

| **La materialidad en la arquitectura del Movimiento Moderno:**

La investigación teórica y constructiva en el Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción IUACC

Antonio Tejedor Cabrera
Marta Molina Huelva

Resumen

La colaboración del IUACC con el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico en el proyecto _re-HABITAR El Carmen, como responsable de los aspectos tecnológico-constructivos, ha permitido abordar con el máximo rigor científico el análisis tecnológico de una arquitectura residencial del siglo XX que posee relevantes atributos patrimoniales.

El trabajo se organizó en tres equipos con tareas específicas relacionadas con el análisis de la estructura y la cimentación, la caracterización de las envolventes y el estudio energético-ambiental de los bloques de la barriada de El Carmen, tanto en las torres de diez plantas de altura como en los bloques lineales de cuatro plantas.

Por un lado, se realizaron estudios de estructura y cimentación, coordinados por Carmen Rodríguez de Liñán, investigadora responsable del Grupo de Investigación TEP-205. Los centrados en las envolventes fueron coordinados por Carmen Galán, investigadora responsable del Grupo de Investigación TEP-206. Un tercer equipo, centrado en energía y comportamiento ambiental, sería coordinado por Juan José Sendra, investigador responsable del Grupo de Investigación TEP-130.

Como se podrá ver en los capítulos que siguen, gracias a las investigaciones y conclusiones de los diferentes grupos de trabajo se ha podido comprobar que las normas de construcción de la Obra Sindical del Hogar, que seguían las de 1941 y el reglamento de 1955, condicionaron los sistemas constructivos utilizados en la barriada de El Carmen de Sevilla, por otra parte, habituales en la época para la construcción de viviendas sociales.

Las revistas de arquitectura contemporáneas a la construcción del conjunto, como *Hogar y Arquitectura*, ofrecen información de gran interés sobre los sistemas constructivos de este tiempo, también abarcados en otros grupos de investigación del proyecto _re-HABITAR. En el contexto de una investigación que no ha podido realizar ensayos destructivos al estar las viviendas en uso (por ejemplo, para identificar el sistema de formación de dinteles), esta investigación documental ha resultado de gran utilidad para establecer las hipótesis de trabajo más adecuadas.

La investigación ha demostrado que una adecuada puesta en valor de la vivienda social requiere puntos de vista transdisciplinares, de gran solvencia científica, que mutuamente se complementen entre sí para ofrecer una visión de conjunto, histórica, estructural, constructiva, energética y ambiental, pero también normativa y, sobre todo, que potencien su relevancia social.

| **The materiality in the architecture of the Modern Movement:**

Theoretical and constructive research at the University Institute of Architecture and Construction Science (IUACC)

Abstract

The IUACC partnered with the Andalusian Historical Heritage Institute on the _re-HABITAR El Carmen project to oversee its technological/constructive aspects, making it possible to conduct a rigorous scientific analysis of 20th-century residential architecture with significant heritage value.

The work was divided among three teams with specific tasks: structural and foundation analysis, characterisation of building envelopes, and an energy/environmental performance assessment of the buildings in the neighbourhood of El Carmen, including the ten-storey tower blocks as well as the four-storey terraced blocks.

The structural and foundation analyses were coordinated by Carmen Rodríguez de Liñán, leader of the TEP-205 Research Group. The building envelope studies were coordinated by Carmen Galán, leader of the TEP-206 Research Group. A third team, focused on energy and environmental performance, was coordinated by Juan José Sendra, leader of the TEP-130 Research Group.

As the following chapters show, the research and findings of the different working groups confirmed that the building regulations of Obra Sindical del Hogar, based on the 1941 regulations and the 1955 code, determined the construction methods used in the Seville neighbourhood of El Carmen, though it should be noted that these were standard practice at the time for public housing projects.

Architectural journals from the period when the houses were built, such as *Hogar y Arquitectura*, provided valuable information on the construction systems of those years, which have also been analysed by other research groups involved in the _re-HABITAR project. Destructive testing (to determine how the lintels were formed, for instance) was not possible in this case, as the houses are currently occupied, so this documentary research proved quite helpful for formulating the most suitable working hypotheses.

The research has shown that, in order to properly appreciate and promote the value of this public housing, it is essential to have cross-disciplinary perspectives of impeccable scientific accuracy that complement each other to gain a comprehensive understanding of all aspects—historical, structural, constructive, energetic, environmental and even regulatory—and, most importantly, highlight its social relevance.

