45
Ventilada, EPS	21.76	186.83	13.95
Ventilada, LM	22.12	175.16	13.69
Aisl. Interior, EPS	7.90	117.59	11.08
Aisl. Interior, LM	10.79	117.27	11.08
Carpintería de madera	13.35	106.24	9.84
Carpintería de aluminio	14.08	140.24	9.82
Carpintería de PVC	15.58	157.07	9.83

Tabla 03. Impactos incorporados (módulos A1-A3, A5, B2-B4, C1) obtenidos en cada tipo de solución constructiva por m2 de edificio. Lana Mineral (LM), Poliestireno expandido (EPS). Fuente: elaboración propia.



De todo ello se desprende la responsabilidad de los técnicos proyectistas en la reducción de los impactos y costes generados a lo largo del ciclo de vida de los edificios, y de la Administración en la selección de proyectos de menor coste e impacto. En los proyectos evaluados, entre la solución de menor coste (Fachada SATE, EPS, carpintería de madera) y la solución de mayor coste (Fachada ventilada, EPS, carpintería de PVC) existe una reducción de emisiones del 47% (18 kg CO<sub>2</sub> eq. /m<sup>2</sup>) y una reducción del coste económico de 51% (169 €/m<sup>2</sup>). En cuanto a la mano de obra, este es un indicador que la literatura científica, dependiendo de cómo se le asocie con otros datos (Benoit y Mazijn, 2020), lo considera beneficioso para el contexto local si lo que se mide es la mano de obra local que asume una tarea. Sin embargo, otros estudios lo consideran menos beneficioso si el número de horas empleadas en una tarea es muy elevado (Dong y Ng, 2016), ya que puede significar una menor calidad en la construcción requiriendo un tiempo extra debido a errores en la ejecución, por ejemplo, o incluso puede suponer un mayor riesgo en la seguridad laboral de los trabajadores o su explotación laboral. En el caso de estudio, la solución considerada óptima ambiental y económicamente hubiera supuesto un 18% menos de número de horas (4 h/m<sup>2</sup>) frente a la peor solución desde el punto de vista ambiental y económico. No obstante, estas variables deben ser tenidas en cuenta junto con otras exigencias del proyecto. Por ejemplo, en el caso de edificios con fachadas protegidas en los que la rehabilitación de la fachada por el exterior sea inviable, o las mejores condiciones de ventilación lograda por la fachada ventilada con respecto a una fachada no ventilada.

#### 4. CONCLUSIONES

Con todo ello se concluye la importancia de implementar herramientas digitales que sirvan de apoyo a la compra y contratación de los edificios más sostenibles licitados en contrataciones de Obra Pública. Los pliegos resultan un instrumento útil para incluir cláusulas que tengan en cuenta indicadores ambientales, económicos y sociales en todas las fases del ciclo de vida de los edificios. Asimismo, se constata la necesidad de un plan de formación integral de todos los agentes intervinientes en el sector de la construcción en la metodología BIM. Todo ello contribuirá a una mayor digitalización, descarbonización y circularidad de los edificios construidos en el ámbito de la Administración Pública. Estas iniciativas podrán ser un referente en el ámbito de las promociones privadas, impulsando la transición hacia un sector AECO (Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operación) más sostenible en los próximos años.

## 5. REFERENCIAS

Agencia Internacional de la Energía. (2019). *Global Status Report for Buildings and Construction 2019*. <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>

Autodesk. (2021). *Revit: BIM software for designers, builders, and doers*. <https://www.autodesk.com/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

AVRA – Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía. (2020). *AVRA*. <https://www.juntadeandalucia.es/avra/opencms/areas/rehabilitacion-alquiler/noticias/2020/20200606-reha.html>

Barbini, A., Malacarne, G., Romagnoli, K., Massari, G. A. y Matt, D. T. (2020). Integration of life cycle data in a BIM object library to support green and digital public procurements. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(7), 983-990. <https://doi.org/10.18280/IJSDP.150702>

Benoît, C. y Mazijn, B. (Eds.) (2020). *UNEP. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations*. <https://www.unep.org/resources/report/guidelines-social-life-cycle-assessment-products>

Comisión Europea (2010). *Estrategia Europa 2020: la estrategia de la Unión Europea para el crecimiento y la ocupación*. <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/europe-2020-the-european-union-strategy-for-growth-and-employment.html>

Comisión Europea (2011). *COM(2011) 571 Final. Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0571>

Comisión Europea (2019). *Un Pacto Verde Europeo*. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)

Comisión Europea (2020). *Plan de Acción de Economía Circular*. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420)

Comisión Europea (s.f.). *Level(s)*. [https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en)

DGNB (2019). *Certificate for Sustainable and Green Building; DGNB GmbH: Stuttgart, Germany*. <https://blog.dgnb.de/en/dgnb-2019-projects-of-the-year/>

- Dong, Y. H. y Ng, S. T. (2016). A Modeling Framework to Evaluate Sustainability of Building Construction Based on LCSA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 555–568. <https://doi:10.1007/s11367-016-1044-6>
- Ekvall, T., Assefa, G., Björklund, A., Eriksson, O. y Finnveden, G. (2007). What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. *Waste Management*, 27(8), 989-996. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.015>
- European Committee for Standardization (2021). *Building Information Modelling - Level of Information Need - Part 1: Concepts and principles* (EN 17412-1:2021).
- Green Building Council España – GBCe (s.f.). *Herramienta VERDE*. <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC (2013). *Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Organización Internacional de Normalización (2006a). *Environmental management — Life Cycle Assessment – Principles and Framework* (ISO 14040:2006). <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- Organización Internacional de Normalización (2006b). *Environmental management — Life cycle assessment – Requirements and guidelines* (ISO 14044:2006). <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- Organización Internacional de Normalización (2022). *Sustainability in building construction -- Framework for methods of assessment of the environmental, economic and social performance of construction works – Part 1: Buildings* (ISO 21931-1:2022). <https://www.iso.org/standard/71183.html>
- Junta de Andalucía (2018). *La Agenda Urbana de Andalucía 2030*. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/urbanismo/sostenibilidad/paginas/agenda-urbana-pagina.html>
- Junta de Andalucía (2019). *Plan Vive en Andalucía, de vivienda, rehabilitación y regeneración urbana de Andalucía 2020-2030*. <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/vivienda-rehabilitacion/planes-instrumentos/paginas/plan-vive-principal.html>

Junta de Andalucía (2020). *Orden de 15 de octubre de 2020, por la que se realiza la convocatoria para 2020 para la concesión de subvenciones, en régimen de concurrencia competitiva, destinadas a Universidades Públicas Andaluzas para el desarrollo de proyectos de investigación en las materias de vivienda, rehabilitación y arquitectura.* <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2020/217/4>

Klöpffer, W. (2008). Life cycle sustainability assessment of products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 89-95. <https://doi.org/10.1065/lca2008.02.376>

Ley 3/2023, de 30 de marzo, de Economía Circular de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/67/1>

Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014.

Llatas, C., Montes, M. V., Cortés, I., Soust, B., Quiñones, R., Rojo, T., Espasandín, F. et al. (2017). *Elaboración de una herramienta unificada para la cuantificación y reducción del impacto ambiental, social y económico del ciclo de vida de los edificios en plataformas BIM* [Proyecto de Investigación, Universidad de Sevilla]. Ministerio de Economía y Competitividad. [https://investigacion.us.es/sisius/sis\\_proyecto.php?idproy=28472](https://investigacion.us.es/sisius/sis_proyecto.php?idproy=28472)

Llatas, C., Angulo, R., Bizcocho, N., Cortés, I., Falcón, R., Galeana, I., García, A., Gómez, J. C., López, S., Meda, P., Mercado Martínez, J. M., Montes, M. V., Periañez Cristobal, R., Quiñones, R., Rojo, T., Rubio Bellido, C., Ruiz Alfonsea, M. y Soust-Verdaguer, B. (2019). Towards a Life Cycle Sustainability Assessment method for the quantification and reduction of impacts of buildings life cycle. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 323(1), 1-11. <https://doi.org/DOI:10.1088/1755-1315/323/1/012107>

Llatas, C., Soust-Verdaguer, B., y Passer, A. (2020). Implementing Life Cycle Sustainability Assessment during design stages in Building Information Modelling: From systematic literature review to a methodological approach. *Building and Environment*, 182, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107164>

Llatas, C., Montes, M. V., Cortés, I., Soust, B., Quiñones, R., Rojo, T., Espasandín, F. et al. (2021). *ODISEA. Optimización para el Diseño Inteligente y Sostenible de Edificios en Andalucía* [Proyecto de Investigación, Universidad de Sevilla]. Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación 2020. [https://investigacion.us.es/sisius/sis\\_proyecto.php?idproy=33572](https://investigacion.us.es/sisius/sis_proyecto.php?idproy=33572)

LLatas, C., Soust-Verdaguer, B., Hollberg, A., Palumbo, E., y Quiñones, R. (2022). BIM-based LCSA application in the early design stages using IFC. *Automation in Construction*, 138, 1-14. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104259>

Meex, E., Hollberg, A., Knapen, E., Hildebrand, L., Verbeeck, G. (2018). Requirements for Applying LCA-Based Environmental Impact Assessment Tools in the Early Stages of Building Design. *Build. Environ.* 133, 228–236, doi:10.1016/j.buildenv.2018.02.016.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (s.f.). *Código Técnico de la Edificación*. <https://www.codigotecnico.org/>

Mobiglia, M., Cellina, F. y Castri, R. (2019). *Sustainability Assessment in Architectural Competitions in Switzerland*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 323(1), 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012115>

Naciones Unidas (2019). *The Sustainable Development Goals Report 2019*. <https://www.sdgindex.org/reports/sustainable-development-report-2019/>

Oficemen y Roland Berger (2021). *Compra pública sostenible en el sector de la construcción: Del concepto a la acción*. <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2021/07/Compra-p%C3%BAblica-sostenible-en-el-sector-de-la-construcci%C3%B3n.pdf>

Parlamento Europeo (2014). *Directiva 2014/24/UE de 26 de febrero de 2014 sobre contratación pública y por la que se deroga la Directiva 2004/18/CE*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>

Somanath, S., Hollberg, A., Beemsterboer, S. y Wallbaum, H. (2020). *The relation between social life cycle assessment and green building certification systems*. 7th Social LCA Conference. Copenhagen, Suecia. <https://www.fruitrop.com/en/media/Publications/Fruitrop-Thema/Social-LCA-volume-5-7th-SocSem#book>

Soust-Verdaguer, B., Bernardino, I., Llatas, C., Montes, M. V., Hoxha, E. y Passer, A. (2021). How to conduct consistent environmental, economic, and social assessment during the building design process. A BIM-based Life Cycle Sustainability Assessment method. *Journal of Building Engineering*, 45, 1-13. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103516>

Tschetwertak, J., Schneider, S., Hollberg, A., Donath, D. y Ruth, J. (2017). *A Matter of Sequence: Investigating the Impact of the Order of Design Decisions in Multi-Stage Design Processes*. 17Th Conference of CAAD Futures: Future Trajectories of Computations in Design. Estambul, Turquía. [http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2017\\_415.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2017_415.pdf)

Universidad de Sevilla (2022a). *Base de datos BIM-TBL: Building Information Modelling - Triple Bottom Line Sustainability Assessment database* [Proyecto de Investigación, Universidad de Sevilla].

Universidad de Sevilla (2022b). *BIM3LCA Envelope: herramienta unificada para la cuantificación y Reducción del Impacto Ambiental, Social y Económico del Ciclo de Vida de los Edificios debida a elementos constituyentes a la Envolvente de edificios* [Proyecto de Investigación, Universidad de Sevilla].

World Green Building Council (2015). *The Business Case for Green Building*. <https://www.usgbc.org/articles/business-case-green-building?elqTrackId=-48428afea0ac4595a4d199e23a4d808a&elqaid=54&elqat=2>

Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A. y Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>

# Combinando indicadores para la evaluación del impacto económico, ambiental y social del ciclo de vida de las viviendas sociales en Andalucía

## US.20-10. Universidad de Sevilla. Modelo holístico para la evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida de las viviendas sociales en Andalucía

**Investigadora principal:** Madelyn Marrero Meléndez.

**Equipo del proyecto:** Cristina Rivero Camacho M. Desirée Alba Rodríguez, Valeriano Lucas Ruiz, M. Rocío Ruiz Pérez, Jaime Solís Guzmán, M<sup>a</sup>. Rosa Domínguez Caballero, Juan Luis Barón Cano.

**Autores del capítulo:** Madelyn Marrero<sup>1</sup>, Cristina Rivero Camacho<sup>2</sup>, Alejandro Martínez Rocamora<sup>1</sup>, Desirée Alba Rodríguez<sup>1</sup>, Valeriano Lucas Ruiz<sup>1</sup>, Jaime Solís Guzmán<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Profesional libre. Sevilla, España.

### Resumen

Las edificaciones, aun siendo cada vez más eficientes, carecen en la actualidad de un análisis comparado desde una perspectiva holística. Es pertinente desarrollar metodologías que permitan evaluar las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, ambiental y social. Una gran parte del esfuerzo para aumentar la eficiencia del edificio se enfoca en su consumo directo de agua y energía, a través de sistemas más eficientes, pero queda excluida otra gran parte del consumo que se realiza de forma indirecta, a través de los procesos de producción de los materiales y del propio proceso de construcción. El modelo que se plantea en la presente propuesta, desde una perspectiva integradora, permite añadir al control económico, siempre presente en los proyectos, otros indicadores sociales y ambientales a lo largo del ciclo de vida del edificio.

En el desarrollo del modelo se emplean los presupuestos de los proyectos de edificación, sus sistemas de clasificación sistemática y codificación en los bancos de costes de la construcción, para la incorporación del impacto socioambiental. Se integran los indicadores de forma estandarizada y replicable en los componentes de los bancos: materiales, maquinaria y mano de obra. En esta investigación se emplea el Banco de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA, 2017), ampliamente utilizado en la región por más de 30 años. Su sistema de gestión y clasificación de las unidades de trabajo es flexible y adaptable, lo que permite incorporar nuevas unidades de obra acompañadas de indicadores para la generación de presupuestos ambientales y sociales, fácilmente comprensibles por los técnicos ya que los bancos de costes de la construcción son herramientas de uso generalizado en el sector.

