

ISViS 2021

**Actas del I Congreso sobre Innovación
y Sostenibilidad en la Vivienda Social**

Granada 10, 11 y 12 de Noviembre de 2021



Coordinación de la edición

Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA) y Secretaría Técnica de ISViS21

Edita

Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía

Secretaría Técnica

Martín Morales, María · Martínez Aires, M^a Dolores · Zamorano Toro, Montserrat

Comité Técnico

del Pino Leruite, Juan Carlos · Bueso Guirao, Enrique · Ferrer Santiago, Andrés · Martín Morales, María · Martínez Carrillo, Manuel · Cortés Moreno, Álvaro · Morón Serna, Elena · Pérez López, María Luisa · Rodríguez Hervias, María Isabel · Romero García, Marta · Zamorano Toro, Montserrat

Comité Científico

Álvarez Domínguez, Servando · Barrios Padura, Ángela · La Cal Herrera, José Antonio · Cano Ortega, Antonio · Carpio Martínez, Manuel · Claro Ponce, José Carlos · Costa, Néelson · Díaz López, Carmen · Frías López, Elena · Fuster Rupilanchas, Almudena · García Vázquez, Carlos Gabriel · Holgado Terriza, Juan Antonio · Márquez Ballesteros, M^a José · Martínez Aires, M^a Dolores · Martínez Rojas, María · Mirón, Luciana · Pérez del Pulgar, Fernando · Queipo de Llano Moya, Juan · Rey Martínez, Francisco Javier · Rodríguez Jiménez, Carlos Eugenio · Rubio Bellido, Carlos · Sendra Salas, Juan José · Terrados Cepeda, Francisco Javier · Ventura Blanch, Ferrán · Verichev, Konstantín

© Autores.

© Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.

ISBN: 978-84-8095-605-5

Nº de registro: JAFIOT/AVRA-03-2021

Fecha: noviembre de 2021

Reservado todos los derechos. Prohibida toda reproducción total o parcial en cualquier soporte o sistema sin permiso escrito de los titulares del copyright.

Prólogo

Cuando la consejera de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio, Marifrán Carazo, encomendó a la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía la organización de un congreso sobre rehabilitación energética en la vivienda, lo consideré una gran oportunidad, no sin dificultad, pero tremendamente ilusionante, más aún en los tiempos actuales, decisivos para la vivienda.

Vivimos un momento en el que tanto la innovación como la sostenibilidad son claves para afrontar los grandes retos de la sociedad en materia de vivienda social. Conseguir la reducción de impacto ambiental del parque edificatorio para mitigar los efectos del cambio climático, lograr llevar a cabo con éxito las importantes actuaciones de rehabilitación energética en viviendas provenientes de fondos europeos de recuperación de la pandemia del COVID-19, no será posible sin una visión y formación suficientemente amplia, que permita anticiparse a dichos retos.

Por ello, el I Congreso sobre Innovación y Sostenibilidad en la Vivienda Social, ISVIS 2021, se ha mostrado como un evento necesario, cuyo principal valor es lo mucho que nos ha enseñado y aportado a quienes hemos participado en las numerosas e intensas sesiones de este foro técnico. Todos nos hemos llevado de este Congreso gran cantidad de conocimientos, que nos serán muy útiles en nuestro trabajo de gestión de la vivienda social.

El equipo organizador de este congreso no puede dejar de estar satisfecho. Hemos obtenido una respuesta extraordinaria por parte de los participantes. Todos los grandes profesionales que fueron invitados a transmitirnos sus conocimientos con sus ponencias, comunicaciones, casos prácticos, etcétera, han sido absolutamente cómplices y todos han dejado aquí lo mejor de sus experiencias y de su saber.

La ingente información compartida con los 370 congresistas inscritos y con otras muchas personas que han seguido online las sesiones del congreso, tiene un enorme valor. Nuestro agradecimiento a quienes, con sus ponencias y comunicaciones, nos han traído el conocimiento. Los contenidos de las 14 ponencias, las 15 comunicaciones y los 14 casos de buenas prácticas expuestos durante las sesiones, como también los debates propiciados, han sido de enorme interés.

También, cómo no, nuestro agradecimiento a todos los inscritos y asistentes, en sala y online, por su manifiesto interés.

El reconocimiento al conjunto del equipo que ha trabajado durante meses para que ISVIS 2021 se haya desarrollado con éxito. A los miembros de los Comités, la Secretaría, al equipo del Área de Operaciones de AVRA, al de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación de Granada, al personal de apoyo externo, a las entidades colaboradoras. Gracias por vuestra implicación, por vuestra ilusión, por vuestro compromiso.

Tras este Congreso, estamos mucho más convencidos de que la vivienda social está absolutamente vinculada a la sostenibilidad y que hemos de continuar trabajando por conseguir una vivienda social sostenible desde las tres perspectivas: medioambiental, económica, y social.

Nos alegra enormemente que este foro haya propiciado numerosos contactos entre expertos en sostenibilidad e innovación aplicadas a la vivienda social. Porque seguro que esos contactos van a permitir en el futuro cercano fructíferas colaboraciones, que vendrán a facilitar nuestra labor y a mejorar los resultados. Lo consideraremos otro de los grandes logros alcanzados por este Congreso.

Por todo ello, salimos reforzados de esta experiencia y con vistas a la segunda edición del Congreso de Innovación y Sostenibilidad en la Vivienda Social.