1. El Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC) es un instituto de investigación de la Universidad de Sevilla reconocido como agente del Sistema Andaluz del Conocimiento en 2015. Está formado por más de 150 investigadores que desarrollan su actividad en todas las ramas de conocimiento relacionadas con la arquitectura, la ciudad, el territorio, la sostenibilidad y el paisaje.

El proyecto _re-HABITAR se gestó en 2012 dentro del programa Incentivos a Agentes del Sistema Andaluz del Conocimiento, que finalmente fue aprobado por la Junta de Andalucía en 2016. Ha tenido un desarrollo real de diez meses (desde el 1 de agosto de 2017 al 1 de junio de 2018) para el proyecto tecnológico-constructivo que ha desarrollado el IUACC como entidad cooperante del proyecto.¹ En el IUACC se optó desde el inicio por una división clara de las tareas en tres equipos de especialistas que se complementaban entre sí:

- Equipo A: Estructura y cimentación, coordinado por Carmen Rodríguez de Liñán, investigadora responsable del Grupo de Investigación TEP-205.
- Equipo B: Envolventes, coordinado por Carmen Galán, investigadora responsable del Grupo de Investigación TEP-206.
- Equipo C: Energía y comportamiento ambiental, coordinado por Juan José Sendra, investigador responsable del Grupo de Investigación TEP-130.

Con la investigación realizada por los grupos de investigación participantes y descrita en los subcapítulos que siguen, se ha podido comprobar que las normas de construcción de la Obra Sindical del Hogar, que seguían las de 1941 y el reglamento de 1955, condicionaron los sistemas constructivos utilizados en la barriada de El Carmen de Sevilla, por otra parte, habituales en la época para la construcción de viviendas sociales. Las revistas de arquitectura contemporáneas a la construcción del conjunto, como *Hogar y Arquitectura*, ofrecen información de gran interés sobre los sistemas constructivos de la época. En el contexto de una investigación que no ha podido realizar ensayos destructivos al estar las viviendas en uso –por ejemplo, para identificar el sistema de formación de dinteles– esta investigación documental ha resultado de gran utilidad para establecer las hipótesis de trabajo más adecuadas.

De esta experiencia, los tres equipos han extraído conclusiones precisas que se recogen más adelante, de las cuales se deducen algunas recomendaciones sobre los aspectos técnico-constructivos que pueden ser de interés para los investigadores de la arquitectura y el espacio urbano, en general, y de la arquitectura residencial del siglo XX, en particular, como son las siguientes:

- Es deseable una búsqueda detenida del contexto arquitectónico de la obra, ya que la documentación disponible suele ser escasa y cualquier dato puede resultar relevante. Por ello, es necesario documentar proyectos similares en tipología y escala que permitan comprender de un modo más amplio las condiciones históricas en que se desarrolló la obra, los

hábitos y las prácticas constructivas del momento. Por ejemplo, obras desarrolladas al amparo del mismo plan de urbanización y proyectos del mismo arquitecto o arquitectos.

- Se debe realizar un plan de inspección apoyado en las normas UNE y en el protocolo ITE de inspección de edificios. La sistematización de las fichas de inspección, centradas en el reconocimiento visual, en los ensayos no destructivos y en las hipótesis de cálculo, debe estar coordinada con los otros equipos o grupos de trabajo que participan en el proyecto. Los mismos sistemas constructivos pueden ser analizados desde distintos parámetros y las patologías de unos elementos constructivos incidir en los otros.²
- Las soluciones constructivas destinadas a mejorar el comportamiento ambiental y energético de los elementos constructivos deben ser sopesadas detenidamente para determinar qué influencia van a tener en la imagen de los edificios. Por ejemplo, la mejora del aislamiento debe realizarse preferentemente inyectando en las cámaras de aire de los cerramientos y, si no fuera posible, trasdosando por el interior, a pesar de la disminución de volumen útil que esta solución conlleva. Incluso la disposición de segundas carpinterías a haces exteriores puede suponer una alteración sustancial de los perfiles de sombra de las fachadas, razón por la cual debe prevalecer la sustitución de las carpinterías obsoletas por otras que se adapten mejor a los valores de referencia de la zona climática –según el CTE, B4 en el caso de Sevilla–. Más factible resulta la mejora de la capacidad aislante sobre las cubiertas y bajo los forjados de planta baja en la medida en que no suelen tener gran incidencia en la imagen global de las edificaciones, si bien su repercusión energética es menor en términos globales.
- Los modelos de simulación del comportamiento ambiental y energético de los edificios nos aportan una aproximación a las condiciones higrotérmicas interiores, vinculadas al confort, y permiten obtener la calificación energética normalizada en España –E en el caso de la barriada de El Carmen–. Los investigadores deben sopesar críticamente la aplicación de recientes herramientas de simulación a arquitecturas construidas hace décadas.³ Debe prevalecer la aplicación de sistemas pasivos para la reducción de los consumos energéticos de cada vivienda, así como la incorporación de energía renovable para los sistemas activos. También se debe evitar el sobrecalentamiento en verano con protecciones preferentemente móviles y tradicionales –tipo celosías– que permitan un tratamiento diferenciado en otras estaciones.