La metodología se aproxima a un “presupuesto socioambiental”. La principal innovación consiste en una base de datos medioambiental y económica. Una vez creada la base de costes medioambientales, esta se ha convertido a formato de intercambio (.bc3), permitiendo la evaluación ambiental de cualquier proyecto que emplee en su redacción el BCCA. En la segunda parte se desarrolla el indicador social, a través de la evaluación de riesgos laborales del proyecto, partiendo también de la evaluación de las unidades de obra en el Banco, lo que permite tomar decisiones de forma estandarizada, añadiendo datos cualitativos y cuantitativos. El modelo se aplica a la construcción de una vivienda social en Andalucía; validando su versatilidad y permitiendo simular distintos escenarios.

## Palabras clave

Análisis de ciclo de vida; Familia de las huellas; Presupuestos de obra; Prevención de riesgos laborales.

## Línea temática

3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Indicadores ambientales

El sector de la construcción emite, de forma directa e indirecta, cerca del 39% de los gases de efecto invernadero (GEI) del mundo (ONU Medio Ambiente, 2018). Aunque tiene este enorme impacto, muchas de las decisiones de diseño están basadas en prejuicios que se consideran siempre ciertos, como “los productos reciclados y locales son siempre los mejores”, (Trusty y Horst, 2002), “la madera es mejor que el hormigón y el acero”, “la renovación siempre es preferible a la demolición y la reconstrucción” o “los impactos durante el uso son más intensos que los impactos incorporados en los materiales”(Marcella Ruschi et al., 2020). Para romper con estos, se deben plantear herramientas objetivas que permitan abordar la cuestión y poder predecir los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los edificios (CVE).

Para medir la interacción del edificio con el entorno e identificar las cargas en las etapas del CVE, se suele emplear el análisis del ciclo de vida (ACV) que tiene en cuenta todos los flujos intercambiados entre el producto/sistema analizado y el entorno (UNE-EN-ISO 14040:2006, 2006). El ACV proporciona una visión general del desempeño ambiental del



objeto en estudio y ayuda a desmitificar las percepciones fijas y sesgadas con respecto a los mecanismos ambientales. Se ha aplicado ampliamente en el sector de la construcción (Knoeri et al., 2013). Pero sigue siendo cierto que su aplicación es extremadamente complicada, y no posee una metodología exacta (Martínez-Rocamora et al., 2021).

Existen metodologías simplificadas que se basan en los datos de ACV para evaluar los proyectos. Las emisiones o huella de carbono (HC) y la energía incorporada (EI) se identifican como los indicadores más comúnmente evaluados (Bahramian y Yetilmezsoy, 2020). Pero otros indicadores destacan en la evaluación de edificios, como la huella ecológica (HE), y la huella hídrica (HH). Su éxito se debe, a que los resultados que producen son comprensibles por los miembros no científicos de la sociedad, y a su facilidad de aplicación en las políticas ambientales y la toma de decisiones (Bare et al., 2000), (Solís-Guzmán et al., 2014). Fang et al. (2014) señalan que ningún miembro de la familia de las huellas es capaz de capturar toda la complejidad del impacto por sí solo. Por lo tanto, se introduce el término familia de huellas, inicialmente utilizado por Giljum et al. (2011) y Stoeglener y Narodislawsky (2008). El término familia de huellas generalmente abarca las tres más estudiadas y analizadas, HC, HE y HH (Matuščík y Kočí, 2021), tratando de obtener información básica de cada una, y con especial énfasis en aspectos comparativos. Aunque es necesario avanzar en su estandarización, ya que la investigación que combina múltiples huellas es todavía muy limitada en contraste con los estudios de huella (Rivero-Camacho et al., 2023).

Otro aspecto importante en la evaluación ambiental del CVE radica en que cada proyecto de edificación es único en sus cantidades, tipos de materiales y procesos, lo que dificulta la extrapolación de los resultados. Es necesario definir metodologías normalizadas que permitan comparar los resultados y que puedan emplearse fácilmente en el sector de la construcción. En este sentido, el grupo de investigación ArDiTec ha definido una metodología basada en la larga tradición del control de costes en el sector (Freire-Guerrero et al., 2019), ya que el inventario de recursos, necesario en la evaluación ambiental, está incluido en el presupuesto de los proyectos. Por lo que el presupuesto original se utiliza para definir los trabajos presentes y futuros en el edificio, necesarios para mantenerlo en perfecto uso, y las actividades de fin de vida. Esto genera el inventario de recursos necesarios en cada etapa. Se realiza el estudio de caso de un proyecto de construcción de un bloque de vivienda social de 4 plantas en Andalucía, España. Se emplea para la evaluación la herramienta PREDICE compuesta por 7000 precios evaluados y desarrollada en la presente investigación, la cual, entrando los datos de la medición del proyecto calcula sus impactos. La metodología es sensible a las soluciones constructivas, materiales, uso de maquinaria y mano de obra. Con la herramienta se cubren las dimensiones económica y ambiental de la sostenibilidad. En la siguiente sección se introduce la evaluación de la tercera dimensión, la social, a través del análisis de los riesgos laborales en los proyectos. Esta evaluación también se realiza empleando las unidades de obra y su clasificación sistemática.

## 1.2. Indicadores sociales

Un importante indicador social de los proyectos de construcción son sus riesgos laborales ya que el sector se encuentra entre los de mayor siniestralidad de la Unión Europea (UE) con uno de cada cinco accidentes mortales en 2020. En particular, España tiene una de las tasas más altas de la UE, (Eurostat, s.f.). En España en 2021 el índice de incidencia (número de accidentes de trabajo con baja por cien mil trabajadores con cubierta de accidente en la seguridad social) ascendió a 6102 (CCOO, 2022), lo que triplica la media nacional (INSST, 2022).

Durante el período 1990-2000, se analizaron en España 1.630.452 accidentes sufridos por los trabajadores del sector de la construcción (Camino López et al., 2008). Siendo las principales fuentes de accidentes: andamios y escaleras, construcción de estructuras de edificios, medios de transporte, grúas o aparatos de elevación, y manipulación de sierras circulares. En cuanto a los materiales de construcción, la manipulación de las armaduras y los ladrillos se identificaron como los mayores generadores de accidentes. Un estudio similar en Estados Unidos encontró lesiones parecidas, agrupándolas entre mortales o no. Las lesiones fatales más representativas son: caídas; electrocución; asfixia y ahogamiento; y lesiones en la cabeza y el cuello. Mientras que las lesiones no mortales mayoritariamente ocurren en los dedos, manos y muñecas (Passmore et al., 2019). El tipo de lesiones parece no cambiar en el tiempo, este es el caso de Dinamarca, donde se analizaron más de veinte mil lesiones tratadas en el Hospital Universitario de Odense en un período de tres décadas (Lander et al., 2016).

También, la jerarquía de causas de accidentes se suele conocer. Por lo que, se deben registrar las cadenas causa-efecto de los procesos de accidentes, para proponer medidas, soluciones e intervenciones específicas a la hora de evitar o reducir los efectos de los accidentes (Swuste et al., 2012). Un estudio realizado en Corea (Ahn et al., 2022), agrupa las causas entre directas e indirectas. Las directas son la dificultad del trabajo, las características del edificio, la urgencia por terminar el proyecto y la respuesta insatisfactoria a situaciones imprevistas en el sitio de construcción. Las indirectas también son importantes, como la cultura de seguridad, la atmósfera, el liderazgo y las políticas de gestión.

Conociendo los tipos y causas de accidentes, se pueden definir dos estrategias para reducir los accidentes o su severidad, primero reducir los riesgos desde la prevención, y una vez ocurre el suceso reducir su impacto a través la protección (Hollnagel, 2008). En cuanto la prevención, Winge et al. (Winge et al., 2019) comprobaron la importancia de la gestión y la supervisión inmediata, lo que subraya la importancia de que los riesgos se aborden a diferentes niveles y por diferentes actores en los proyectos de construcción. Otros investigadores señalan el papel positivo que los promotores pueden desempeñar para garantizar que se observe la seguridad durante la construcción (Huang y Hinze, 2006). En esta línea de la prevención y protección se desarrolla la presente propuesta.

Se plantea una metodología para el control y definición de riesgos de forma sistematizada, vinculada al control económico y ambiental del proyecto. Concretamente, centrado en la fase de proyecto y/o planificación, se desarrolla un modelo que permite analizar los riesgos laborales en obras de edificación residencial. Analizando cada unidad de obra, se definen las medidas necesarias para minimizar riesgos. Se vuelve a estudiar el proyecto de vivienda social más representativo de bloque de cuatro plantas, al igual que se hizo ambientalmente. El modelo propuesto arroja resultados cualitativos y cuantitativos relativos a la previsión de riesgos de los proyectos.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Indicadores ambientales

La metodología para la evaluación del impacto ambiental tiene las siguientes etapas: 1) se establecen los límites del sistema y la duración de las etapas del CVE; 2) definición de procedimientos de cuantificación y aplicación de metodología de indicadores ambientales; 3) definición de los presupuestos de cada etapa del ciclo de vida; y 4) evaluación del estudio de caso. Los límites del sistema son los que vienen descritos en los precios básicos de los presupuestos, i.e., tierra excavada en perfil esponjado sobre camión, material con su transporte y descargado en obra, etc. En cuanto a los límites temporales se establece una vida útil de 100 años, como viene recogido en la legislación sobre valores hipotecarios (Miguel, 2011).

Los datos económicos son los recogidos en el Banco de Costes de la Construcción de Andalucía, BCCA (ACCD, 2017). Para los datos ambientales se emplea la formulación de Rivero-Camacho et al. junto con los datos de ACV del programa Simapro (PRé Sustainability, 2016). Los elementos básicos del BCCA se encuentran evaluados en término de los indicadores HE, HC, HH y EI, y sus RCD, en la herramienta desarrollada en la presente investigación, PREDICE, ver figura 01.

Presupuesto Económico y Ambiental		Resumen		Análisis				
<b>CAPÍTULOS</b>								
<b>CAPÍTULO 04 - SANEAMIENTO</b>								
Código	Unidad	Concepto	Cantidad	Coste (€)	HC (kg)	HE (kg)	HH (m3)	ECG (kg)
04ECHO004	m	COLECCIÓN INTERIOR, HORNO, DIÁM. 300 mm CON RECALZOS EN TIERRAS	100	5.415,00	5,87e+0	2,86e+0	7,40e+1	2,25e+3
04CC0013	v	CAZOLITA SIFÓNICA DE PVC CON REJILLA DE PVC	50	2.392,50	6,33e-1	2,93e-1	9,09e+1	9,05e+0
04EE0100	u	SUMIDERO SIFÓNICO HIERRO FUND. SAL. HORIZ. DIÁM. 146 mm	200	2.445,00	6,38e-2	5,95e-2	1,30e+0	2,40e-1
04ES0000	m	SUSTITUCIÓN DE COLECTOR ENTERRADO DE HORMIGÓN.	150	13.035,31	2,33e+0	1,23e+0	9,35e+2	5,34e+2
Total Capítulo 04 - SANEAMIENTO				<b>14.157,81 €</b>	<b>8,76e+0 kgC2</b>	<b>4,82e+0 kgE</b>	<b>1,11e+3 m3</b>	<b>3,80e+3 kg</b>
<b>CAPÍTULO 05 - ESTRUCTURAS</b>								
Código	Unidad	Concepto	Cantidad	Coste (€)	HC (kg)	HE (kg)	HH (m3)	ECG (kg)
05AC2003	kg	ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA	200	268,00	4,23e-1	1,93e-1	1,20e+1	1,92e-2
05HET005	m2	UNICOFARDO METÁLICO EN PLACAS PARA REVESTIR	36	1.987,50	4,30e-1	2,12e-1	1,35e+1	3,42e+0
Total Capítulo 05 - ESTRUCTURAS				<b>2.255,50 €</b>	<b>8,53e-1 kgC2</b>	<b>4,05e-1 kgE</b>	<b>2,56e+1 m3</b>	<b>3,44e+0 kg</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL</b>			<b>26.413,31 €</b>	<b>9,60e+0 kgC2</b>	<b>4,87e+0 kgE</b>	<b>1,13e+3 m3</b>	<b>2,80e+3 kg</b>	

Figura 01. Interfaz de la herramienta PREDICE donde se aprecian los capítulos del BCCA de saneamiento y estructuras con sus correspondientes precios unitarios, junto con los costes económicos y ambientales de cada recurso

## 2.2. Indicadores Sociales

La metodología empleada en la evaluación de los riesgos laborales de los proyectos es la siguiente:

1. Definir los contornos del problema: se circunscribe el estudio a las medidas de protección colectiva e individual y al acotamiento de espacios. Incluyendo el cumplimiento de la ley española (Ley Del 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE. Es - BOE-A-1995-24292, 1999), en cuanto a las actividades organizativas y ergonómicas necesarias para evitar o minimizar los riesgos. Debe tenerse en cuenta que los equipos de trabajo, en especial tanto máquinas, como herramientas, instalaciones provisionales o medios auxiliares deben cumplir lo establecido en el Real Decreto 1215 del año 1997 (RD\_2015/97, 1997).
2. Definir indicadores de riesgos. Se ha tomado como referencia para la evaluación de los riesgos de accidente el “Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente” publicado por el INSST en la Nota Técnica de prevención 330 (NTP-330, 1993) y para los riesgos ergonómicos el método de “Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural”, también denominado método REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hignett, 1996), publicada por el INSST en la NTP 601.

3. Definición de los procedimientos de trabajo asociados a las unidades de obra del proyecto.
4. Evaluación de los riesgos en los procedimientos, tanto de accidente como ergonómicos, combinados en un solo indicador.
5. Se aplica a un proyecto representativo. Se definen las características constructivas del edificio de referencia, su medición y el presupuesto. Para ello se emplean los sistemas de clasificación sistemática de las unidades de obra del BCCA.

Para el proyecto se realizan (ver figura 02): a) identificación de los oficios y procedimientos de trabajo, b) definición de cada procedimiento de trabajo, c) identificación y evaluación de los riesgos, d) adopción de medidas preventivas, e) valoración económica de las medidas preventivas, f) evaluación de los riesgos en la nueva situación mejorada, y se calculan los indicadores del nivel de riesgo, y g) determinación del coste económico de las medidas para reducción de riesgos.