Juan Carlos del Pino Leruite

Director general

Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía

ÍNDICE

Comités	7
Programa del Congreso	14
BLOQUE 1. LA INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA VIVIENDA SOCIAL DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL, ECONÓMICA Y POLÍTICA	13
Sesión 1. Logros y desafíos de las políticas públicas para la sostenibilidad de la vivienda social	14
Retos y realidades de la adaptación de las viviendas al cambio climático: una perspectiva técnica.....	15
Sesión 2. Herramientas para impulsar la gestión sostenible de la vivienda social y su entorno urbano	20
Los Certificados de Eficiencia Energética de Nueva Generación	21
Las Islas y micro-islas de Calor Urbana en las prioridades sociales de intervención en la ciudad	32
Automated Design	36
Gestión energéticamente sostenible de la vivienda social: capacitación profesional y concienciación ciudadana para el empleo a gran escala de las bombas de calor. Proyecto europeo HP4ALL.....	42
Evaluando la sostenibilidad de los edificios. LEVEL(s)	49
Sesión 3. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano. Experiencias de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en la gestión de vivienda social	52
Obsolescencia residencial. Manual de buenas prácticas.....	53
Dos Intervenciones de la Agencia De Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en el desarrollo urbano de Granada: Mondragones y Automovilismo.....	57
Sustainable Management of the Necessary Graphic Information for the BIM Digital Modelling of AVRA Housing.....	67
Transfer of Information between the Building Management Program of the Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA) and Building Information Models (BIM).....	74
Integración de soluciones de refrigeración pasiva en viviendas sociales: caso real en Mengíbar (Jaén)	80

Sesión 4. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano. Contribuciones científicas	87
LEVELs: Evaluación de la sostenibilidad en la edificación	88
Medición de la sostenibilidad en la vivienda social. La integración de Level(s) y Taxonomía en VERDE y DGNB.....	94
Certificación de sostenibilidad en viviendas con la herramienta CEACE: Certificado Ecológico Andaluz para la Construcción de Edificios. Según indicadores ambientales Huella de Carbono (HC), Ecológica (HE) e Hídrica (HH)	100
La Casa-Patio de El Puche en Almería.	106
Cartuja Qanat, un proyecto para recuperar la vida en la calle en un contexto de cambio climático.....	113
BLOQUE 2. RETOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, ENERGÍAS RENOVABLES, INDUSTRIALIZACIÓN Y RESILIENCIA EN LA VIVIENDA SOCIAL	120
Sesión 1. La vivienda social de consumo casi nulo. De reto a realidad	121
De los edificios de energía casi nula a los edificios centrados en las personas: evolución natural del reto.....	122
La Comunidad Habitacional	126
Carabanchel 34: las primeras 25 viviendas públicas de la EMVS de Madrid bajo el estándar Passivhaus	128
Solarhaus. Edificio de energía positiva en bloque de 38 viviendas protegidas con instalación de autoconsumo en Ripagaina (Navarra)	143
Sesión 2. Innovación y resiliencia de la vivienda social y su entorno urbano. Oportunidades y barreras	149
La vivienda social en la era digital. Modelos colaborativos	150
Estrategias para reforzar la resiliencia frente a catástrofes en viviendas. La experiencia en la Comunitat Valenciana.	155
Integration of renewable energies and hydrogen-based technologies for social housing energy saving	163
Mejora de la resiliencia urbana frente al cambio climático; oportunidades y retos	169
SmartEnCity: recuperando el barrio de Coronación en Vitoria Gasteiz. La Administración Pública como Promotora Delegada para impulsar la rehabilitación.....	176

Sesión 3. La vivienda social industrializada. Una apuesta por la sostenibilidad.....	182
A decent and adequate home. BIM as an engine of social and sustainable innovation.....	183
Vivienda táctica: ATRI y APROP.....	189
Viabilizando la Construcción de la Vivienda Social mediante la Industrialización	196
Innovar para la sostenibilidad: Gestión de la arquitectura residencial de promoción pública en Andalucía.	199
Sesión 4. Contribuciones científicas. Innovación tecnológica y constructiva sostenible en la vivienda social y el espacio urbano	202
El problema de la sostenibilidad en la industrialización de la vivienda social y sus modelos de gestión: el caso de la Vivienda de Interés Social VIS en Medellín, Colombia.	208
Is thermal insulation the right solution to mitigate the effects of hot summers in the Mediterranean area? Evaluation of a double-skin façade in test cells.	215
Desarrollo de prototipo con sistemas solares fotovoltaicos y baterías de almacenamiento para la investigación en generación distribuida para viviendas sociales	221
EDEACICE, Centro de Innovación y Calidad de la Edificación: Ensayos a escala real en vivienda social	228
Ensayo blower door y la realidad energética de las viviendas	235
Intervenciones y ensayos de soluciones naturales implementadas en la fachada de viviendas EDEACICE	241
Modelo holístico de evaluación predictiva y adaptativa de la Pobreza Energética	248
Cubierta evaporativa ventilada CAVE como técnica de rehabilitación e integración de sumideros medioambientales de calor en la envuelta del edificio	254

COMITÉS

Comité Técnico

Presidente: Juan Carlos del Pino Leruite. Director General de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

Vocales:

Enrique Bueso Guirao, Gerente y asesor jurídico de la Asociación Española de Promotores Públicos de Vivienda y Suelo (AVS)

Andrés Ferrer Santiago. Gerente del Clúster de la Construcción Sostenible de Andalucía

María Martín Morales. Profesora Titular de Universidad. Universidad de Granada

Manuel Martínez Carrillo. Jefe del Departamento de Instalaciones y Obras de la Delegación en Granada de la Consejería de Turismo

Álvaro Cortés Moreno. Director General de Licencias y Disciplina del Ayuntamiento de Granada

Elena Morón Serna. Jefa Sección Rehabilitación de la Agencia Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

María Luisa Pérez López. Técnica de la Sección de Rehabilitación del Área de Operaciones. Agencia Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

María Isabel Rodríguez Hervias. Directora General de Urbanismo del Ayuntamiento de Granada

Marta Romero García. Técnica de la Sección de Rehabilitación del Área de Operaciones. Agencia Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA).