2. En la barriada de El Carmen no existen daños relevantes que tengan su origen en la estructura o la cimentación. El coeficiente de seguridad estructural se sitúa entre 1,5 y 1,8, y el de la cimentación a largo plazo es mayor de 3 y, a corto plazo, cercano a 2, que según el estudio estructural realizado se puede considerar satisfactorio.

3. En este caso de estudio se han usado las herramientas digitales Design-Builder y Lider-Calener. El estudio realizado ha permitido comprobar que los edificios cuentan con un importante potencial de mejora al comportamiento energético.

Vista de la fachada de las torres de la
barriada de El Carmen, 2018. Fondo
Gráfico (Antonio Tejedor)



4. Según el proyecto Life New4Old (Zaragoza, 2013), el 44 % de las viviendas sociales en España no tenían recursos para encender la calefacción en los momentos más dramáticos de la crisis económica.

Sin embargo, también constatamos que las soluciones no pueden ser exclusivamente técnicas pasivas: el contexto social debe ser analizado con detalle.⁴ Es importante acometer la rehabilitación energética del parque residencial social mediante la búsqueda del ahorro en consumo eléctrico con la utilización de sistemas de producción térmica y eléctrica renovable aprovechando el potencial y accesibilidad solar de las azoteas.

En el ámbito de la investigación en arquitectura, como sabe cualquier investigador, cada proyecto de investigación tiene una estación final que es en rea-



Vista de las cubiertas de la barriada
de El Carmen, 2018. Fondo Gráfico
(Antonio Tejedor)

lidad una puerta que se abre a nuevos interrogantes. ¿Cuál es la cuestión central que podríamos destacar entre todas las que la investigación plantea? De todas las novedades extraordinarias que los avances tecnológicos nos anuncian ¿se beneficia toda la sociedad? ¿La investigación permite una real mejora de la calidad de vida de todos?

La investigación tecnológica –y esto sería extensivo no solo al ámbito de la construcción, sino por ejemplo también al de las nanopartículas, de la monitorización, de la robótica o de la inteligencia artificial– tiene por tanto una dimensión ética que se debería trasladar a la regulación de los países. Deberíamos reivindicar siempre una preocupación humanística en la investigación científico-técnica. El control de los efectos del cambio climático sobre el patrimonio construido o el más inmediato objetivo de la mejora de la eficiencia

5. Según un estudio de Margarita de Luxán y su equipo, el 17 % de los hogares en Sevilla, el 14 % en Barcelona y el 23,5 % en Madrid se encuentran en situación de pobreza energética, es decir, deben destinar más de un 10 % de la renta equivalente del hogar al gasto de energía. DE LUXÁN, Margarita *et al.*, *Rehabilitación exprés para hogares vulnerables. Soluciones de bajo coste*, Fundación Gas Natural-Fenosa, julio 2017.

energética y la accesibilidad de las viviendas sociales es, desde nuestro punto de vista, una imprescindible materia de estudio, necesitado aún de propuestas científicas imaginativas.