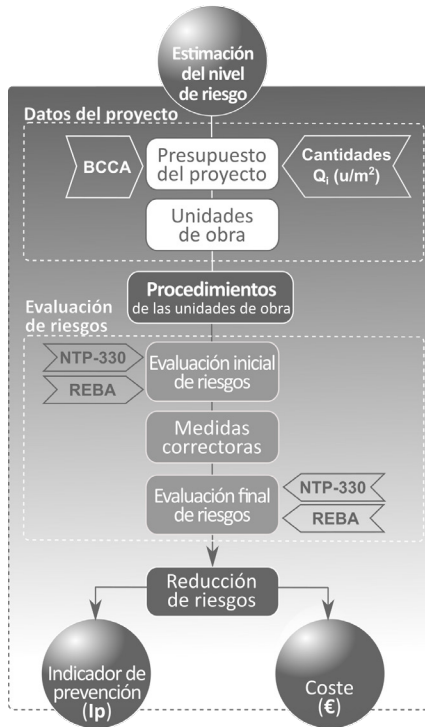


Figura 02. Metodología para la evaluación del nivel de riesgos laborales en el proyecto a través de la evaluación de las unidades de obra en el presupuesto.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Indicadores ambientales

Se elige el caso de estudio de la construcción de un bloque de viviendas representativo de las tipologías más construidas en España entre 2006 y 2010 (González-Vallejo et al., 2015). La construcción de viviendas en ese periodo representa el 85% de todas las nuevas construcciones y los edificios multifamiliares de cuatro plantas el 32%. Se evalúa un proyecto real de viviendas sociales en 2 bloques de 4 plantas (baja+3), uno de ellos de 57 viviendas de 88,81 m<sup>2</sup> y otro de 50 de 89,24 m<sup>2</sup>. La estructura es de hormigón armado y cimentación de losa armada. La superficie construida total del proyecto es de 9.524,17m<sup>2</sup>, sumando en total 107 viviendas y una superficie urbanizada de 7.123,8 m<sup>2</sup>. El CVE aplicado se ha diseñado a partir de los límites establecidos según UNE-EN 15978 (UNE-EN 15978, 2012).

El proyecto seleccionado, inicia su etapa de urbanización y construcción en los años 2008-2009, estableciéndose el inicio de la etapa de uso en 2010. Llegado el año 100 de la vida del edificio, y considerando que el edificio no cumple con las condiciones de habitabilidad, se procede a ejecutar el proyecto de demolición del edificio. Las obras de construcción realizadas en cada etapa del ciclo de vida son: a) urbanización: obras de carreteras, alcantarillado e instalaciones, servicios públicos, etc.; b) construcción: la construcción del edificio; c) renovación a 20 años: renovación de las instalaciones de climatización y generación de ACS; d) renovación a 40 años: reequipamiento energético de la cubierta y de las fachadas (incluidas las ventanas), incluido sus aislamientos, renovación de las instalaciones de climatización, ACS, núcleos húmedos, suelos, puertas y renovación de ascensores; y e) renovación a 70 años: reparaciones estructurales, fisuras y grietas, y reemplazo de todas las instalaciones: electricidad, agua y saneamiento; f) demolición: demolición completa del edificio.

Siguiendo la estructura de los capítulos definida en el BCCA, se pueden seleccionar los precios de cada partida de obra en la herramienta PREDICE para obtener el presupuesto en su CVE. La herramienta calcula las huellas y los RCD de cada unidad de obra y destaca en los resultados las cinco unidades de obra que controlan cada huella del proyecto, y se aprecia como varían estos focos en función del indicador.

La etapa de construcción representa en todos los indicadores cerca de un 40% del impacto total del ciclo de vida, y los trabajos a los 70 años un 28%. Por lo que estas dos etapas controlan el impacto total. Los resultados son similares a los de otros trabajos publicados por el grupo ArDiTec, (Rivero-Camacho y Marrero, 2022). Los mayores impactos ambientales se producen en la etapa de construcción, donde EI es 5,1 GJ/m<sup>2</sup>, HE es 0,20 hag/m<sup>2</sup>, HC es 371,08 kgCO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> y HH es 9,15 m<sup>3</sup>agua/m<sup>2</sup>. Para el total del CVE, las huellas son 294,69 GJ/m<sup>2</sup>, 0,85 hag/m<sup>2</sup>, 1.485,3 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> y 247,46 m<sup>3</sup>agua/m<sup>2</sup>, respectivamente (incluyendo impactos directos (consumo de agua y energía en el edificio) e indirectos (calculados en PREDICE)).

### 3.2. Indicadores sociales

Para evaluar los riesgos laborales también se emplea la misma tipología constructiva que en el caso del impacto ambiental, la construcción de una vivienda social en bloque de cuatro plantas. En la tabla 01, se representan los costes por metro cuadrado construido de los capítulos del presupuesto y la reducción en el indicador de riesgo. Se obtiene que es posible reducir el nivel de riesgo del proyecto un 65%. El capítulo de Instalaciones destaca con la mayor reducción, 75%, seguido por Albañilería y Cubierta con un 69%. Esto se debe a que son los capítulos que presentan un mayor riesgo de caída en altura. Los riesgos más importantes del proyecto analizado coinciden con los encontrados por Camino-López et al. (2008), donde los andamios, escaleras y grúas, elementos utilizados en la construcción de estructuras, albañilería y revestimientos, son la causa de la mayoría de los accidentes.

Capítulos	Costes		Indicador de riesgo		Coste reducción del riesgo
	Inicial	Corregido	Inicial	Corregido	
02. Movimiento de tierras	0.53 €	0.86 €	0,0240	0.0080	0,03 €
03. Cimentación	11,57 €	12.48 €	0,0784	0.0304	0,03 €
04. Saneamiento	7,89 €	8.60 €	0,0656	0.0416	0,05 €
05. Estructuras	83,02 €	96.06 €	0,4960	0.1264	0,06 €
06. Albañilería	71,43 €	72.88 €	0,0720	0.0224	0,05 €
07. Cubiertas	20,59 €	21.34 €	0,2192	0.0688	0,01 €
08. Instalaciones	59,46 €	60.55 €	0,7408	0.2528	0,00 €
09. Aislamientos	27,78 €	28.01 €	0,0800	0.0368	0,01 €
10. Revestimientos	105,86 €	107.25 €	0,3792	0.1584	0,01 €
Total	388.14 €	408.02 €	2.1552	0.7456	0,24 €
<b>INCREMENTO DEL COSTE / DISMINUCIÓN DEL RIESGO</b>					
Incremento coste	19.89 €	5,12%	Disminución riesgo	1,4096	65,40%

Tabla 01. Costes por m2 de la reducción del riesgo por capítulos.

A nivel de precios unitarios, 05FUA00005, la ejecución de forjado con viguetas auto resistentes consigue una reducción del 80%. Y dentro de este unitario, son los procedimientos PrAl05FUA002, albañil durante la colocación de viguetas y bovedillas, y prFe05FUA003, ferrallista durante la colocación de las armaduras los que controlan los riesgos.

A nivel cualitativo el modelo propuesto permite analizar en fase de proyecto los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en función de su propio oficio, y a la vez, es posible obtener la valoración cuantitativa a través del indicador desarrollado. Además, se puede comprobar si las medidas de protección incluidas en el presupuesto corresponden con los riesgos de sus unidades de obra.

#### 4. CONCLUSIONES

En la primera etapa de la investigación se ha podido demostrar que es posible vincular la evaluación ambiental a la económica de los proyectos. Esto ha sido posible a través del Banco de Costes de la Construcción de Andalucía. Se han definido a cada precio básico, auxiliar y unitario sus impactos ambientales, tales como la huella ecológica, de carbono, hídrica y energía incorporada, además del cálculo de residuos de construcción y demolición. Todos los elementos están definidos dentro del formato de intercambio .bc3 y se ha desarrollado la herramienta PREDICE que analiza proyectos completos de cada etapa del ciclo de vida. Esto permite un análisis por capítulos del presupuesto y sus unidades de obra e identificar las unidades que controlan cada impacto. Las principales limitaciones del trabajo se deben a la base de costes utilizada, ya que es regional. Este aspecto puede mejorarse añadiendo nuevas unidades de obra de otros países. La metodología propuesta, en desarrollos futuros, abordará la implementación en Building Information Modelling.

En la segunda etapa, sobre el impacto social de los proyectos, el modelo propuesto permite analizar cualitativa y cuantitativamente la prevención de riesgos laborales en fase de proyecto, partiendo también, como en la evaluación ambiental, de los datos recogidos en el presupuesto de obra que sigue la estructura de la clasificación sistemática del Banco de Costes de la Construcción de Andalucía. Se definen para cada unidad de obra procedimientos de trabajo que van acompañados de su valoración de riesgos, y definición de medidas necesarias para minimizarlos. A nivel cualitativo, podemos concluir que el modelo permite analizar en fase de proyecto los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en función de su propio oficio, y a la vez, es posible obtener la valoración cuantitativa del riesgo inherente a la definición de las unidades de obra. Además, se puede comprobar si las medidas de protección incorporadas en los presupuestos corresponden a los riesgos de sus unidades de obra. La base de datos de procedimientos, riesgos y medidas puede ir creciendo de forma estructurada con la evaluación de nuevos proyectos. En futuras líneas de investigación se creará una base de datos de procedimientos de trabajo por oficio que incluya todas las unidades de obra del Banco por lo que ninguna actividad definida en el presupuesto quede



sin ser evaluada en términos de riesgos. Esta base de datos también puede complementarse con procedimientos para diferentes tipos de edificaciones.

## 5. REFERENCIAS

Ahn, H., Son, S., Park, K. y Kim, S. (2022). Cost assessment model for sustainable health and safety management of high-rise residential buildings in Korea. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 21(3), 689-700. <https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1902334>

Asociación Española de Normalización – UNE (2006). *Environmental Management: Life Cycle Assessment; Principles and Framework* (UNE-EN ISO 14040:2006).

Asociación Española de Normalización – UNE (2012). *Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation Method* (UNE-EN 15978).

Bahramian, M. y Yetilmesoy, K. (2020). Life cycle assessment of the building industry: An overview of two decades of research (1995-2018). *Energy and Buildings*, 219, 1-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109917>

Bare, J. C., Hofstetter, P., Pennington, D. W. y de Haes, H. A. U. (2000). Midpoints versus endpoints: The sacrifices and benefits. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5, 319-326. <https://doi.org/10.1007/BF02978665>

Camino López, M. A., Ritzel, D. O., Fontaneda, I. y González Alcantara, O. J. (2008). Construction industry accidents in Spain. *Journal of Safety Research*, 39(5), 497-507. <https://doi.org/10.1016/J.JSR.2008.07.006>

CCOO(2022). *Análisis de las estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en España en 2021*. <https://ccoo.es/c3350d37087247715c0685edd807c211000001.pdf>

Eurostat (s.f.). *At-risk-of-poverty thresholds - EU-SILC survey*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC\\_LI01/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ILC_LI01/default/table?lang=en)

Fang, K., Heijungs, R. y de Snoo, G. R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36, 508-518. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.08.017>

Freire-Guerrero, A., Alba-Rodríguez, M. D. y Marrero, M. (2019). A budget for the ecological footprint of buildings is possible: A case study using the dwelling construction cost database of Andalusia. *Sustainable Cities and Society*, 51, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101737>

Giljum, S., Burger, E., Hinterberger, F., Lutter, S. y Bruckner, M. (2011). A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 300-308. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.009>

Hignett, S. (1996). Postural analysis of nursing work. *Applied Ergonomics*, 27(3), 171-176. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(96\)00005-1](https://doi.org/10.1016/0003-6870(96)00005-1)

Hollnagel, E. (2008). Risk+barriers=safety? *Safety Science*, 46(2), 221-229. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.028>

Huang, X. y Hinze, J. (2006). Owner's Role in Construction Safety. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(2), 164-173. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:2\(174\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:2(174))

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSST (2022). *Observatorio Condiciones de Trabajo Prevención de Riesgos Laborales*. <https://www.insst.es/el-observatorio>

Junta de Andalucía (2017). *Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA) 19 julio 2017. Banco de precios*. <https://juntadeandalucia.es/organismos/fomentoarticulaciondelterritorioyvivienda/areas/vivienda-rehabilitacion/planes-instrumentos/paginas/bcca-sept-2017.html>

Knoeri, C., Sanyé-Mengual, E. H. J. A. y Althaus H.J. (2013). Comparative LCA of recycled and conventional concrete for structural applications. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 909-918. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0544-2>

Lander, F., Nielsen, K. J. y Lauritsen, J. (2016). Work injury trends during the last three decades in the construction industry. *Safety Science*, 85, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.10.013>

Ley del 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE-A-1995-24292, «BOE» núm. 269, de 10/11/1995., Jefatura del Estado (1999).

Marcella Ruschi, S., Silva, V., Loche, I., Pulgrossi, L., Franceschini, P., Rodrigues, L., Pimenta, R., Neves, L. y Kowaltowski, D. (2020). Operational and embodied impact assessment as retrofit decision-making support in a changing climate. En *11th Windsor Conference on Thermal Comfort* (pp. 936-948). <https://www.researchgate.net/publication/341194240> Operational and embodied impact assessment as retrofit decision-making support in a changing climate

Martínez-Rocamora, A., Rivera-Gómez, C., Galán-Marín, C. y Marrero, M. (2021). Environmental benchmarking of building typologies through BIM-based combinatorial case studies. *Automation in Construction*, 132, 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103980>

Matušík, J. y Kočí, V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124833>

Miguel, C. M. G. (2011). Real Decreto 1492/2011, de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de valoraciones de la Ley de Suelo (BOE núm. 270, de 9 de noviembre). *Actualidad Jurídica Ambiental*, (8), 17-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5482476>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1993). NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

ONU Medio Ambiente (Septiembre de 2018). *ONU Medio Ambiente, IEA Alianza Global para Edificios y Construcción Informe de estado global 2018*. [http://www.Ren21.Net/Wp-Content/Uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_final\\_.pdf](http://www.Ren21.Net/Wp-Content/Uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf)

Passmore, D., Chae, C., Borkovskaya, V., Baker, R. y Yim, J.-H. (2019). Severity of U.S. Construction Worker Injuries, 2015-2017. *E3S Web of Conferences*, 97, 1-10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706038>

PRé Sustainability. (2016). *SimaPro 8* (No. 8).

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE-A-1997-17824 <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-17824>

Rivero-Camacho, C. y Marrero, M. (2022). Water Footprint of the Life Cycle of Buildings: Case Study in Andalusia, Spain. En J. Ren (ed.), *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems* (pp. 135-165). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76441-8_7)

Rivero-Camacho, C., Martín-del-Río, J. J. y Marrero-Meléndez, M. (2023a). Evolution of the life cycle of residential buildings in Andalusia: Economic and environmental evaluation of their direct and indirect impacts. *Sustainable Cities and Society*, 93, 104507. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104507>

Solís-Guzmán, J., Martínez-Rocamora, A. y Marrero, M. (2014). Methodology for determining the carbon footprint of the construction of residential buildings. En *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors* (pp. 49–83). Springer.