Montserrat Zamorano Toro. Catedrática de la Universidad de Granada

Secretaría

Secretaria: María Martín Morales. Profesora Titular de la Universidad de Granada

Apoyo a la secretaría:

M^a Dolores Martínez Aires. Profesora Titular de la Universidad de Granada

Montserrat Zamorano Toro. Catedrática de la Universidad de Granada

Comité Científico

Servando Álvarez Domínguez. Universidad de Sevilla (España)
Ángela Barrios Padura. Universidad de Sevilla (España)
José Antonio La Cal Herrera. Universidad de Jaén (España)
Antonio Cano Ortega. Universidad de Jaén (España)
Manuel Carpio Martínez. Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile (Chile)
José Carlos Claro Ponce. Universidad de Sevilla (España)
Nélson Costa. Universidad de Minho (Portugal)
Carmen Díaz López. Universidad de Granada (España)
Elena Frías López. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción CSIC (España)
Almudena Fuster Rupilanchas. Universidad de Alcalá (España)
Carlos Gabriel García Vázquez. Universidad de Sevilla (España)
Juan Antonio Holgado Terriza. Universidad de Granada (España)
María José Márquez Ballesteros. Universidad de Málaga (España)
M^a Dolores Martínez Aires. Universidad de Granada (España)
María Martínez Rojas. Universidad de Málaga (España)
Luciana Mirón. Federal University of Rio Grande do Sul (Brazil)
Fernando Pérez del Pulgar. Universidad de Málaga (España)
Juan Queipo de Llano Moya. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción CSIC (España)
Francisco Javier Rey Martínez. Universidad de Valladolid (España)
Carlos Eugenio Rodríguez Jiménez. Universidad de Sevilla (España)
Carlos Rubio Bellido. Universidad de Sevilla (España)
Juan José Sendra Salas. Universidad de Sevilla (España)
Francisco Javier Terrados Cepeda. Universidad de Sevilla (España)
Ferrán Ventura Blanch. Universidad de Málaga (España)
Konstantín Verichev. Universidad Austral de Valdivia (Chile)

PROGRAMA DEL CONGRESO

BLOQUE 1. LA INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN LA VIVIENDA SOCIAL DESDE UNA PERSPECTIVA SOCIAL, ECONÓMICA Y POLÍTICA

Sesión 1. Logros y desafíos de las políticas públicas para la sostenibilidad de la vivienda social

- Ponencia 1: Fomento del alquiler, una demanda social. Alicia Martínez Martín. Secretaria General de Vivienda de la Consejería de Fomento, Infraestructuras y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía
- Ponencia 2: Las próximas fronteras: cómo los proveedores de vivienda social y Housing Europe están impulsando la innovación en el sector. João Gonçalves. Innovation and Project manager de Housing Europa
- Ponencia 3: Retos y realidades de la adaptación de las viviendas al cambio climático: una perspectiva técnica. Montserrat Zamorano Toro. Catedrática de la Universidad de Granada

Sesión 2. Herramientas para impulsar la gestión sostenible de la vivienda social y su entorno urbano

- Ponencia 1: Los Certificados de Eficiencia Energética de nueva generación. Servando Álvarez Domínguez. Catedrático de la Universidad de Sevilla
- Ponencia 2: La gestión y promoción pública instrumental de la Vivienda social. Enrique Bueso Guirao. Gerente de la Asociación Española de Gestores Públicos de Vivienda y Suelo (AVS)
- Ponencia 3: Las islas y micro-islas de calor urbanas en las prioridades sociales de intervención en la ciudad. Javier Neila González. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid y miembro del Comité Científico de la Asociación Sostenibilidad y Arquitectura (ASA)
- Casos de buenas prácticas: Automated Design. Jesús Perucho Alcalde. Bussines Developer de Bryden Wood
- Casos de buenas prácticas: Gestión energéticamente sostenible de la vivienda social: capacitación profesional y concienciación ciudadana para el empleo a gran escala de las bombas de calor. Proyecto europeo HP4ALL. Carlos García Delgado. Responsable Técnico Sectorial de la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA)
- Casos de buenas prácticas: Evaluando la sostenibilidad de los edificios. LEVEL(S). Ángela Ranea Palma. Project Officer del Joint Research Center (JRC) de la Comisión Europea

Sesión 3. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano. Experiencias de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en la gestión de vivienda social

- Ponencia: Obsolescencia residencial. Manual de buenas prácticas. Carlos García Vázquez. Catedrático de la Universidad de Sevilla
- Casos de buenas practices: Dos intervenciones de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en el desarrollo urbano de Granada: Mondragones y Automovilismo. José Ignacio Vélez Fernández. Jefe de Sección Técnica de la Dirección Provincial de Granada de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA). María José Lechuga Báez. Jefa de Sección de Gestión de la Dirección Provincial de Granada de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

- Comunicación 1: Sustainable Management of the Necessary Graphic Information for the BIM Digital Modelling of AVRA Housing. Francisco Pinto Puerto, José María Guerrero Vega. Roque Angulo Fornos. Universidad de Sevilla
- Comunicación 2: Transfer of Information between the Building Management Program of the Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA) and Building Information Models (BIM). Antonio García Martínez, Manuel Castellano Román, Francisco Pastor Gil. Universidad de Sevilla y Pastor Arquitectos
- Comunicación 3: Integración de soluciones de refrigeración pasiva en viviendas sociales: caso real en Mengíbar (Jaén). Teresa Rocío Palomo Amores, María del Carmen Guerrero Delgado, José Sánchez Ramos, Daniel Castro Medina, José Luis Molina Félix, Servando Álvarez Domínguez. Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla

Sesión 4. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano.

Contribuciones científicas

- Ponencia: LEVELs: Sistema desarrollado por la Comisión Europea para la Evaluación de la sostenibilidad en la edificación. Nicolás Bermejo Presa. Adjunto Dirección de Marketing, Saint Gobain Isover
- Comunicación 1: Medición de la sostenibilidad en vivienda social. Julia Manzano Barriga, Yolanda del Rey Chapinal, Paula Rivas Hesse. Área Técnica GBCe.
- Comunicación 2: Certificación de sostenibilidad en viviendas con la herramienta CEACE: Certificado Ecológico Andaluz para la Construcción de Edificios. Según indicadores ambientales Huella de Carbono (HC), Ecológica (HE) e Hídrica (HH). Patricia González-Vallejo, M^a Desirée Alba-Rodríguez, Cristina Rivero-Camacho, Jaime Solís-Guzmán, Madely Marrero. Universidad de Sevilla
- Comunicación 3: La Casa-Patio de El Puche en Almería. José Francisco García-Sánchez. Universidad de Granada
- Comunicación 4: Cartuja Qanat, un proyecto para recuperar la vida en la calle en un contexto de cambio climático. M^a Carmen Guerrero Delgado, José Sánchez Ramos, Teresa Rocío Palomo Amores, Daniel Castro Medina, Alberto Cerezo Narváez, Servando Álvarez Domínguez. Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. Universidad de Cádiz