Este es sin duda el gran reto que plantea hacia el futuro el proyecto _re-HABITAR. Las aportaciones realizadas por los equipos participantes resuelven la caracterización constructiva y patrimonial de la barriada de El Carmen gracias a una amplia visión transdisciplinar. Sin embargo, se podría seguir profundizando en las soluciones técnicas, viables y realistas, que se pueden aplicar a la rehabilitación de la vivienda social del Movimiento Moderno: propuestas de bajo coste, concertadas con los usuarios, que faciliten accesibilidad y que sean en efecto un beneficio neto para los ciudadanos. Se está revelando necesario repensar todos los protocolos y las soluciones para la recuperación del patrimonio residencial del siglo XX: el impacto real del cambio climático; la clasificación de las zonas climáticas, en especial en las grandes ciudades, ya que los datos reales de las islas de calor urbanas suelen ser más altos que los estadísticos; los drásticos cambios acontecidos en las últimas décadas sobre el tipo de usuarios y la estructura de los hogares, etc. Desde luego, el CTE no contempla estas cuestiones en el Documento Básico de Ahorro de Energía cuando se rehabilita un edificio. Por ello, empezamos a comprender que el patrimonio residencial del siglo XX necesita de modelos de intervención que eviten en lo posible la aplicación de las normativas recientes, pensadas en general para edificios de nueva planta, mediante actuaciones que:

- No sean distintas de las que se llevarían a cabo para el mantenimiento de los edificios, destinadas a la habitabilidad.
- No supongan en ningún caso un incremento de la demanda energética de los edificios, dada la vulnerabilidad económica de una parte importante de sus habitantes.
- No impliquen una renovación sustancial de la superficie total de la envolvente de los edificios, sino que estén centradas en las carpinterías y en la instalación de dispositivos móviles que optimicen el rendimiento térmico estacional.⁵

Por último, las leyes y reglamentos sobre el patrimonio histórico apenas han considerado la excepcionalidad de este tipo de patrimonio social en su articulado, hasta el punto de que hacen inviable una intervención sin proyecto. ¿Se deberían promover desde las instituciones responsables de la tutela del patrimonio unos formatos de intervención menos exigentes para el patrimo-

nio residencial? Desde luego, las aportaciones que la investigación científica proporciona deberían encontrar una respuesta apropiada en el ámbito de la gestión política para que puedan convertirse en progreso y bienestar social, para que lleguen de una manera efectiva a los ciudadanos. El avance científico y tecnológico debe ser aplicado mediante políticas sociales al cuantioso patrimonio residencial del siglo XX. La investigación científica y tecnológica no puede ser ajena a la reivindicación de un activismo que sea capaz de trasladar sus propuestas a la ciudadanía, pues de otro modo generaría frustración y desconfianza. Pues son las personas el fin último de la investigación y creemos que este proyecto _re-HABITAR así lo demuestra de una manera ejemplar.

Desde el IUACC, agradecemos al IAPH la oportunidad de realizar una parte tan relevante del proyecto _re-HABITAR. Como investigadores de la arquitectura y las ciencias de la construcción nos sentimos muy cómodos, como en nuestro nicho ecológico perfecto, colaborando en un proyecto que aúna patrimonio con sostenibilidad y con ciudad, que son los tres grandes pilares de la investigación del IUACC. Pues todos los grupos de investigación de la Universidad de Sevilla adscritos (22), de un modo u otro y con enfoques complementarios, se dedican a la investigación en esos tres grandes ejes temáticos.⁶

Por último, queremos mostrar un agradecimiento especial a todos los investigadores del IUACC que han realizado el análisis de campo y de gabinete, así como a los becarios colaboradores:

Coordinación: Marta Molina Huelva y Antonio Tejedor Cabrera.
Investigadores: TEP-130 Juan José Sendra, Rafael Suárez, Ángel Luis León, Mónica Martínez-Hervás, Carmen María Muñoz González. TEP-205 Carmen Rodríguez Liñán, Rocío Romero Hernández, Enrique Vázquez Vicente, Paloma Rubio de Hita, Filomena Pérez Gálvez, M^a Jesús Morales Conde, Alejandro Pedreño Rojas, Eduardo Diz Mellado. TEP-206 Carmen Galán Marín, José Antonio López Martínez, Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe, Carlos Rivera Gómez, Jorge Roa Fernández, Ángel Satué Falla, José Antonio Romero Otero. Colaboradores del IUACC en la síntesis documental de cada fase: Javier Navarro de Pablos, Gabriel Velasco y Marcos Merino del Río.

6. En los últimos seis años, de los 53 proyectos competitivos que se desarrollan en el IUACC, 22 están directamente relacionados con la rehabilitación tecnológica, constructiva y ambiental de la arquitectura residencial. Ver tabla.