Stoeglehner, G. y Narodslawsky, M. (2008). Implementing ecological footprinting in decision-making processes. *Land Use Policy*, 25(3), 421-431. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.10.002>

Swuste, P., Frijters, A. C. P. y Guldenmund, F. (2012). Is it possible to influence safety in the building sector? A literature review extending from 1980 until the present. *Safety Science*, 50(5), 1333-1343. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.036>

Trusty W. y Horst S. (2002). *Integrating LCA tools into green building classification systems*. (Building G). <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB2759.pdf>

Winge, S., Albrechtsen, E. y Mostue, B. A. (2019). Causal factors and connections in construction accidents. *Safety Science*, 112, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.015>

# Geopolímeros de residuos con propiedades acústicas, térmicas, biocidas y autolimpiantes para revestimiento de fachada

**US.20-14. Universidad de Sevilla. Geopolímeros de residuos con propiedades acústicas, térmicas, biocidas y autolimpiantes para revestimiento de fachada**

**Investigador principal:** Constantino Fernández Pereira.

**Equipo del proyecto:** Yolanda Luna Galiano, Carlos Leiva Fernández, Rosario Villegas Sánchez, Fátima Arroyo Torralvo, Luis Vilches Arenas.

**Autores del proyecto:** Yolanda Luna Galiano<sup>1</sup>, Constantino Fernández Pereira<sup>1</sup>, Carlos Leiva<sup>1</sup>, Rosario Villegas<sup>1</sup>, Fátima Arroyo<sup>1</sup> y Luis Vilches<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad de Sevilla.

## Resumen

La estrategia Europa 2020 pretende convertir a la UE en una Economía Circular basada en una sociedad del reciclado. Con esta óptica y atendiendo a los planteamientos más recientes de la UE (El Pacto Verde 2021), hay que tener en cuenta que, en España según los últimos datos, se reciclaron solo un 37 % de los residuos generados, lo que significa que estamos desaprovechando gran parte de los recursos, en un contexto en el que las materias primas cada vez son más escasas y caras. En base a esto se enmarca el objetivo de este proyecto, que consiste en el desarrollo de nuevos materiales (geopolímeros) basados en residuos/subproductos industriales que vayan en la línea de la Economía Circular y ayuden a alcanzar algunos de los ODS. En los últimos años se ha producido un avance en el desarrollo de los geopolímeros como material alternativo al cemento Portland en su uso en construcción ya que la producción de éste está siendo considerada insostenible por el aumento del consumo de materias primas y energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación por partículas. Los geopolímeros pueden jugar un papel importante ya que tiene un menor impacto ambiental, con una menor contribución a la huella de carbono y pueden ser fabricados con residuos/subproductos industriales. Los geopolímeros poseen una variedad de propiedades como: alta resistencia mecánica, resistencia al fuego, resistencia a ácidos, baja conductividad térmica, etc., dependiendo de las materias primas utilizadas y las condiciones de fabricación. Los geopolímeros con aditivos especiales, como  $\text{TiO}_2$ , podrían cumplir los requisitos de los dispositivos de fachada de obra nueva (resistencia, estética, limpieza, etc.), además de actuar como material fotocatalítico para la eliminación de contaminantes atmosféricos

como los NOx. Si la porosidad de estos materiales es adecuada podrían actuar como aislante térmico y acústico. En este proyecto se han desarrollado geopolímeros porosos mediante la adición de diferentes agentes generadores de poros (surfactantes y agua oxigenada) y se han fabricado a partir de dos materias primas, ceniza volante de combustión de carbón y escoria de alto horno, usando en ambos casos distintas soluciones activadoras. La adición de Ti se ha realizado usando  $\text{TiO}_2$  comercial y un residuo con alto contenido en  $\text{TiO}_2$ . Se han evaluado propiedades físicas, mecánicas, acústicas, térmicas, medioambientales, fotocatalíticas y biocidas. Por tanto, el proyecto pretende cumplir los siguientes requisitos: obtener un producto con eficiencia energética, por ser aislante térmico, y eficiencia medioambiental, por ser aislante acústico y por reciclar productos secundarios generados por el sector industrial, lo cual reducirá su impacto ambiental. Además, el desarrollo del producto puede aportar ventajas económicas, tanto por el reciclado, como por sus propiedades biocidas y de autolimpieza, que suponen un ahorro importante de mantenimiento. Por tanto, el proyecto cumpliría con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” (nº 13: Acción por el clima) y “Lograr que las ciudades y asentamientos urbanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (nº 11: Ciudades y comunidades sostenibles)”.

### Palabras clave

Aislamiento térmico y acústico; Cenizas volantes; Escorias de alto horno; Fotocatálisis; Geopolímeros;

### Línea temática

3. Vivienda y Arquitectura, incluyendo los aspectos de la sostenibilidad y de la eficiencia energética, fomentando la racionalización de las intervenciones y los nuevos modos de convivencia, con especial atención en la vivienda social.

## 1. INTRODUCCIÓN

El término “geopolímero” fue acuñado por Joseph Davidovits en la década de los años 1980 para denotar a polímeros sintéticos inorgánicos de aluminosilicatos. Los geopolímeros ya habían sido desarrollados anteriormente en la década de 1950 en la Unión Soviética con el nombre de Soil cements (cementos de suelo). Estos materiales se producen debido a la reacción química entre un polvo de aluminosilicato y una solución acuosa de silicatos o hidróxidos alcalinos, en condiciones ambientales o a temperaturas ligeramente superiores. El desempeño de la estructura geopolimérica dependerá fundamentalmente de la disponibilidad de iones en la solución para establecer enlaces químicos. Mientras

tiene lugar la reacción, los iones de silicio, aluminio y oxígeno libre se unen de manera coordinada para formar cadenas de polímeros inorgánicos (Davidovits, 2002). El diseño de estos materiales y el estudio de las reacciones involucradas en su formación han abierto un nuevo campo de investigación, debido a que los geopolímeros pueden proporcionar comportamientos comparables al de otros materiales cementicios en muchos campos de aplicación, con la ventaja de tener bajas emisiones de CO<sub>2</sub> en su producción.

La principal aplicación de los geopolímeros se encuentra en el sector de la construcción, aunque presentan aplicaciones en diferentes campos. Los geopolímeros poseen propiedades que los hacen competitivos con los productos basados en el cemento Pórtland (Duxson et al., 2006a): Alta resistencia a compresión (Van Jaarsveld et al., 1997), (que puede alcanzar hasta 100 MPa) (Komnitsas y Zaharaki, 2007) y elevada integridad estructural; Buena resistencia a la abrasión (Wang et al., 2005); Curado y endurecimiento rápidos y controlados. En la mayoría de los casos, el 70% de la resistencia a la compresión se alcanza a las 4 horas, por ello se habla de cortos tiempos de fraguado o endurecimiento (Van Jaarsveld et al., 1997); Resistencia al fuego (superior a 1.000 °C) (Cheng y Chiu, 2003) sin emisión de humos tóxicos al calentarse (Duxson et al., 2006b); Alta resistencia al ataque de diferentes ácidos y sales (Van Jaarsveld et al., 1997); Baja permeabilidad (Van Jaarsveld et al., 1997); Buena resistencia a ciclos de hielo-deshielo (Davidovits, 1994); Baja conductividad térmica (Duxson et al., 2006a); Fácil adhesión a hormigones, acero, vidrio y cerámicas (Bell et al., 2005); Superficies con alta suavidad y precisa moldeabilidad, por ello estos materiales se usan para el tallado y moldeado de objetos artísticos (Davidovits, 1994); Bajo consumo de energía y bajas emisiones de gases durante su fabricación (Khale y Chaudhary, 2007).

A pesar de ello, existen diferentes obstáculos para el desarrollo de materiales poliméricos en el campo de la construcción, uno de estos obstáculos es la certificación de las materias primas ya que los geopolímeros se preparan en la mayoría de los casos a partir de materiales residuales como cenizas volantes o escorias, que varían de una fuente a otra. Otra dificultad es la falta de datos cuantitativos relacionados con la durabilidad de los productos, que puede llevar a variaciones en las propiedades mecánicas y térmicas de estos materiales, aunque estas diferencias pueden deberse al modo de preparación de la mezcla.

El uso de residuos industriales en la producción de geopolímeros ayuda a reducir los efectos ambientales y la extracción de materias primas naturales. Es importante señalar que los geopolímeros son considerados materiales ecológicamente viables, ya que aceptan residuos de aluminosilicatos en su composición y son resistentes al desgaste estructural en medios agresivos, como en ciertos ambientes ácidos.

## 2. PLANTEAMIENTOS

La estrategia Europa 2020 pretende convertir a la UE en una economía inteligente, sostenible e integradora. Una de las medidas es la de convertir a la UE en una «Economía Circular» basada en una sociedad del reciclado. Con una óptica de Economía Circular y, atendiendo a los planteamientos más recientes de la UE (Nuevo Plan de Acción de Economía Circular: El Pacto Verde 2021), hay que tener en cuenta que en España según los últimos datos conocidos se reciclan solo un 37 % de los residuos producidos, lo que significa que estamos desaprovechando gran parte de los recursos, en un contexto en el que las materias primas cada vez son más escasas y caras. Los residuos hay que contemplarlos como un recurso que no se puede desaprovechar. Además de este enfoque, hay que tener en cuenta los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU que se pretenden alcanzar en el año 2030.

En base a esto se enmarca el objetivo de este proyecto, que consiste en el desarrollo de nuevos materiales (geopolímeros) basados en residuos/subproductos industriales que vayan en la línea de la Economía Circular y ayuden a alcanzar algunos de los ODS. En los últimos años se ha producido un avance en el desarrollo de los geopolímeros como material alternativo al cemento Portland en su uso en construcción ya que la producción de éste está siendo considerada insostenible por el aumento del consumo de materias primas y energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación por partículas.

En construcción, el hormigón también es usado en la fabricación de paneles de fachada en obra nueva y en restauraciones, en forma de elementos constructivos diseñados con una textura y color definidos. También se pueden conseguir diseños de paneles muy finos, aunque resistentes y ligeros. Los materiales usados para fabricar estos elementos (capas de revestimientos de fachadas, molduras, etc.) deben cumplir unos requisitos, no solo mecánicos, sino también ser compatible con otros materiales, poseer propiedades estéticas permanentes (color, textura superficial), tener fácil mantenimiento y limpieza (autolimpiables), tener propiedades biocidas, etc. Los geopolímeros con aditivos especiales, como  $\text{TiO}_2$ , podrían cumplir estos requisitos, además de actuar como material fotocatalítico para la eliminación de contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

La contaminación acústica es un problema que ha surgido con fuerza y que tiene impactos negativos sobre la salud humana. El uso de geopolímeros con alta porosidad puede ser una solución. Además, los geopolímeros porosos tienen menores conductividades térmicas, lo que los convierte en mejores aislantes térmicos, con el consiguiente ahorro energético. Los productos desarrollados en este proyecto pretenden cumplir los siguientes requisitos: eficiencia energética, por ser aislantes térmicos, y eficiencia medioambiental, por ser aislantes acústicos y por reciclar productos secundarios generados por el sector industrial, lo cual reducirá su impacto ambiental. Además, el desarrollo del producto puede aportar ventajas económicas,



tanto por el reciclado en sí, como por sus propiedades biocidas y autolimpiables que suponen un ahorro importante de mantenimiento. Por tanto, el proyecto cumpliría con algunos de los ODS “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” y “Lograr que las ciudades y asentamientos urbanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.

### 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto consiste en desarrollar geopolímeros porosos, a partir de subproductos industriales o residuos que puedan ser usados para la fabricación de elementos no estructurales en obra nueva. Dichos elementos deberán manifestar un buen comportamiento como aislantes térmicos y acústicos y otras propiedades tales como efectos fotocatalíticos, biocidas y autolimpiantes, presentando además buenas propiedades mecánicas y de durabilidad. Se propone la utilización de una serie de residuos y subproductos industriales y para ello será necesario hacer una caracterización completa de los mismos, física, química, mineralógica y medioambiental.

Es necesario estudiar las condiciones óptimas para la fabricación de los materiales, ya que en el proceso se tienen que producir dos reacciones que hay que controlar: la de geopolimerización y la de generación de poros, de las que van a depender las propiedades de los elementos constructivos desarrollados. Una vez estudiadas las condiciones óptimas para fabricar el geopolímero poroso, es necesario valorar sus prestaciones físicas, mecánicas, acústicas, térmicas, etc., y también medioambientales (por el hecho de usar residuos) y de durabilidad, para, a continuación, fabricar prototipos a escala semi-industrial a los que se les pueda determinar sus propiedades en laboratorios homologados, y así poder evaluar las especificaciones técnicas finales del producto desarrollado. El hecho de que el producto final pueda tener características biocidas y autolimpiables supondrá un extra en ahorro económico y social, al reducir los costes de mantenimiento. El proyecto contribuirá al desarrollo de un producto final que supone una mejora del impacto ambiental, principalmente reduciendo la huella de carbono, respecto a los productos comerciales actualmente utilizados. En resumen, el producto final cumple todos los requisitos para cumplir el reto de sostenibilidad urbana, económica, social y ambiental.

### 4. METODOLOGÍA

#### 4.1. Caracterización de materias primas y subproductos industriales

En primer lugar, se ha realizado una caracterización completa de las materias primas precursoras de geopolímeros, la ceniza volante y la escoria de alto horno y, por otro lado, del residuo de la

industria del óxido de titanio, rico en titanio, y la concha de mejillón, rica en carbonato cálcico. Se han utilizado soluciones activadoras basadas en hidróxido sódico y silicato sódico o silicato potásico. Para reducir costes se ha realizado la activación usando activadores sólidos.

## 4.2. Fabricación de geopolímeros porosos

En segundo lugar, se han evaluado las condiciones óptimas para la fabricación del geopolímero poroso. En la fabricación de geopolímeros porosos se van a producir dos reacciones, la reacción de geopolimerización y la reacción de generación de poros. Para evaluar la evolución de la reacción de generación de poros se ha medido el volumen de gas generado mediante la expansión del material durante su fraguado. En la reacción de geopolimerización van a influir variables como la materia prima (aluminosilicato sólido) precursora de la reacción, la solución activadora alcalina y la temperatura de fraguado.

## 4.3. Adición de $TiO_2$

Una vez estudiadas las condiciones óptimas en la fabricación del geopolímero poroso se procedió a la introducción de  $TiO_2$  en la matriz geopolimérica para estudiar las propiedades fotocatalíticas.