BLOQUE 2. RETOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, ENERGÍAS RENOVABLES, INDUSTRIALIZACIÓN Y RESILIENCIA EN LA VIVIENDA SOCIAL

Sesión 1. La vivienda social de consumo casi nulo. De reto a realidad

- Ponencia: De los edificios de energía casi nula a los edificios centrados en las personas: evolución natural del reto. Carmen Devesa Fernández. Project Manager del Clúster de hábitat eficiente (AEICE)
- Casos de buenas prácticas: Anna Llonch. Arquitecta de Cierto Estudio
- Casos de buenas prácticas: Carabanchel 34: las primeras 25 viviendas públicas de EMVS bajo el estándar Passivhaus. Miguel Díaz Martín. Arquitecto del estudio Ruiz Larrea & Asociados
- Casos de buenas prácticas: NUEVOS PROYECTOS, NUEVOS PARADIGMAS. El caso de las 85 VPO en el sector PISA, Cornellá de Llobregat. Josep María Borrell Bru. Coordinador Técnico de

Instituto metropolitano de Promoción de Suelo y Gestión Patrimonial del Área Metropolitana de Barcelona (IMPSOL)

- Casos de buenas prácticas: Solarhaus. Edificio de energía positiva en bloque de 38 viviendas protegidas con instalación de autoconsumo en Ripagaina (Navarra). Francisco J. Serna Lumbreras. Jefe de proyectos del Departamento de Energética Edificatoria del Centro Nacional de Energías Renovables Edificatoria (CENER)

Sesión 2. Innovación y resiliencia de la vivienda social y su entorno urbano. Oportunidades y barreras

- Ponencia 1: La vivienda social en la era digital. Modelos colaborativos. Elisa Valero Ramos. Catedrática de la Universidad de Granada
- Ponencia 2: Estrategias para reforzar la resiliencia frente a catástrofes en viviendas. La experiencia en la Comunitat Valenciana. Begoña Serrano Lanzarote. Directora del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)
- Casos de buenas prácticas: Integration of renewable energies and hydrogen-based technologies for social housing energy saving. Víctor Manuel Maestre Muñoz. Ingeniero del proyecto Energy Push
- Casos de buenas prácticas: Mejora de la resiliencia urbana frente al cambio climático; oportunidades y retos. María Isabel Rodríguez Rojas. Profesora Titular de la Universidad de Granada
- Casos de buenas prácticas: SmartEnCity: recuperando el barrio de Coronación en Vitoria Gasteiz. La Administración Pública como Promotora Delegada para impulsar la rehabilitación. David Grisaleña Rodríguez Técnico de Innovación y Sostenibilidad de la Sociedad Pública de Vivienda y Suelo de Euskadi (VISESA)

Sesión 3. La vivienda social industrializada. Una apuesta por la sostenibilidad

- Ponencia: Una vivienda digna y adecuada. BIM como motor de innovación social y sostenible. Ignasi Pérez Arnal. CEO de BIM Academy y Partner de Crea HOUSE
- Casos de buenas prácticas: Vivienda táctica: ATRI y APROP. David Juárez Latimer-Knowles. Arquitecto del estudio Straddle3
- Casos de buenas prácticas: Viabilizando la construcción de vivienda social mediante la industrialización: plazos y OPEX. Rafael Puga Sánchez. Director General de Contratación del grupo AVINTIA
- Casos de buenas prácticas: Industrialización: El motor del cambio en la vivienda social. Ignacio Peinado Guerrero. Managing Partner de Alternatives de URBANIA
- Casos de buenas prácticas: Innovar para la sostenibilidad: Gestión de la arquitectura residencial de promoción pública en Andalucía. Elena Morón Serna. Jefa de Sección de Rehabilitación de Edificios de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

Sesión 4. Contribuciones científicas. Innovación tecnológica y constructiva sostenible en la vivienda social y el espacio urbano

- Ponencia: La accesibilidad universal de la vivienda en Europa. Una comparativa entre España, Alemania y Suecia. Héctor Simón Moreno. Profesor de la Universidad Rovira i Virgili

- Comunicación 1: El problema de la sostenibilidad en la industrialización de la vivienda social y sus modelos de gestión: el caso de la Vivienda de Interés Social VIS en Medellín, Colombia. Taborda-Llano, Isabella, Marín-Vanegas, Daniel, Benavides-Uribe, Ricardo. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
- Comunicación 2: Is thermal insulation the right solution to mitigate the effects of hot summers in the Mediterranean area? Evaluation of a double-skin façade in test cells. Rocío Escandón Ramírez, Rafael Suárez Medina, Ángel Luis León Rodríguez, Alicia Alonso Carrillo, Carmen Mª Calama-González. Universidad de Sevilla
- Comunicación 3: Desarrollo de prototipo con sistemas solares fotovoltaicos y baterías de almacenamiento para la investigación en generación distribuida para viviendas sociales. Irene Montero Puesta, Teresa Miranda, Fernando Barrena, Francisco José Sepúlveda. Universidad de Extremadura
- Comunicación 4: EDEACICE, Centro de Innovación y Calidad de la Edificación: Ensayos a escala real en vivienda social. Ángeles Perianes Gutierrez, Irene Amigo Gamero, Beatriz Martín Jarillo. INTROMAC
- Comunicación 5: Ensayo blower door y la realidad energética de las viviendas. Francisco José Soto Lara. Ebuilding
- Comunicación 6: Intervenciones y ensayos de soluciones naturales implementadas en la fachada de viviendas EDEACICE. Irene Amigo Gamero, Ángeles Perianes Gutierrez, Beatriz Martín Jarillo. INTROMAC
- Comunicación 7: Modelo holístico de evaluación predictiva y adaptativa de la Pobreza Energética. Mª Desiree Alba-Rodríguez, Carlos Rubio-Bellido, Raúl Castaño-Rosa, Jaime Solís-Guzmán, Madelyn Marrero. Universidad de Sevilla. Universidad de Tampere. Universidad Carlos III
- Comunicación 8: Cubierta evaporativa ventilada CAVE como técnica de rehabilitación e integración de sumideros medioambientales de calor en la envuelta del edificio. Daniel Castro Medina, Mª Carmen Guerrero Delgado, José Sánchez Ramos, Teresa Rocío Palomo Amores, Alberto Cerezo Narváez, Servando Álvarez Domínguez. Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. Universidad de Cádiz