Proyectos de investigación del IUACC Universidad de Sevilla relacionados con el patrimonio residencial (2013-2018)

Título	Fecha inicio	Fecha fin	Investigador principal IUACC	Entidad financiadora
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	1/1/2017	1/1/2021	SI	Ministerio de Economía y Competitividad
Rehabilitación ecoeficiente de edificios y barriadas: la gestión de los RCD en Argentina y la aplicación de productos ecoeficientes del CEP a la normativa española	1/1/2015	12/31/2020	SI	Universidad de Buenos Aires
Tutela sostenible del patrimonio cultural a través de modelos digitales BIM y SIG. Contribución al conocimiento e innovación social	12/30/2016	12/29/2019	SI	Ministerio de Economía y Competitividad. Plan Estatal 2013-2016-Proyectos Excelencia I+D+i
Atuar na transição para uma economia de baixo carbono em escolas - desenvolvimento de ferramentas de apoio. "ClimACT"	7/1/2016	6/30/2019		Comisión Europea
Desarrollo de simuladores hidrodinámicos y morfodinámicos eficientes para la evaluación y previsión de riesgos II	1/1/2016	12/31/2018	SI	Ministerio de Economía y Competitividad. Plan Estatal 2013-2016. Proyectos I+D+i Retos
Diseño eco-eficiente de patios en edificios mediante modelos de orden reducido	1/1/2016	12/31/2018	SI	Ministerio de Economía y Competitividad
Optimización paramétrica de fachadas de doble piel en clima mediterráneo para la mejora de la eficiencia energética ante escenarios de cambio climático	1/1/2018	12/31/2018	SI	Ministerio de Economía, Industria y Competitividad
Panel particiones arquitectónicas naturales, ecoeficientes y ligeras	1/30/2014	1/29/2018	SI	Proyecto de Excelencia de la J.A.
Recuperación arquitectura sistemas tradicionales impermeabilización, protección y luminosidad. Revestimiento natural mortero de cal, eficiente y aminorador de cambio climático	1/3/2015	1/2/2018	SI	Ministerio de Economía y Competitividad. Plan Estatal 2013-2016. Proyectos Excelencia I+D+i
La rehabilitación energética de edificios de uso terciario en clima mediterráneo mediante la optimización de los sistemas de protección solar	1/1/2015	12/31/2017	SI	Ministerio de Economía y Competitividad
EUObs - Ecobarrios <i>versus</i> rehabilitación de barriadas. Proyecto de mejora de barriadas obsoletas en términos de sostenibilidad	4/30/2014	4/29/2016	SI	Fundación Habitec
Un modelo digital de información para el conocimiento y gestión de bienes inmuebles del patrimonio cultural	1/1/2013	6/30/2016	SI	Ministerio de Economía y Competitividad. Proyectos I+D+i Retos
La ciudad peatonal. Integración en la planificación urbana y territorial. Sevilla y su territorio desde la movilidad peatonal	1/13/2015	9/30/2015	SI	Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CooperHaBITAr. Claves para la generación de procesos cooperativos que aseguren el derecho a una vivienda digna en Andalucía	1/26/2015	9/30/2015	SI	Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
Actualización de antiguos materiales impermeabilizantes en la construcción y restauración de fachadas del patrimonio edificado y nueva arquitectura	7/6/2011	7/6/2015	SI	J.A. Consejería de Economía Innovación y Ciencia. Secretaría General de Universidades. Proyecto de Excelencia
Intervención en barriadas residenciales obsoletas: manual de buenas prácticas	11/15/2013	6/30/2015	SI	Proyecto I+D+i AOP Junta Andalucía
Sistema de información activa de los espacios públicos en Andalucía. Laboratorio de paisaje transversal en Andalucía	11/20/2013	6/20/2015	SI	Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
(Re)habilitación+ (Re)generación+(Re)programación. El reciclaje y la gestión sostenible del parque edificado andaluz. Gestión de entornos habitables desde criterios de envejecimiento activo, género y habitabilidad urbana. Equipo de investigación: (Re)Programa	11/14/2013	12/31/2014	SI	Proyecto I+D+i AOP Junta Andalucía
Estrategias urbanas y arquitectónicas para el uso temporal de suelos de patrimonio público	11/15/2013	12/31/2014	SI	Proyecto I+D+i AOP Junta Andalucía.
Barrios en transición	11/15/2013	12/31/2014	SI	Proyecto I+D+i AOP Junta Andalucía
Recuperación en la arquitectura de los sistemas tradicionales de impermeabilización en cubiertas y muros con materiales naturales	1/1/2010	12/31/2013	SI	Otros Programas del Plan Nac.I+D Ministerio de CC y Tecnol.