## 4.4. Estudio de propiedades físicas, mecánicas, acústicas, térmicas, medioambientales, fotocatalíticas y biocidas

A los 28 días de curado se evaluaron las siguientes propiedades:

1. Físicas: Densidad, porosidad abierta, porosidad total, distribución de tamaño de poro, superficie específica, microestructura, color y permeabilidad al aire.
2. Mecánicas: Dureza, velocidad de transmisión de ultrasonidos, resistencia a compresión y a tracción.
3. Acústicas: Absorción acústica y coeficiente de reducción de ruido.
4. Térmicas: Difusividad y conductividad térmicas. Análisis DSC.
5. Medioambientales: Dado que se van a utilizar subproductos/residuos de la industria, para la caracterización final del producto habrá que hacer una evaluación medioambiental del mismo referida a sus usos como material de construcción. Para ello, el producto será sometido al ensayo de lixiviación en tanque NEN 7375. Se medirá también la presencia de elementos radioactivos tales como los contenidos de  $^{40}K$ ,  $^{226}Ra$  y  $^{232}Th$ .

6. Fotocatalíticas: Mediante medida de la eliminación de sustancias orgánicas colorantes disueltas en agua, como azul de metileno, al poner en contacto la solución con colorantes y el producto, bajo irradiación con luz visible o UV (ISO 10678) y 7) Biocidas: Mediante inoculación con microorganismos y cultivo de los mismos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Caracterización de materias primas y subproductos industriales

Se ha realizado la caracterización completa (química, mineralógica, física y medioambiental) de las materias primas usadas para preparar geopolímeros: ceniza volante y escoria de alto horno y el resto de los residuos usados (residuo de la industria del óxido de titanio, rico en titanio, y concha de mejillón, rica en carbonato cálcico) (Luna-Galiano et al., 2022; Salazar-Tejada et al., 2022).

### 5.2. Geopolímeros. Geopolímeros porosos. Propiedades

En primer lugar, se han desarrollado geopolímeros basados en subproductos industriales como ceniza volantes y escoria de alto horno, usando distintas soluciones activadoras tales como hidróxido sódico 8M, silicato sódico y silicato potásico.

Se han desarrollado geopolímeros con silicato sódico en forma sólida para estudiar las diferencias entre activadores sólidos y líquidos y así, simplificar el proceso y poder reducir costes de fabricación (Luna-Galiano et al., 2022). La utilización de activadores en fase sólida con respecto al uso de activadores en fase acuosa produce geopolímeros con densidades ligeramente inferiores, porosidades mayores y por tanto resistencias a compresión ligeramente inferiores a lo largo del tiempo. En este sentido, mientras que las porosidades de los geopolímeros basados en activador líquido han mostrado poros en la zona de mesoporos, las de los geopolímeros basados en activador sólido los han mostrado en la zona de los macroporos. Los geopolímeros preparados con activador sólido mostraron mejor durabilidad frente al ataque ácido y frente a los ciclos térmicos que los que usaron un activador líquido, ya que mostraron una menor área de exposición al ataque, por su diferente porosidad.

Se han preparado geopolímeros porosos con distintos surfactantes tales como un tensioactivo aniónico (dodecil sulfato de sodio (SDS)) y un aditivo líquido aireante elaborado a base de otros tensioactivos. Se ha estudiado también la adición de agente espumante en forma directa o como espuma preformada, siendo esta última la opción que se ha decidido usar finalmente. Se han estudiado tres ratios espuma/geopolímero (con escoria de alto horno y silicato potásico) (0,3; 0,6; 1) (ver figura 01). A medida que aumenta la cantidad de espuma se produce una bajada de densidad del geopolímero, desde 2,112 kg/m<sup>3</sup> en el blanco hasta 1,020 kg/m<sup>3</sup> en el geopolímero con una ratio de espuma/geopolímero de 1.



Figura 01. Geopolímeros con ratios espuma/geopolímero 0,3; 0,6; 1.

También se ha estudiado la generación de poros mediante generación endógena. Para ello, se han introducido sulfato de aluminio y carbonato cálcico en la composición del geopolímero. La reacción entre estos dos reactivos produce  $\text{CO}_2$  (g) según la reacción:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{CaCO}_3 + 9 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$  (g), el cual genera poros en la matriz. Además, se ha sustituido el carbonato cálcico (comercial) por carbonato procedente de conchas de mejillón. No se ha apreciado una bajada significativa de la densidad con respecto al geopolímero sin sulfato de aluminio y carbonato cálcico. Con relación al uso de carbonato cálcico comercial y carbonato cálcico procedente de las conchas de mejillón, el carbonato de las conchas ha provocado una ligera disminución de la densidad y por tanto de la resistencia a compresión, pero solo del 5 %. También se han preparado geopolímeros porosos con agua oxigenada y el tensoactivo SDS como agente estabilizador de los poros generados (figura 2). Se ha estudiado la cinética de la reacción de la generación del poro (expansión volumétrica del material) y de la reacción de geopolimerización, en función de la cantidad de agua oxigenada y SDS añadidos y la temperatura de curado. Se han medido propiedades físicas, mecánicas y acústicas. Con respecto a la adición de agua oxigenada, se concluye que el aumento de la cantidad añadida, dentro del rango empleado en el presente trabajo, provoca un aumento de la densidad aparente y de la resistencia a la compresión, así como una disminución de la altura final de la probeta tras el proceso de curado y de los coeficientes de absorción acústica y de reducción de ruido, todo ello debido al colapso de los poros formados. En este caso, al añadir SDS se demuestra que la porosidad abierta de las muestras aumenta, y con ella su coeficiente de absorción acústica y de reducción de ruido, mientras que, disminuyen la densidad aparente y la resistencia a la compresión.



Figura 02. Geopolímero poroso basado en ceniza volante usando SDS como agente espumante.

### 5.3. Adición de $\text{TiO}_2$

Para estudiar la influencia del  $\text{TiO}_2$  se añadió un residuo con alto contenido en  $\text{TiO}_2$  a las muestras de geopolímeros, en proporciones de hasta un 40 %. La sustitución de la ceniza por el residuo de Ti produce un aumento de la densidad debido a la mayor densidad del residuo. Desde un punto de vista mecánico, las sustituciones de entre 30-40 % producen los mayores valores de resistencia a compresión. Sin embargo, cuando los geopolímeros son sometidos a ensayos de durabilidad a altas temperaturas (100-700 °C), las propiedades mecánicas empeoran tanto más cuanto mayor es la cantidad de residuo de  $\text{TiO}_2$  añadido. En relación con la resistencia al fuego, cuando la cantidad de residuo de  $\text{TiO}_2$  aumenta, se mejoran las propiedades de resistencia al fuego debido al aumento de la meseta de evaporación. Desde un punto de vista medioambiental, la ceniza volante utilizada es considerada un residuo no peligroso y el residuo de  $\text{TiO}_2$  como peligroso (este residuo presenta una alta lixiviación de cobre, y en menor medida de cromo, zinc y níquel), pero los geopolímeros desarrollados muestran un proceso de estabilización de los metales presentes en la ceniza volante y en el residuo de  $\text{TiO}_2$ . Desde un punto de vista radiológico, los materiales geopoliméricos desarrollados pueden ser usados sin daño para la salud del ser humano, de acuerdo con la directiva europea. Sin embargo, la lixiviación de arsénico aumenta, posiblemente debido al alto pH de los lixiviados. Para completar el estudio de la introducción de  $\text{TiO}_2$  en las matrices geopoliméricas, se han desarrollado las mismas, pero en lugar de utilizar residuo de  $\text{TiO}_2$ , se ha utilizado  $\text{TiO}_2$  comercial. Para ello se prepararon muestras de geopolímeros de escorias de alto horno y silicato potásico. Se prepararon, además, geopolímeros de escorias, donde se sustituyó en un caso un 25% de la escoria por residuo de  $\text{TiO}_2$  y en otro por  $\text{TiO}_2$  comercial. Como se observa en las figura 3 (pellets) y figura 4 (cilindros), el cambio de color entre unos y otros es apreciable. El uso de  $\text{TiO}_2$  comercial produce una mejora de la resistencia a compresión de un 10 % con respecto al uso del residuo de  $\text{TiO}_2$ .



Figura 03. Pellets de geopolímeros de ceniza volante (izquierda), geopolímero de escoria de alto horno y  $\text{TiO}_2$  comercial (centro) y geopolímero de escoria de alto horno y residuo de  $\text{TiO}_2$  (derecha).



Figura 04. Geopolímero de  $\text{TiO}_2$  comercial (izquierda) y residuo de  $\text{TiO}_2$  (derecha).

Se han medido las propiedades fotocatalíticas de acuerdo con un artículo publicado por Novais y colaboradores (Journal of Cleaner Production 171 (2018) 783-794), donde se ha estudiado la adsorción de azul de metileno usando los pellets de geopolímero de la figura 2. La relación sólido/líquido usada ha sido de 2 g de adsorbente en 200 ml de agua, a la que se le ha añadido 200 ppm de azul de metileno. Se ha podido observar que a las 24 h ya se había alcanzado la situación de equilibrio y que el rendimiento de adsorción fue del 67 %, cuando se usó el geopolímero de escoria de alto horno y silicato potásico y del 88 % cuando el geopolímero contenía residuo de  $\text{TiO}_2$ . En relación con las propiedades biocidas, se prepararon placas de estos mismos geopolímeros y se inocularon algas verdes. Las placas se han mantenido con alto contenido de humedad y con suficiente luz solar para que se produjera la proliferación de las algas. Además, las placas se rociaron con algas verdes todos los días para mantener el nivel de estas. En la figura 5 se muestran las placas de geopolímero de escoria de alto horno (izquierda), con  $\text{TiO}_2$  comercial (centro) y con residuo de  $\text{TiO}_2$  (derecha) al inicio del ensayo. La parte inferior de cada muestra está inoculada con algas.



Figura 05. Placas de geopolímeros.

Se han medido los parámetros de color: a (negativo=verde, positivo=rojo), b (negativo=azul, positivo=amarillo) y L (negativo=negro, positivo=blanco). La muestra de geopolímero sin  $\text{TiO}_2$  mostró una a negativa y una b alrededor de 0 (color azul verdoso). La muestra de geopolímero con  $\text{TiO}_2$  comercial mostró valores de a y b negativos (color azul verdoso) y la muestra de geopolímero con residuo de  $\text{TiO}_2$  presentó valores de a y b positivos (color marrón). La mayor luminosidad (L) fue la presentada por la muestra con  $\text{TiO}_2$  comercial, después la de la muestra de geopolímero puro y por último la que contenía el residuo de  $\text{TiO}_2$  en su composición. A lo largo del tiempo de ensayo (5 meses) se han observado



variación de colores en el mismo sentido, pero las mayores variaciones de color han sido las mostradas por el geopolímero sin  $\text{TiO}_2$  y las menores variaciones de color las de las muestras con el residuo de  $\text{TiO}_2$ , lo cual es un indicativo de la reducción en la proliferación de algas.

Se prepararon placas de 30x18 cm para estudiar el acabado de los productos, aunque el moldeado resultó arduo debido a la vibración que hay que ejercer sobre el geopolímero para moldearlo. Como consecuencia de la dificultad para vibrar el material, se observaron poros en la superficie de las placas, así como algunas grietas.

Se ha realizado también un análisis económico, evaluando los costes de elaboración del material y los beneficios obtenidos por el uso de los residuos. En primer lugar, se ha tenido que tomar como referencia el contratipo al cual pretende sustituir el geopolímero. Se ha elegido un panel de pladur comercial con un precio por  $\text{m}^3$  que varía entre 260 y 350 €. En relación con los costes de fabricación de los geopolímeros, se han tenido en cuenta los costes de las materias primas usadas en la elaboración de estos (ceniza volante, escoria de alto horno, hidróxidos, silicatos, agua) y los precios de mercado de las soluciones activadoras. El precio final de 1  $\text{m}^3$  de material geopolimérico tendría un valor final entre 200 € y 1100 €, dependiendo de que se usen hidróxidos o silicatos como soluciones activadoras, siendo el menor precio el referido a la solución de hidróxidos. El beneficio de sustituir la ceniza y escorias por el residuo de  $\text{TiO}_2$  (suponiendo coste nulo) produciría un ahorro del 6,87 %. Hay que tener en cuenta, además, que se reduciría la tasa por el depósito de residuos peligrosos en vertederos públicos o privados (la Ley 18/2003 de Medidas Fiscales y Administrativas señala que la cuota tributaria será el resultado de aplicar a la base imponible los siguientes tipos impositivos: 35 euros por tonelada de residuos peligrosos que sean susceptibles de valorización y 15 euros por tonelada de residuos peligrosos que no sean susceptibles de valorización), lo cual conllevaría el consiguiente ahorro. Por todo ello, impulsar la valorización de estos residuos en las matrices geopoliméricas para las aplicaciones propuestas sería una iniciativa que estaría dentro de los objetivos perseguidos en la Directiva 2018/851 relativa a residuos en el marco de una Economía Circular.

## 6. REFERENCIAS

Bell, J. L., Gordon, M. y Kriven, W. M. (2005). Use of geopolymeric cements as a refractory adhesive for metal and ceramic joints. *Ceramic Engineering and Science Proceedings*, 26, 407-413. <https://doi.org/10.1002/9780470291238.ch46>

Cheng, T. W. y Chiu, J. P. (2003). Fire-resistant geopolymer produced by granulated blast furnace slag. *Minerals Engineering*, 16(3), 205-210. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(03\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(03)00008-6)



- Davidovits, J. (1994). Properties of geopolymers cements. *Proceedings of First International Conference on Alkaline Cements and Concretes* (pp. 131-149). Krivenko Eds.
- Davidovits, J. (2002). *Environmentally driven geopolymer cement applications*. Geopolymer 2002 Conference. Melbourne, Australia.
- Duxson, P., Lukey, G. C. y Van Deventer, J. S. J. (2006a). Thermal conductivity of metakaolin geopolymers used as a first approximation for determining gel interconnectivity. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 45(23), 7781-7788. <https://doi.org/10.1021/ie060187o>
- Duxson, P., Lukey, G. C. y Van Deventer, J. S. J. (2006b). Thermal evolution of metakaolin geopolymer: part 1-physical evolution. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 352(52-54), 5541-5555. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2006.09.019>
- Khale, D. y Chaudhary, R. (2007). Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: a review. *Journal of Materials Science*, 42(3), 729-746. <https://doi.org/10.1007/s10853-006-0401-4>
- Komnitsas, K. y Zaharaki, D. (2007). Geopolymerization: A review and prospect for the minerals industry. *Minerals Engineering*, 20(14), 1261-1277. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2007.07.011>
- Luna-Galiano, Y., Leiva, C., Arroyo, F., Villegas, C., Vilches, L. y Fernández-Pereira, C. (2022). Development of fly ash-based geopolymers using powder sodium silicate activator. *Material Letters*, 320, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132346>
- Salazar-Tejada, P. A., Leiva, C., Luna-Galiano, Y., Villegas, R. y Fernández-Pereira, C. (2022). Physical, Mechanical and Radiological Characteristics of a Fly Ash Geopolymer Incorporating Titanium Dioxide Waste as Passive Fire Insulating Material in Steel Structures. *Materials*, 15(23), 1-12. <https://doi.org/10.3390/ma15238493>
- Van Jaarsveld, J. G. S., Van Deventer, J. S. J. y Lorenzen, L. (1997). The potencial use of geopolymeric materials to immobilise toxic metals: Part I. Theory and applications. *Minerals Engineering*, 10(7), 659-669. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(97\)00046-0](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(97)00046-0)
- Wang, H., Li, H. y Yan, F. (2005). Reduction in wear of metakaolinite-based geopolymer composite through filling of PTFE. *Wear*, 258(10), 1562-1566. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2004.11.001>

# Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible

## UPO.18-04. Universidad Pablo de Olavide. Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible

**Investigador principal:** Alfredo García-Hernández.

**Equipo del proyecto:** Julián Sastre González, Cinta Romero Adame, David Álvarez Castillo, María Cuello León, Isabel Oliva Franco, Pablo Nuevo Delgado.