BLOQUE 1. LA INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD EN
LA VIVIENDA SOCIAL DESDE UNA PERSPECTIVA
SOCIAL, ECONÓMICA Y POLÍTICA

Sesión 1. Logros y desafíos de las políticas públicas para la sostenibilidad de la vivienda social

Retos y realidades de la adaptación de las viviendas al cambio climático: una perspectiva técnica

Montserrat Zamorano Toro

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Granada, zamorano@ugr.es

Resumen

La crisis climática a la que se enfrentan los países implica, entre otras medidas, la necesidad de diseñar edificios capaces de adaptarse a los cambios previstos, así como mitigar sus efectos a lo largo de su ciclo de vida. Para ello es necesario contar con instrucciones técnicas que faciliten directrices de diseño adecuadas que estén ajustadas a la realidad climática actual y futura. Así, aplicado al caso de España, se ha llevado a cabo un estudio de las zonas climáticas de 7967 ciudades peninsulares para su actualización y adaptación a futuros escenarios. Los resultados obtenidos han demostrado que a día de hoy en más del 80% de las ciudades, los edificios se diseñan y construyen de acuerdo con una clasificación climática que no tiene en cuenta el clima actual, incrementándose esta cifra al 98% para el año 2085. Esto afectará significativamente el rendimiento térmico de un edificio por lo que es necesario acometer la revisión de la zonificación climática del país.

Palabras claves: zonas climáticas; cambio climático; edificio; demanda de energía; edificación resiliente.

1 INTRODUCCIÓN

El quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), pone de manifiesto que la temperatura global de la superficie terrestre aumentó 0,85 °C entre los años 1880 y 2012, y 0,78 entre 2003 y 2012 [1]. Por otro lado, las predicciones muestran un aumento de entre 1,4 y 5,8 °C para el año 2100 [1].

Este aumento de temperatura dará lugar a la necesidad de nuevas previsiones energéticas en la edificación que se adapten al dinamismo climático al que hay que enfrentarse ya que, de lo contrario, la demanda energética en la edificación podría triplicarse [2]. Diferentes estudios han puesto de manifiesto como, en regiones con un clima cálido, el consumo de energía de calefacción de edificios disminuirá, mientras que se incrementará el destinado a enfriamiento [3,4].

Para mitigar y adaptarse a estos efectos climáticos, la Comisión Europea presentó la Directiva (UE) 2018/844 [5] sobre la eficiencia energética, que, junto con el Pacto Verde Europeo [6], adoptará una nueva y más ambiciosa estrategia sobre adaptación al cambio climático. En este contexto, muchos países han desarrollado regulaciones basadas en la clasificación de zonas climáticas, un método que permite diseñar edificios con menor consumo de energía y alto confort térmico [7]. El significado de las zonas climáticas va unido al ámbito de la eficiencia energética en la vivienda y define las solicitaciones exteriores en términos de temperatura y radiación solar. Identificar la zona climática en la que se va a construir o rehabilitar un edificio es determinante a la hora de cuantificar las necesidades energéticas de la vivienda y, por tanto, la potencia de calefacción o de climatización o el diseño del aislamiento necesario, así como en el cálculo de parámetros de diseño como los relativos a la envolvente de los edificios.

El número de zonas climáticas depende de cada país, así como de la metodología utilizada para su diseño, aunque, en cualquier caso, las zonificaciones climáticas utilizadas se basan, en todos los casos, en las series climáticas existentes al momento de su formulación, y por tanto no permiten el diseño de parques edificables capaces de adaptarse a las condiciones climáticas dinámico [8].

Dadas las particularidades de la vivienda social, el diseño de edificios con mayor eficiencia energética garantizará un futuro confort térmico a usuarios con menores recursos. Por este motivo es fundamental diseñar y construir edificios capaces de asumir la dinámica climática a lo largo de su ciclo de vida. Para ello será necesario tener previamente el conocimiento de una realidad climática que garantice el desarrollo de un parque de edificios que sea resistente. Por ello, el principal objetivo de este trabajo ha sido analizar la dinámica de los cambios climáticos zonas y su efecto sobre la demanda energética de los edificios en el caso de España.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ESCENARIOS ANALIZADOS

Las trayectorias de concentración representativa (RCP) describen diferentes futuros climáticos que se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en los próximos años. El Quinto Informe IPCC recoge diferentes escenarios en función de los esfuerzos en mitigación que se realicen y que conducirán a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) o bien con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP8.5). Para este estudio se han considerado los escenarios RCP4.5 y RCP8.5.

2.2 BASES PARA LA DEFINICIÓN DE ZONAS CLIMÁTICAS EN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

En España, el Código Técnico de Edificación (CTE) y su Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE) [9] establece la metodología que permite la definición de zonas climáticas para edificaciones. Esta metodología está basada en el concepto de índice de severidad climática (CSI), un número adimensional que es específico de cada localización geográfica y que permite diferenciar entre el índice de severidad climática para verano (SCV) e invierno (SCI). Su cálculo viene dado por las Expresiones 1 y 2, en las que GD es la suma de los grados-día de invierno en base 20 para los meses que van desde junio a septiembre y octubre a mayo respectivamente; n/N es el cociente entre número de horas de sol y el número de horas de sol máximas, sumadas cada una de ellas por separado para los meses que van desde junio a septiembre y octubre a mayo, respectivamente; a, b, c, d, e son los coeficientes de regresión, cuyos valores son $a = 2.990 \times 10^{-3}$, $b = -1.1597 \times 10^{-7}$, $c = -1.713 \times 10^{-1}$, $d = 3.546 \times 10^{-4}$, $e = -4.043 \times 10^{-1}$, $c = 8.394 \times 10^{-8}$, $d = -7.325 \times 10^{-2}$, $e = -1.137 \times 10^{-1}$, para las expresiones 1 y 2, respectivamente.