**Autores del capítulo:** Alfredo García Hernández<sup>1</sup>, Cinta Romero Adame<sup>2</sup>, Julián Sastre González<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

<sup>2</sup> Instituto de Movilidad, Sevilla, España.

### Resumen

El Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible es un proyecto de capacitación y formación llevado a cabo conjuntamente por la Universidad Pablo de Olavide (en adelante UPO) y el Instituto de Movilidad en colaboración con seis entidades de educación superior e investigación de América Latina de diferentes países de habla hispana. Las bases de este programa se fundamentan en dos misiones de formación: una primera realizada en Bolivia y la otra en varias ciudades de España. La primera aborda la capacitación y la formación de nuevos docentes en materia especializada de Movilidad Urbana Sostenible. Para ello, dos docentes y profesionales españoles (D. Julián Sastre y Dña. Cinta Romero) viajaron durante 8 días al país sudamericano donde impartieron varias conferencias, se reunieron con varios organismos e instituciones e incluso atendieron a los medios. La segunda misión tuvo el mismo cometido, pero esta vez en varias ciudades de España (Madrid, Sevilla, Málaga y Cádiz), acogiendo a los cuatro docentes, dos argentinos, un boliviano y una cubana, desplazados hasta el país, y con el añadido de la realización de visitas técnicas a diferentes modos de transporte de dichas ciudades españolas. Todo este trabajo se ha realizado con el objetivo de impartir una formación especializada en el sector de la Movilidad Urbana Sostenible, colaborando con los diferentes agentes implicados tanto en España como en Bolivia, utilizando un material de calidad y herramientas innovadoras para difundirlo por América Latina, para que se logre avanzar en esta cuestión. Aquí se recogen los entresijos del Programa, cómo se ha enfocado, qué metodologías se han seguido, y cuáles han sido los efectos y las repercusiones que ha tenido.

## Palabras clave

Capacitación; Cooperación; Educación superior; Formación; Movilidad sostenible.

## Línea temática

6. El Espacio Urbano en los ámbitos que competen a la Secretaría General de Vivienda, incluidos los aspectos relacionados con el medio ambiente, la accesibilidad, la movilidad y la seguridad, que repercutan en ciudades más humanas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Programa de Capacitación Institucional para América Latina y Formación Avanzada en Movilidad Urbana Sostenible es un proyecto llevado a cabo de forma conjunta por la Universidad Pablo de Olavide (UPO) y el Instituto de Movilidad (IM), en colaboración con seis entidades de educación superior e investigación de América Latina, que son:

- Universidad del Valle (UNIVALLE), de Bolivia
- Universidad Cristiana de Bolivia (UCEBOL), de Bolivia
- Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), de Bolivia
- Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte de Cuba (CIMAB)
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de Montevideo, de Uruguay
- Universidad Nacional de Rosario (UNR), de Argentina

El esquema de trabajo que se ha seguido para este programa se basa en dos misiones. La primera misión consiste en capacitar y formar en materia de Movilidad Urbana Sostenible, realizada en varias ciudades de Bolivia, entre ellas su capital, La Paz. Mientras, la segunda, que se desarrolla en España (concretamente, con base en Sevilla, pero desde donde se visitó Madrid, Málaga y Cádiz), sigue un patrón similar a la anterior, con el añadido de una serie de visitas técnicas en cada una de las ciudades para poner en práctica los conocimientos adquiridos y algunos más especializados. El contenido de ambas estrategias se desgranará más adelante.

Asimismo, los tres elementos en los que se basa este programa son los siguientes:

- La movilidad, y en concreto, la importancia de esta en el aspecto urbano y de forma sostenible.

- La docencia, de forma específica, la imperiosa necesidad de disponer docentes especializados en esta materia tan específica.
- La cooperación, ante la necesidad de aunar esfuerzos con América Latina, donde el problema es notablemente urgente.

El temario o plan de estudios propuesto para alcanzar los objetivos anteriores es el siguiente:

Tema	Temario del Curso
0	Presentación
1	Cómo hacer un buen Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)
2	Cómo hacer un buen trabajo de campo
3	Explotación de una encuesta
4	Simulación de niveles de servicio en tramos críticos
5	Ajuste de un modelo de proyección econométrico
6	Conceptos de Operación y Mantenimiento
7	Evaluación de costes de Operación y Mantenimiento con implicaciones del diseño en la operación
8	Urbanismo y movilidad como binomio inseparable
9	Las implicaciones de los modelos urbanos y de movilidad actuales
10	Nuevos modelos urbanos. DOT.
11	Accesibilidad Universal
12	Implantación de la bicicleta en las ciudades
13	Regeneración Urbana: Buenas prácticas
14	Redes peatonales
15	Señalización urbana de orientación
16	Impactos económicos, sociales y rentabilidad de estas actuaciones
17	Sector del Taxi y VTC
18	Participación ciudadana
19	Género y Movilidad
20	Introducción a los modelos de gestión y financiación
21	Fórmulas de organización del transporte y reingeniería institucional
22	Evaluación de costes y tarifas
23	Big Data y Movilidad
24	Integración del Transporte

Tabla 01. Relación de materias del temario del curso.

## 2. OBJETIVOS

Para este proyecto, se establecieron una serie de objetivos. El primero es impartir una formación especializada, mediante dos cursos dirigido tanto a jóvenes licenciados como a formadores, de unas 50 horas cada uno (divididas en 40 horas presenciales y 10 horas de trabajo en casos prácticos). De esta manera, aquellas personas inscritas adquieren una visión global del sector, mientras que los docentes mejoran sus capacidades, transmitiendo la experiencia entre los agentes implicados. Además, se emplean técnicas novedosas para adquirir mejor todo lo expuesto en el programa, así como el intercambio de conocimientos entre los estudiantes y docentes de las diferentes universidades y países.

Un segundo objetivo es colaborar con las diferentes instituciones de educación superior participantes. En este sentido, se proyectan dos viajes de los docentes españoles a Bolivia, así como cuatro de los docentes de los países participantes a España. Así, se fortalecen las diferentes colaboraciones entre los diferentes grupos de investigación e instituciones gubernamentales participantes.

Seguidamente, otro objetivo es el de generar un material de difusión, de calidad, y en diferentes formatos, con el material teórico y práctico impartido en los cursos. Esto se convierte en un elemento muy útil para futuros estudiantes que, al mismo tiempo, pueden hacer de guía para los profesionales del sector. Al hilo de esto último, los docentes podrán aplicar las diferentes técnicas y conocimientos en sus proyectos próximos, para poder contribuir al desarrollo de una movilidad sostenible en América Latina.

Otro de los objetivos es establecer jornadas de *networking*. Estas sesiones programadas son específicas para compartir experiencias y conocimientos entre los diferentes participantes, bien sean personas a título propio, o bien entidades. De esta manera se pueden establecer fuertes uniones para proyectos de nueva generación.

Finalmente, el último de los objetivos es difundir el curso y sus contenidos en las principales redes sociales, que va ligado a la captación de jóvenes licenciados y formadores, así como todo lo trabajado en el mismo para establecer nuevas alianzas en el futuro entre diferentes instituciones y organismos.

## 3. MISIONES

Las actividades realizadas en este proyecto se agrupan en dos bloques, con un contenido similar en cada uno, pero variando el lugar de realización, basado en tres elementos:

- Por un lado, la formación especializada en movilidad urbana sostenible, con una programación detallada, acorde a la tipología del alumnado, sus necesidades, sus experiencias en el ámbito, así como los conocimientos del propio equipo docente. dicho temario se combinan aspectos de transporte, movilidad y urbanismo, con un nivel técnico acorde al público asistente, es decir, tanto a los docentes que iban a ser formados, como a los estudiantes que posteriormente entrarían en el proyecto.
- Por otro lado, la capacitación institucional en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) de enseñanza, mediante el uso de nuevas tecnologías y otras herramientas para mejorar la forma de enseñar y transmitir los conocimientos.
- Y finalmente, además de la formación teórica, se complementa con la resolución de casos prácticos reales, con imágenes, formas de resolver los problemas, errores comunes, etc.

### 3.1. Primera Misión de Capacitación y Formación en Bolivia

Esta misión consistió en la realización de un viaje de dos docentes del equipo a Bolivia para desarrollar la capacitación institucional y la mayor parte de la formación especializada en Movilidad Urbana Sostenible. En Bolivia se visitaron las tres universidades participantes, al inicio mencionadas: la Universidad del Valle (UNIVALLE) de La Paz, la Universidad Cristiana de Bolivia (UCEBOL) en Santa Cruz de la Sierra, y la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), en la ciudad de Tarija.

A continuación, se muestran imágenes de diferentes momentos de esta primera misión:



*Palabras de D. J. Franklin Nestór Rada. Director Académico de la Universidad*



*Palabras de Lic. MSc. Enrique Villanueva Gutiérrez. Vicerrector de la Universidad*



*Representantes de las instituciones*



*Asistencia*

Figura 01. Diferentes momentos de las clases magistrales impartidas en Bolivia.

### 3.2. Segunda Misión de Capacitación, Formación y Visitas Técnicas en España

En esta segunda misión, realizada en España, se completó el proceso de las actividades comenzadas en tierras bolivianas, añadiendo las visitas técnicas a diferentes ciudades españolas y sistemas de transporte, que permitió a todos aquellos beneficiados del Programa conocer buenas prácticas en materia de transporte público y movilidad sostenible, conociendo, además, las instalaciones de la Universidad Pablo de Olavide. Así como en la misión a Bolivia fueron dos docentes, en este caso viajaron a España cuatro miembros de las entidades beneficiarias.

Las visitas técnicas discurrieron de la siguiente manera:

- Una visita técnico-cultural en Madrid, concretamente al Intercambiador de Moncloa y el centro de control de Transporte Público de Madrid, así como a la zona de Madrid Río, una gran actuación de recuperación del entorno del río Manzanares.

- En Sevilla, se visitaron las instalaciones de TUSSAM, de las que destaca el Centro de Control, donde se pudo enseñar a los asistentes cómo se gestionan en tiempo real tanto las diferentes rutas de autobuses como el Metrocentro. También se realizó una visita en el Hub de San Bernardo, donde confluyen metro, metrocentro, bus, bici, cercanía, vías peatonales y transporte privado. Además, durante la estancia en la ciudad se utilizaron prácticamente todos los medios de transportes. Igualmente, se realizó una parada estratégica.

También se hicieron más visitas técnicas en otras ciudades:

- En Málaga, a la Empresa Malagueña de Transportes, al Consorcio Regional de Transportes, a las instalaciones de una Empresa Operadora de Autobuses, y a la Terminal de Cruceros.
- En Cádiz, se visitó la ciudad, se analizó su red de transporte, el Puerto y el transporte de mercancías.

A continuación, se muestran algunas imágenes tomadas durante las visitas:



Figura 02. Diferentes momentos de las clases magistrales impartidas en Bolivia.





Figura 03. Clase magistral de D. Ignacio Galindo (empresa PTV).



Figura 04. Visita técnica a las instalaciones de TUSAM, en Sevilla..



Figura 05. Visita técnica a Málaga.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Participantes

Durante los primeros meses del proyecto, se concretó el plan de estudios que se utilizaría en las clases que se impartirían durante las dos misiones de Bolivia y España. Por un lado, para la misión en territorio latinoamericano, se seleccionaron y se ajustaron los temas más acordes para ser impartidos en cada una de las universidades, en base a los asistentes previstos y las carreras que se estudian en cada uno de los centros educativos, además de añadir algún tema a los inicialmente previstos. A la hora de preparar la primera misión, tras diversas reuniones entre los agentes implicados, se acordó realizar el programa en el mes de agosto. Si bien en España es un mes con poca actividad al ser la época estival y periodo vacacional por lo general, en América Latina sucede lo contrario, pues es un periodo con mayor actividad y por tanto, unas fechas idóneas para desarrollar el proyecto. Durante los meses siguientes a la misión en

Bolivia, se trabajó en diferentes actividades preparatorias para la española, siguiendo los mismos criterios que en la misión anterior.



Figura 06. Estudiantes en la Universidad del Valle (UNIVALLE), con los docentes de España.

#### 4.2. Medios

Los diferentes medios para poder realizar el programa han sido varios. Entre los técnicos, destacaron, por un lado, la plataforma de aprendizaje *online* Classonlive, que permite no solo retransmitir las clases en directo para todas aquellas personas que quisieran participar en las clases desde cualquier lugar, sino que también graba las sesiones para una posterior visualización, y por otro, Mentimeter, una herramienta de evaluación de los asistentes a la formación de manera dinámica, en la que los propios participantes pueden resolver las preguntas entre ellos, o explicar las respuestas a otros compañeros, con el añadido de un componente de juego. Asimismo, también se pueden tener en cuenta los espacios cedidos por las diferentes universidades implicadas, para el desarrollo de las diversas actividades, dotadas con conexión a internet, cámara para retransmitir en

directo, proyector y pantalla. Paralelamente, los profesores que conforman el equipo de trabajo han hecho las veces de organizadores, docentes, editores de los materiales, control de asistencia, campaña de difusión, etc.

### 4.3. Difusión del programa

Con el fin de conseguir la máxima captación de asistentes, así como interés en las jornadas formativas propuestas, se diseñó una estrategia de promoción y difusión, que contó con tres vías y herramientas de comunicación. La primera fue las redes sociales, que fueron utilizadas para la difusión y promoción del programa formativo fueron Facebook, Twitter y LinkedIn, en ese orden, al ser Facebook es la red social más utilizada y con mayor captación en América Latina, al contrario de lo que ocurre en España. En las semanas previas al comienzo de las clases, se publicaron pequeños comunicados con información sobre el programa y las jornadas que tendrían lugar durante la semana (explicando la temática que se iba a impartir, a quiénes iba dirigida, etc.). De la misma manera, los docentes tanto españoles como bolivianos, publicaron también esta información en sus redes personales y/o profesionales, lo que ayudó de forma notable a la difusión. Paralelamente, se hizo lo mismo en Twitter y LinkedIn, aunque con menos éxito al tener menor utilización. Además, se empleó Facebook para la realización de emisiones en directo de las clases.

Otro de los medios fue el envío de correos electrónicos para difundir el programa a todas aquellas personas de las universidades participantes que pudieran interesarse. Esto se llevó a cabo tanto en las propias universidades ya mencionadas, beneficiadas de dicho proyecto, así como la Universidad Pablo de Olavide y el Instituto de Movilidad. Se contactó con los docentes formadores en grados universitarios relacionados con la materia, así como con alumnos de dichas carreras que quisieran aprovechar el programa. Con ello, se conseguía un doble objetivo: formar a los docentes y mostrar las técnicas de enseñanza en una clase real.

Finalmente, un tercer medio para difundir el programa fueron los propios docentes formados, extendiendo el mensaje e invitando al alumnado en formación para aprovechar también los conocimientos y la experiencia de los expertos españoles.

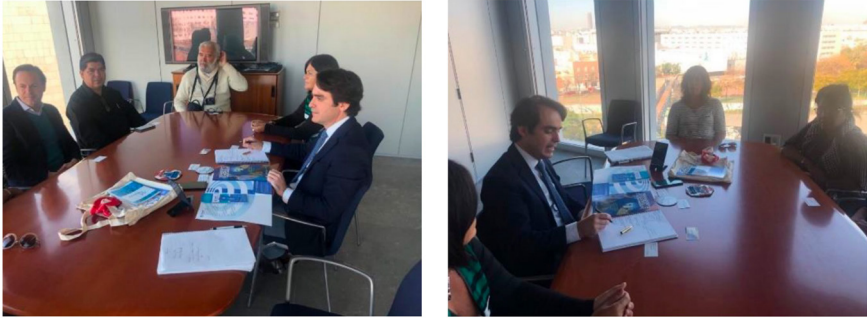


Figura 07. Reunión con el Director General de Movilidad de la Junta de Andalucía, D. Mario Muñoz Atanet.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras los objetivos planteados con anterioridad, los resultados han sido mayores de lo esperado, por no hablar de la excelente valoración por ambas partes implicadas, de la buena imagen de la universidad española y de la Junta de Andalucía en América Latina, y de los buenos niveles de seguimiento y cumplimiento de dichos objetivos. En cuanto a la formación especializada, se han impartido los dos cursos programados con una asistencia cercana a los 400 jóvenes licenciados y cerca de 25 formadores en total, además del público virtual, que duplicó el alcance.

El segundo objetivo, colaborar con las diferentes naciones, se ha visto muy reforzado con las visitas tanto de los docentes españoles a Bolivia, como los de los países latinoamericanos participantes a España, añadiendo el factor de la planificación de cursos y visitas técnicas en ciudades como Madrid, Málaga, Sevilla y Cádiz (una ciudad más de las inicialmente planificadas), dando como resultado la colaboración de las instituciones gubernamentales y centros educativos implicados, habilitando una alternativa de gran relevancia para realizar proyectos futuros de cooperación internacional.

A partir del objetivo de establecer un material de difusión, de calidad, y en diferentes formatos, con el material teórico y práctico impartido en los cursos, se elaboró y redactó el Manual de Movilidad Urbana Sostenible. Una vez terminado, se revisó y se procedió a su maquetación. Actualmente, se encuentra en formato papel, en las bibliotecas de todas las Universidades participantes, y también en digital. Se trata de una herramienta muy útil para los profesores e investigadores de las universidades, que reúne y resume la información clave del ámbito de estudio, aportando multitud de referencias bibliográficas. De esta



manera, uno de los efectos más llamativos es la durabilidad y utilidad de los resultados obtenidos en el tiempo, más allá de la finalización del programa, con un material didáctico actualizado para las universidades, un conocimiento adquirido por los participantes, la utilización nuevas herramientas pedagógicas y formativas utilizadas, como ejemplos de cara al futuro de la movilidad y la aplicabilidad de todo lo aprendido para contribuir al desarrollo de una movilidad sostenible en América Latina.

En cuanto al *networking*, fue aprovechado con creces en ambos territorios, aunque tuvo mayor relevancia en las diferentes visitas técnicas de España, ya mencionadas en el apartado de las misiones. Aun así, todos los conocimientos se pusieron en práctica para transmitir la experiencia de los docentes españoles, utilizando además nuevas técnicas para mejorar el aprendizaje.

Finalmente, tal fue la difusión del curso y sus contenidos en las principales redes sociales, que se solicitó la aparición del equipo docente desplazado a Bolivia en diversos medios de comunicación del país, como en una programación televisiva y otra en una emisora de radio local en la ciudad de Tarija.



*Participación en un programa de radio (en directo)*



*Participación en un programa de televisión (en directo)*

Figura 08. Programa de radio en Tarija, Bolivia.

# Accesibilidad universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba)

## UJA. 18- 01. Universidad de Jaén. Capacitación en accesibilidad universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba)

**Investigadora principal:** María del Carmen Martín Cano.

**Equipo del proyecto (España):** Yolanda M<sup>a</sup> de la Fuente Robles, Juana Pérez Villar, Francisco Luis Rodríguez Fernández, Virginia Fuentes Gutiérrez, Marta García Domingo, Trinidad Ortega Expósito, M<sup>a</sup> Ángeles Verdejo Espinosa, Rosa M<sup>a</sup> Díaz Jiménez, Delfín Jiménez Martín, Carmen Fernández Hernández, M<sup>a</sup> Dolores Muñoz de Dios, Cristina Díaz Román, Encarnación Luque Serrano, Cristina Belén Sampetro Palacios, Adrián Ricoy Cano.

**Equipo del proyecto (Cuba):** Yamila Roque Doval, Dunia Ferrer Lozano, Lucrinés Azcuy Aguilera, Ernesto González Peña, Ena Lourdes Guevara Díaz, Yanesy SerranoLorenzo, Niurka Soto Jiménez, Yadirra Grau Valdés, Ilnelis Peralta Castellón, Ginley Durán Castellón, Anabel Díaz Hurtado, Griselda Sánchez Orbea, Lesnay Martínez Rodríguez, Georgina Castro Acevedo, Iván García Ávila, Yumay Yakelin Blanco Llanes, Diana Rosa Rodríguez González, Linet García Hernández.

**Autores del capítulo:** María del Carmen Martín Cano<sup>1</sup>, Francisco Luis Rodríguez Fernández<sup>1</sup>, Juana Pérez Villar<sup>1</sup>, Yolanda María de la Fuente Robles<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Jaén, Jaén, España.

## Resumen

Cuba es uno de los países de América Latina más envejecidos y la provincia de Villa Clara la más envejecida del país. La accesibilidad de las personas mayores en la lógica de un envejecimiento activo supone la opción de acceder tanto al espacio físico como al simbólico que legitima la opción de ser parte. Ello determina la necesidad de eliminar tanto barreras arquitectónicas como sociales desde una política institucional, prácticas sociales coherentes y el fomento de una educación y cultura del envejecimiento. Por ello, el objetivo general del proyecto ha sido contribuir a la puesta en marcha de una política universitaria de gestión estratégica de las dinámicas poblacionales, desde la perspectiva de accesibilidad universal, con énfasis en el envejecimiento poblacional, que la legitime como actor social esencial para el desarrollo territorial. Para alcanzar dicho objetivo general los objetivos específicos han sido: Caracterizar la dinámica poblacional de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en la temática de envejecimiento poblacional en relación al contexto en que se localiza; Capacitar a la comunidad universitaria y a los actores sociales implicados en accesibilidad universal; Identificar los principales fenómenos psicosociales

relacionados con las dinámicas poblacionales; Sistematizar las investigaciones e introducir resultados científicos que direccionen las políticas universitarias a través de sus procesos sustantivos (formación profesional, investigación y extensión universitaria) y proponer acciones para la gestión estratégica de la temática, desde concepciones participativas, con miradas a la accesibilidad desde una perspectiva de equidad que prevenga las tendencias desintegradoras en la sociedad cubana. A través de las actividades realizadas se ha conseguido alcanzar el 100% de los objetivos (general y específicos). Además de los objetivos proyectados, con la ejecución del proyecto se ha conseguido generar redes interdisciplinarias entre ambos países, detectar situaciones de vulnerabilidad susceptibles de intervención en Cuba y obtener información sobre la trayectoria y situación actual del Trabajo Social en Cuba y la necesidad de fomentar los estudios a nivel universitario y su inclusión en un mayor número de ámbitos.

### Palabras clave

Accesibilidad universal; Envejecimiento poblacional; Formación académica; Políticas universitarias; Trabajo social.

### Línea temática

1. Actuaciones dirigidas a dar respuesta a los problemas sociales, económicos, habitacionales y de la agenda de desarrollo urbano, promoviendo una perspectiva integral y reactivadora.

## 1. INTRODUCCIÓN

La igualdad de oportunidades y diseño para todas las personas se conforman como nociones esenciales desde una perspectiva integral de accesibilidad social. Desde este nuevo paradigma los valores que tutelan la accesibilidad apuntan hacia una nueva cultura de satisfacción igualitaria de necesidades. La noción de accesibilidad conlleva ineludiblemente a un imaginario de adaptación a través de rampas, material de apoyo y/o personas con movilidad reducida, fundamentalmente en relación a discapacidad física y entornos. No obstante, estos términos tienen una conceptualización mucho más amplia, amén del marcado aspecto social que presentan (Hernández et al., 2014).

En este sentido, como ya recogiera el I Plan Nacional de Accesibilidad 2004-2012, una sociedad que lucha por la inclusión y el respeto a los derechos humanos, tiene inevitablemente que buscar la forma de satisfacer las necesidades de todas las personas de forma igualitaria. Para ello, se debe abogar por la accesibilidad universal no sólo en entornos físicos sino también en procesos, bienes, productos, servicios, objetos,



instrumentos, dispositivos y/o herramientas ya que de este modo se podrá garantizar la plena igualdad de oportunidades de la ciudadanía y su participación activa en la sociedad (De la Fuente et al., 2018).

La aspiración hacia una mayor accesibilidad ha llevado a consolidar la idea de diseño para todas las personas o diseño universal (Toboso y Rogero, 2012). La European Commission (2001) y European Institut for Design and Disability (2004), señalan cómo el diseño para todas las personas, aspira a tener en cuenta en la propia fase de diseño, los requisitos de accesibilidad derivados de los distintos tipos y grados de capacidad funcional de las personas, como objetivo al que, de no tener en cuenta, provoca discriminación, exclusión y problemas de participación social.

Así, desde Europa se entiende y define el término accesibilidad con tres formas básicas de actividad humana: la movilidad, la comunicación y la comprensión. Del mismo modo, y sin dejar el ámbito europeo, la Declaración de Estocolmo del Diseño para Todos resumía sus reivindicaciones bajo la afirmación “el buen diseño capacita, el mal diseño discapacita”. El reto de la sociedad actual es que todas las personas tengan las mismas posibilidades de desarrollar una vida digna y decidir sobre su actividad, vivienda o estilo de vida. Desde esta perspectiva, el eje central del diseño para todas las personas se sitúa en la búsqueda de soluciones de diseño para que todas las personas, independientemente de la edad, el género, las capacidades físicas, psíquicas y sensoriales o su bagaje cultural, puedan utilizar los espacios, productos y servicios de su entorno y, al mismo tiempo, participar en la construcción de nuestra sociedad (Martín et al., 2018).

El concepto de vulnerabilidad sociodemográfica, cada vez más relacionado con los factores poblacionales, debe ligarse a la incapacidad o dificultades que presentan determinadas personas o grupos de personas para enfrentar un fenómeno amenazante y/o reponerse del mismo con posterioridad (Egea et al., 2009). Del mismo modo, siguiendo a Alguacil (2006, p. 161) dicha noción de vulnerabilidad puede referirse “tanto a colectivos sociales como a territorios en situación de riesgo o de declive”.

Cualquier tipo de barreras puede conducir a las personas que las padecen a situaciones de inseguridad y de aislamiento. Desde este punto de vista, la falta de accesibilidad implicará marginación y pérdida de calidad de vida para cualquier persona, pero es indudable que las personas más vulnerables serán las más afectadas ante su ausencia o inaccesibilidad (Alonso, 2002). Por tanto, siguiendo las consideraciones de Comisión Europea (2000), las barreras, como expresión de esa inaccesibilidad, y no las limitaciones funcionales de las personas son el elemento clave sobre el que actuar, a favor de las personas con limitaciones funcionales.

En el contexto sociodemográfico en que nos encontramos podemos destacar dos factores importantes: los cambios demográficos, con un progresivo envejecimiento de la población

y un significativo aumento de la esperanza de vida. En este sentido, desde la lógica de un envejecimiento activo, hay que tener muy en cuenta la accesibilidad de las personas mayores, tanto al espacio físico como al simbólico que legitima la opción de ser parte. Ello determina la necesidad de eliminar no sólo las barreras arquitectónicas sino también las sociales desde una política institucional, prácticas sociales coherentes y el fomento de una educación y cultura del envejecimiento (Martín et al., 2020).

Cuba es uno de los países de América Latina más envejecidos y la provincia de Villa Clara la más envejecida del país. Villa Clara, con 8.412 Km<sup>2</sup> y una población superior a los 800.000 habitantes es un importante enclave en el Centro del País por su desarrollo industrial y cultural. A la vez, es un relevante nodo de transporte y comunicaciones. Constituye, sin embargo, la más envejecida de las provincias cubana (Oficina Nacional de Estadística e Información, 2018).