$$SCV = a \times GD + b \times GD^2 + c \quad (1)$$

$$SCI = a \times GD + b \times \frac{n}{N} + c \times GD^2 + d \times \left(\frac{n}{N}\right)^2 + e \quad (2)$$

En función de los valores obtenidos, se diferencian cuatro zonas climáticas para verano, identificadas con un número (1,2,3 y 4) y seis de invierno, identificadas con una letra (**a**, A, B, C, D y E), siendo 1 la correspondiente al verano menos cálido y **a** la del invierno más cálido. De acuerdo al documento DB-HE del CTE en la España peninsular existen 12 combinaciones posibles resultando otras tantas zonas climáticas: A3, A4, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 y E1 [9].

2.3 METODOLOGÍA APLICADA

La metodología utilizada para lograr los objetivos de este trabajo, en primer lugar, se procedió a la determinación de índices de severidad climática. Para ello se seleccionaron 77 estaciones meteorológicas, para cada una de las cuales se determinaron los índices de severidad climática de invierno y verano, utilizando para ello las expresiones (1) y (2). Basado en los datos de proyección de la Plataforma de Adaptación al Cambio Climático (AdapteCCa) [10], así como los datos actuales de medición de temperatura, para cada una de las 77 estaciones se determinaron los índices de severidad climática SCI y SCV para dos períodos futuros, 2055 y 2085. Finalmente se procedió, mediante una aproximación por interpolación, a determinar la zonificación climática en 7967 localidades de la España peninsular.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la distribución geográfica de las zonas climáticas CTE para el período de estudio 2015-2018, así como las previsiones de acuerdo a los escenarios RCP 4.5 y 8.5 en los años 2050 y 2085 en 7967 localidades.

El análisis de resultados obtenidos para el período de estudio 2015-2018 pone de manifiesto que más del 80% de las ciudades ya cambió su zona climática con respecto a la incluida en el CTE. Además, este cambio ha significado que el número de zonas climáticas en el país ha aumentado de las 12 contempladas en el CTE a 19, con la aparición de siete nuevas zonas (3, 4, B1, B2, D4, E1 y E2) y que muestran la tendencia, en zonas como el Mediterráneo, hacia los climas más característico de las zonas subtropicales. En el caso del invierno, aproximadamente la mitad de las ciudades han cambiado su clima invernal zona a una zona más cálida en comparación con el CTE, con cambios significativos en el sur y en la costa mediterránea, mientras que las zonas climáticas en el norte, el noroeste, suroeste y este de Andalucía permanecen sin cambios. Se destaca la zona climática invernal D, presente en el 49% de las localidades, lo que muestra un aumento de las temperaturas invernales en casi la mitad de los territorios respecto al CTE vigente. En las zonas climáticas de verano se observan cambios más drásticos, especialmente en la costa mediterránea, de hecho, el 72% de las ciudades han cambiado sus zonas climáticas de verano a otras más cálidas que las reportadas en el CTE. Estos cambios están provocando una disminución en la demanda de energía para calefacción, pero incremento en la de refrigeración, así como el hecho que se vean comprometidos los límites de parámetros como la transmitancia. Finalmente, si se comparan los valores de severidad climática de las diferentes ubicaciones de las estaciones analizadas, se observan importantes contrastes de temperatura entre las regiones urbana y metropolitana, como en Barcelona y Valladolid, lo que pone de manifiesto el efecto isla de calor urbano, un fenómeno que se da en áreas urbanas y consiste en una temperatura diferente, que tiende a ser más alto, especialmente por la noche, en el centro de las ciudades debido a la construcción masiva [11].

Bajo el escenario RCP 4.5 para 2055 y 2085, el 98% de las ciudades verán modificada su zona climática, en comparación con la que se corresponde según el CTE, con una tendencia a zonas más cálidas, tanto en invierno como en verano. Así, por ejemplo, la mitad de las localidades costeras del Mediterráneo estará en la zona climática A4, caracterizadas por veranos más calurosos y inviernos más cálidos, mientras que las ciudades costeras del norte tendrán una mayor variedad de clima zonas a lo largo del siglo, con temperaturas suaves en verano e inviernos más fríos. Lo mismo ocurre en el interior de la península, donde se observa una distribución heterogénea debido a la complejidad del relieve y diversidad de zonas mesoclimáticas y microclimáticas. Como resultado el

número de localidades con clasificación climática C3 y B4 será importante, se produce un aumento de la calificación A y una caída de la calificación E, así como de las zonas 1 y 2, con una prácticamente desaparición de las zonas climáticas más frías.