La implementación de los lineamientos de la política económica y social cubana demandan a las ciencias sociales una postura proactiva ante la realidad y un movimiento de investigaciones descriptivas-contemplativas a investigaciones pronósticas-transformadoras, donde sus resultados puedan ser introducidos en el ejercicio de la gestión pública e institucional. De este modo se responde a la necesidad de desarrollar espacios de encuentro intergeneracional producidos por los diferentes actores sociales de forma participativa, donde se atienda aquellos actores vulnerables y las soluciones propuestas sean equitativas.

La Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), ubicada en la ciudad de Santa Clara, provincia de Villa Clara, Cuba, fue fundada en 1952. Es considerada la más multidisciplinaria de las Casas de Altos Estudios cubanas, contando con aproximadamente 23.000 estudiantes, nacionales de diferentes provincias cubanas y extranjeros. Además, posee una plantilla de trabajadores que reúne más de 3.000 profesores y 1000 trabajadores de servicios.

El Centro de Estudios Comunitarios de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, a partir de sus desarrollos teóricos y metodológicos sobre comunidades, en una perspectiva de emancipación y empoderamiento para la transformación social, trabaja la accesibilidad desde el criterio de inclusión de los sujetos sociales con la promoción de espacios que favorezcan la simetría social, donde el desarrollo de la conciencia crítica, de la participación y de la cooperación en torno al proyecto común son herramientas para la acción. Teniendo en cuenta las características sociodemográficas de la provincia, los estudios sobre accesibilidad, inclusión, equidad, participación y cooperación llevados a cabo enfatizan en la problemática del envejecimiento y las dinámicas poblacionales.

Por ello, en coherencia con la nueva agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual insta en su tercer y undécimo objetivo respectivamente a “garantizar una vida

sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” y “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, con este proyecto se ha pretendido contribuir a la puesta en marcha de una política universitaria de gestión estratégica de las dinámicas poblacionales, desde la perspectiva de accesibilidad universal, con énfasis en el envejecimiento poblacional, que la legitime como actor social esencial para el desarrollo territorial.

## 2. METODOLOGÍA

Tal como estaba proyectado durante el desarrollo del proyecto se han combinado procedimientos, métodos y técnicas de investigación teórica y empírica que han permitido indagar sobre las variables poblacionales que caracterizan el tratamiento de las dinámicas poblacionales, desde la perspectiva de la accesibilidad universal, con énfasis en el envejecimiento poblacional, así como la gestión pública e institucional para esta temática desde un enfoque estructural, a partir de los procesos que median en su producción y reproducción. Este andamiaje metodológico ha permitido identificar elementos, tanto objetivos como subjetivos, que inciden en la gestión estratégica, como parte del sistema de relaciones sociales y de producción. Todo ello ha implicado el uso de instrumentos de diagnóstico e intervención sobre la realidad social desde un enfoque participativo y de compromiso social.

El proceso ha promovido, desde el análisis institucional-organizacional y de dirección, trascendiendo hacia otros niveles de la realidad, el fortalecimiento de la gestión estratégica como principal vía para atender la temática y paliar los efectos del envejecimiento poblacional en la provincia.

En un plano operativo táctico-técnico del desarrollo, la metodología se fundamenta conceptualmente desde una perspectiva constructorista, partiendo como hipótesis la búsqueda de un enfoque que elimine el reconocimiento de las limitaciones estructurales como un hecho implícito en el sistema tratando de desplazar la necesidad de las personas como una carencia subjetiva, permitiéndonos poder comprobar que con toda probabilidad lo que realmente se produce es un problema social por el carácter estructural del mismo.

Para ello, se ha optado por un modelo de análisis cuantitativo y cualitativo de datos. Se han empleado distintas técnicas, instrumentos e indicadores de medición y evaluación previa: técnicas de análisis documental, para contextualizar los marcos de referencia del estudio, aspectos sociales, históricos, normativos; técnicas de análisis demográfico, para conocer la dimensión de la variable del envejecimiento poblacional; técnicas de análisis del entorno, para la obtención de datos descriptivos de las variables del contexto, técnicas de entrevista no estructurada; técnicas de observación directa; técnicas de observación participante y técnicas Investigación exploratoria mediante imágenes fijas.

### 3. RESULTADOS ALCANZADOS<sup>1</sup>

a. Caracterización de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y su entorno, en cuanto a su dinámica poblacional (envejecimiento poblacional). Cabe destacar que, dentro del personal docente contratado, se encuentran profesores universitarios jubilados que fueron reincorporados en sus funciones gracias al Acuerdo 7587. Existen 138 docentes jubilados trabajando bajo este acuerdo, lo que supone un 7% del total de docentes de los que 81, es decir el 58,7% del profesorado jubilado reincorporado, lo está a tiempo completo.

b. Introducción de los resultados científicos con expresión en la política universitaria de gestión de las dinámicas poblacionales, desde la perspectiva de accesibilidad universal y diseño para todas las personas, con énfasis en el envejecimiento poblacional. Las publicaciones derivadas del proyecto forman parte de la nueva política universitaria de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (Cuba) y de la carga curricular del alumnado de dicha universidad, en especial, los que reciben formación en Arquitectura, Sociología y Psicología.

c. Identificación de los principales fenómenos psicosociales relacionados con el envejecimiento poblacional en el área de estudio. La identificación de los principales fenómenos psicosociales (contexto, inmigración, soledad, desamparo, relaciones familiares, etc.) ha quedado constatada en los distintos capítulos del monográfico “La gestión estratégica del envejecimiento poblacional a través de la accesibilidad universal. Una propuesta comparada Cuba-España” y el libro final “Accesibilidad Universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba). Diagnóstico y Propuestas”.

d. Ajuste de la política universitaria, en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas para el tratamiento a las dinámicas poblacionales, con énfasis en el envejecimiento poblacional para el desarrollo institucional y territorial desde una perspectiva de accesibilidad universal y diseño para todas las personas. El Seminario Internacional “Accesibilidad Universal” realizado en Cuba se configura como un punto de encuentro entre representantes de ambas instituciones.

e. Formación de actores sociales implicados con la gestión estratégica universitaria de las dinámicas poblacionales con énfasis en el envejecimiento poblacional y su impacto en el desarrollo territorial. La formación se ha realizado fundamentalmente a través del Seminario Internacional “Accesibilidad Universal” realizado en la Universidad Central

<sup>1</sup> Más información en: Libro final “Accesibilidad Universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba). Diagnóstico y Propuestas”. <https://www.mjaen.es/grupos-de-investigacion/gedex/accesibilidad-universal-para-la-gestion-estrategica-del-envejecimiento-poblacional-en-la-provincia>.

“Marta Abreu” de las Villas (Cuba) celebrado los días 1 y 2 de julio de 2019 (figura 01) y de las Jornadas Internacionales “Envejecimiento vs Accesibilidad: un futuro inclusivo” celebradas los días 12 y 13 de diciembre de 2019 en la Universidad de Jaén (figura 02).



Figura 01. Seminario Internacional “Accesibilidad Universal”. Fuente: GEDEX.



Figura 02. Jornadas Internacionales “Envejecimiento vs Accesibilidad: un futuro inclusivo”. Fuente: GEDEX.

f. Identificación y estudio de la accesibilidad universal en el entorno universitario, ha permitido ofrecer información descriptiva capaz de aportar la máxima representatividad de las personas para promover su inclusión en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (Figura 03).



Figura 03. Estudio de accesibilidad en Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Fuente: GEDEX.

g. Articulación a la estrategia de desarrollo provincial, a través de una estrategia para el tratamiento de las dinámicas poblacionales y el envejecimiento poblacional con acciones a medio y largo plazo. Los resultados del proyecto se tomaron como referencia científica dentro de la estrategia de desarrollo provincial de Santa Clara como uno de los ejes que faciliten sinergias, génesis de acciones posteriores para el abordaje de la dinámica demográfica y los efectos de ésta en el envejecimiento de la población y sus consecuencias sobre la dependencia y el mantenimiento de calidad de vida de las personas afectadas. El estudio y sus resultados, es en sí mismo es una acción que visualiza y constituye la estrategia de difundir y poner en valor las conclusiones obtenidas. La transferencia de este conocimiento y la valoración del mismo facilitan la posibilidad de cambio y la búsqueda de los satisfactores adecuados a las necesidades provocadas por la actual dinámica poblacional.

#### 4. CONCLUSIONES

Como se comentó en un principio, la propuesta es coherente con la nueva agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual insta en su tercer y undécimo objetivo respectivamente a “Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades” y “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. En igual medida su coherencia es acorde con su quinto objetivo “La igualdad de género no solo es un derecho humano fundamental, sino que es uno de los fundamentos esenciales para construir un mundo pacífico, próspero y sostenible”. El bienestar ha de ser para todas las edades y todos los géneros, pensando una realidad igualitaria y una ciudad que permita el desarrollo y crecimiento de toda persona, de todas las personas y de toda la persona, en equilibrio con su medio. Esta propuesta incide en el eje del paradigma que puede favorecer un desarrollo social sostenible reconociendo como abordar los cambios demográficos que se están produciendo en la población de Cuba en paralelo al envejecimiento de la población española y como abordar sus efectos y la metodología empleada en el mismo.

En el proceso de desarrollo del proyecto se ha podido destacar, a través de los distintos indicadores de análisis, los factores del impacto alcanzado, en tanto se ha llegado a una toma de conciencia desde análisis grupal y colectivo para replantear actitudes individuales desde la academia. El reconocimiento de dimensión del enfoque de las necesidades de las personas desde el paradigma centrado en la persona y que las causas inhabilitantes se encuentran en el medio y no en la capacidad de adaptación de la persona al mismo, calan implícitamente en el propio proceso de reflexión y análisis de su contexto, mediante las entrevistas, los seminarios y los foros de reflexión con profesionales, académicos y estudiantado reconociendo los factores satisfactorios que requieren mantener y las estrategias a desarrollar para ello.



Asimismo, detectar las oportunidades y cómo explotarlas y mediante qué estrategias lograrlo. En igual medida se pueden detectar factores desfavorables y mediante que técnicas y estrategias corregirlos y en última instancia cómo afrontar los factores amenazantes y diseñar las estrategias adecuadas para evolucionar en su desarrollo local y provincial, introduciendo el paradigma en el que se fundamenta este proyecto en sus enfoques y objetos de investigación, análisis y exposición formativa de su conocimiento, entrando dentro del enfoque I+D.

Prueba inmediata de este impacto, se encuentra en la actitud de la academia de abordar el tema central del objeto de reflexión de este proyecto, haciendo uso, referenciando y empleando como documentos de trabajo para el análisis de sus contextos y realidad de los distintos productos resultantes de los análisis, estudios y conclusiones. El monográfico La gestión estratégica del envejecimiento poblacional a través de la accesibilidad universal. Una propuesta comparada Cuba-España y el libro final resultado del estudio Accesibilidad universal para la gestión estratégica del envejecimiento poblacional en la provincia de Villa Clara (Cuba) Diagnóstico y Propuestas en sus programas de doctorado, en las enseñanzas de grado y pregrado, así como objeto para la realización de trabajos académicos son una evidencia de este impacto inmediato.

Como se puede constatar se han alcanzado todos los objetivos y resultados esperados, incluso en un contexto de crisis sanitaria internacional. Por ello, la valoración global de ambas partes es altamente satisfactoria, ya que se ha hecho uso de una financiación pública con parámetros de rigor y de responsabilidad social, buscando siempre la transferencia de resultados para la mejora de la situación en ambas instituciones, siendo éste uno de los puntos fundamentales de la cooperación internacional.

## 5. REFERENCIAS

Alguacil Gómez, J. (2006). Barrios desfavorecidos: diagnóstico de la situación española. En F. Vidal Fernández (dir.), *V Informe FUHEM de políticas sociales: La exclusión social y el estado de bienestar en España* (pp. 155-168). FUHEM.

Alonso López, F. (Dir.) (2002). *Libro Verde de la Accesibilidad en España. Diagnóstico y bases para un plan integral de supresión de barreras*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Comisión Europea (2000). *Hacia una Europa sin barreras para las personas con discapacidad*. [https://publications.europa.eu/resource/ellar/bf3048da-84c1-4bbc-9133-df4cddb605fe.0003.02/DOC\\_2](https://publications.europa.eu/resource/ellar/bf3048da-84c1-4bbc-9133-df4cddb605fe.0003.02/DOC_2)



De la Fuente, Y. M., Martín, M. C. y Hernández, J. (2018). El nuevo paradigma de la accesibilidad. Rompiendo barreras invisibles. En E. Pastor y L. Cano (dir.), *Políticas e intervenciones ante los procesos de vulnerabilidad y exclusión de personas y territorios: análisis comparado México-España* (pp. 145-157). Dykinson S.L.

Egea, C., Nieto, J. A., Domínguez, J. y González, R. A. (2008). *Vulnerabilidad del tejido social de los barrios desfavorecidos de Andalucía*. Centro de Estudios Andaluces, Consejería de la Presidencia, Junta de Andalucía.

European Commission (2001). *Background Paper Discrimination by Design*. [https://ec.europa.eu/info/index\\_es](https://ec.europa.eu/info/index_es)

European Institut for Design and Disability (2004). Declaración de Estocolmo. [https://dfaeurope.eu/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/stockholm-declaration\\_spanish.pdf](https://dfaeurope.eu/wordpress/wp-content/uploads/2014/05/stockholm-declaration_spanish.pdf)

Hernández, J., De la Fuente, Y. M. y Campo, M. (2014). La accesibilidad universal y el diseño para todas las personas factor clave para la inclusión social desde el design thinking curricular. *Educació Social. Revista d'intervenció Socioeducativa*, 58, 119-134. <https://www.raco.cat/index.php/EducacioSocial/article/view/284940/372793>

Martín, M. C., De la Fuente, Y. M., Durán, G. y Roque, Y. (2020). Friendly cities with vulnerable groups. A comparative perspective Cuba-Spain. *Revista Internacional de Apoyo a la Inclusión, Logopedia, Sociedad y Multiculturalidad*, 6(2), 42-52. <https://doi.org/10.17561/riai.v6.n2.4>

Martín, M. C., Luque, E. y De la Fuente, Y.M. (2018). Turismo inclusivo para todas las personas. Una apuesta por la diversidad. *Revista electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 3, 81-96. <https://doi.org/10.17561/reid.m3.6>

Oficina Nacional de Estadística e Información (2018). *Anuario Demográfico de Cuba*. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario\\_demografico\\_2018\\_0.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_demografico_2018_0.pdf)

Toboso, M. y Rogero, J. (2012). Diseño para todos en la investigación social sobre personas con discapacidad. *Reis – Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, (140), 163-172. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.140.163>







**Junta de Andalucía**

Consejería de Fomento,  
Articulación del Territorio y Vivienda