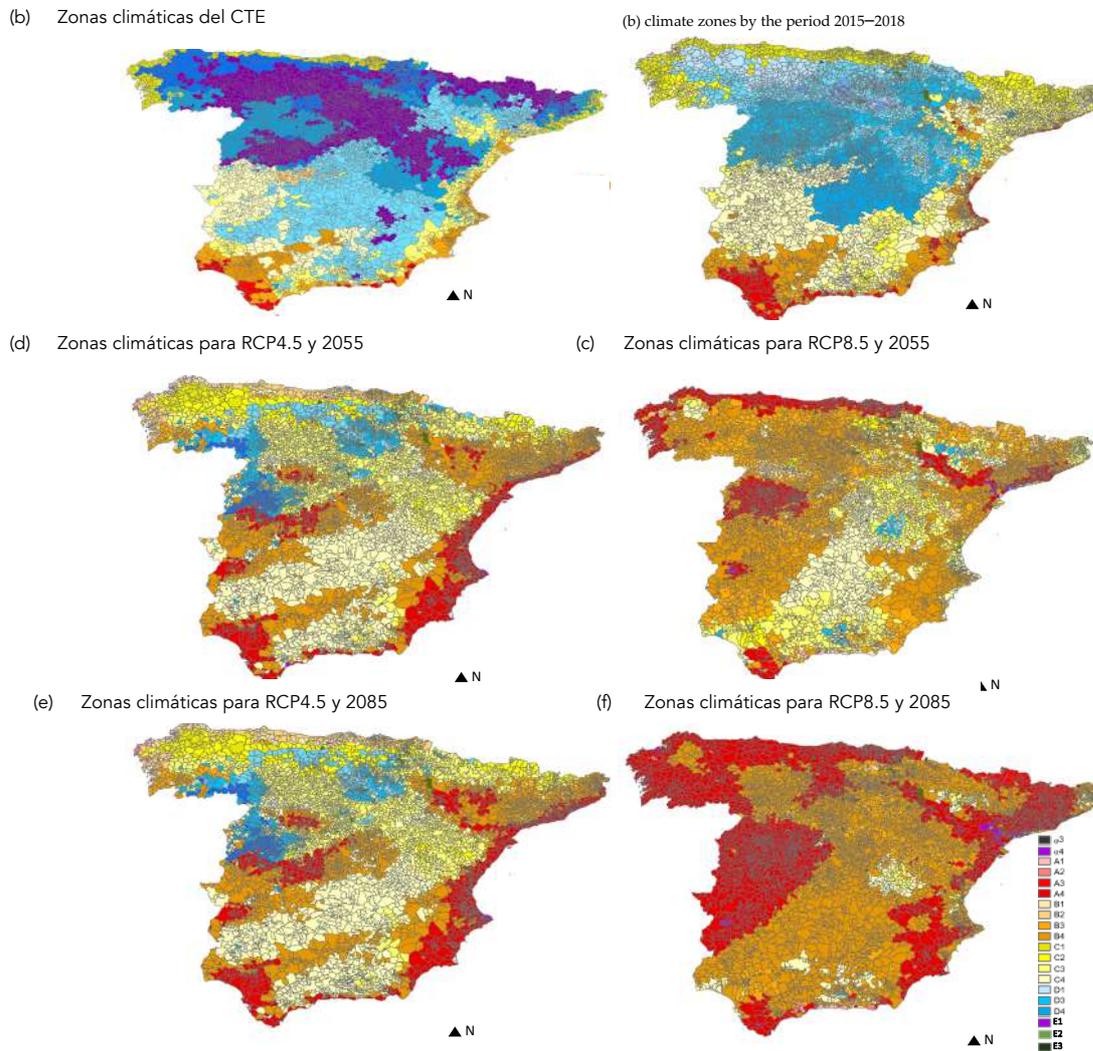


Fig 1 Distribución geográfica de las zonas climáticas CTE para el período de estudio 2015-2018, así como las previsiones de acuerdo a los escenarios RCP 4.5 y 8.5 en los años 2050 y 2085

4 CONCLUSIONES

En este trabajo para la actualización de las zonas climáticas de todas las ciudades de la España peninsular se ha puesto de manifiesto que la asignación de zonas climáticas actualmente incluidas en el CTE no está ya adaptada a las condiciones climáticas reales actuales. Además, se espera que a lo largo de este siglo prácticamente todas las ciudades van a cambiar su zona climática a otras más cálida.

Este importante cambio climático, que ya se está experimentando, está reduciendo la demanda de energía de calefacción de las viviendas, pero aumentado la de refrigeración. Dada la importancia de precisar la asignación de una zona climática para dimensionar correctamente el diseño de los edificios, esta situación pone en peligro la consecución de edificios verdaderamente sostenibles. Por este motivo, las administraciones deben impulsar la revisión de las zonas climáticas para

desarrollar recomendaciones y catálogos de diseño que permitan la adaptación de las viviendas al cambio climático, así como su mitigación.

5 REFERENCIAS

- [1] IPCC. 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; Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2014;151p.
- [2] L. Bellia, P. Mazzei, A. Palombo, Weather Data for Building Energy Cost-Benefit Analysis. *Int. J. Energy Res.* 1998, 22, 1205–1215.
- [3] M. Christenson, H. Manz, D. Gyalistras, Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. *Energy Convers. Manag.* 2006, 47, 671–686.
- [4] M. De Rosa, V. Bianco, F. Scarpa, L.A. Tagliafico, Heating and cooling building energy demand evaluation; a simplified model and a modified degree days approach. *Appl. Energy* 2014, 128, 217–229.
- [5] EUR-Lex-32018L0844-EN-EUR-Lex. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj> (accessed on 15 April 2020).
- [6] D. Mulvaney, Green New Deal. *Solar Power* 2019, 47–65.
- [7] O. Rakoto-Joseph, F. Garde, M. David, L. Adelard, Z. Randriamanantany, Development of Climatic Zones and Passive Solar. Design in Madagascar. *Energy Convers. Manag.* 2009, 50, 1004–1010.
- [8] M. Carpio, J. Jódar, M.L. Rodríguez, M. Zamorano, A Proposed Method Based on Approximation and Interpolation for Determining Climatic Zones and Its Effect on Energy Demand and CO2 Emissions from Buildings. *Energy Build.* 2015, 87, 253–264.
- [9] Ministerio de Fomento Documento Básico HE Ahorro de Energía 2019. Código Técnico de la Edificación 2019, 1–129.
- [10] National Platform for Adaptation to Climate Change. Available online: <https://www.adaptecca.es/en> (accessed on 20 January 2021).
- [11] J. Parker, The Leeds Urban Heat Island and Its Implications for Energy Use and Thermal Comfort. *Energy Build.* 2021, 235, 110636.

Agradecimientos: El contenido de este trabajo está recogido en las publicaciones internacionales Carmen Díaz-López, Konstantin Verichev, Juan Antonio Holgado, Manuel Carpio Evolution, Montserrat Zamorano. *Evolution of climate zones for building in Spain in the face of climate change. Sustainable Cities and Society*, 74, 2021, 103223 y Carmen Díaz-López, Joaquín Jódar, Konstantin Verichev, Miguel Luis Rodríguez, Manuel Carpio, Montserrat Zamorano. *Dynamics of Changes in Climate Zones and Building Energy Demand. A Case Study in Spain. Applied Sciences, Special Issue Recent Advances in Energy Efficiency of Buildings.* 2021, 11, 4261, además de formar parte de la tesis doctoral “Métodos de evaluación de la edificación sostenible: adaptación al cambio climático y estrategias de implantación” presentada por la Dra. Carmen Díaz-López en la Universidad de Granada.

Sesión 2. Herramientas para impulsar la gestión sostenible de la vivienda social y su entorno urbano

Los Certificados de Eficiencia Energética de Nueva Generación

Servando Álvarez Domínguez⁽¹⁾, José Sánchez Ramos⁽²⁾

(1) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla salvarez@us.es (2) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. jsr@us.es.

Resumen

La reglamentación en energética edificatoria de los países miembro de la UE en general y de España en particular se apoya en directivas comunitarias que arrancan con la 2002/91/CE y que a su vez son transpuestas con cierto retraso a la legislación de cada país. La última de estas directivas data del año 2018 y su transposición parcial a España se ha producido en junio de 2021. Las diferentes ediciones van perfeccionando, clarificando y sobre todo actualizando el tema, acorde con el avance de los desarrollos tecnológicos. En este artículo se revisan los elementos más relevantes de la última edición que marca las pautas de lo que va a ser la certificación energética de edificios en el futuro y se particulariza al impacto que puede tener en el caso de rehabilitación en la vivienda social.

Palabras claves: certificación energética, vivienda social, rehabilitación, elementos especiales, smart readiness indicator

1 INTRODUCCIÓN

1.1 EL ESPÍRITU DEL LEGISLADOR.

Para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ en la Unión Europea, el Parlamento Europeo se dotó en 2002 de un instrumento fundamental que fue la Directiva 2002/91/CE [1] relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En el espíritu de esta directiva subyace la necesidad de acometer tres grupos de medidas con carácter simultáneo:

- El endurecimiento progresivo de la reglamentación sobre calidad térmica de los edificios de nueva planta. Son los denominados requisitos mínimos.
- La promoción de edificios de nueva planta cuyo consumo de energía sea netamente inferior al que se deriva de la aplicación estricta de la reglamentación.
- En el sector de los edificios existentes se trata de identificar, para cada edificio, una relación de medidas de mejora que, dentro de un contexto de viabilidad técnica y económica, supongan una mejora significativa de la eficiencia de dicho edificio.

El primero grupo de medidas se sustancia en España en la sección HE del Código Técnico de la Edificación (CTE) mientras que el segundo y el tercer grupo se encuentran en la denominada Certificación Energética de edificios (CEE).

El CTE y la CEE constituyen los dos límites por los que avanzan las políticas energéticas del país y son los instrumentos para el cumplimiento de los compromisos energéticos y medioambientales en el sector edificación (Figura 1):

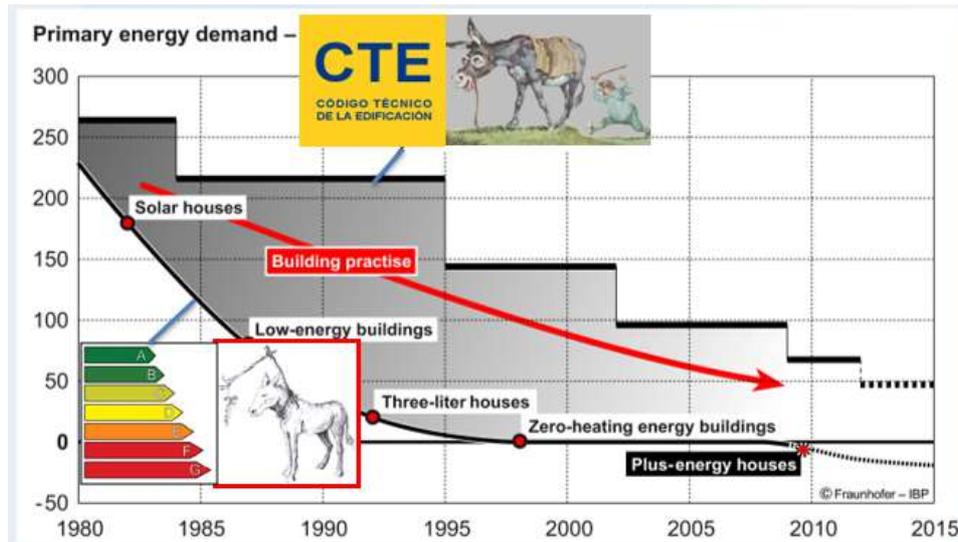


Fig. 1.- Potencial hoja de ruta para reducción del consumo de energía primaria

1.2 LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES

El objetivo general de todo esquema de la certificación de edificios existentes debe ser promover la implementación de medidas de mejora de la eficiencia energética de dichos edificios dentro de un contexto de viabilidad técnica y económica.

El conocimiento por tanto de la clase de eficiencia que alcanza el edificio en su estado inicial no es un objetivo en sí mismo, sino que tiene carácter formal e instrumental al proporcionar un marco para establecer una política de subvenciones en base a comparar la eficiencia energética del edificio antes y después de que se propongan intervenciones sobre el mismo.

Los procedimientos que se usen para la certificación de estos edificios deben estar en consecuencia orientados hacia el objetivo general, es decir, a la identificación y cuantificación de las medidas que permiten una mejora de la eficacia energética del edificio en un tiempo y con unos medios adecuados (y proporcionados) a la mejora perseguida.

En el momento actual, en España, la certificación energética de edificios se apoya en procedimientos de simulación, usando la herramienta oficial (HULC-referencia-) [2] o cualquiera de las otras herramientas reconocidas-referencia.

Lamentablemente, los procedimientos de simulación por si solos son poco realistas ya que:

- Necesitan la recopilación de información técnica sobre el edificio muchas veces no disponible y por tanto tienen incertidumbres respecto a los datos de entrada.
- Tienen el riesgo de ofrecer grandes discrepancias entre el consumo estimado y el real (debidas a los modelos, al uso real del edificio, al clima real, al mantenimiento de las instalaciones, a las temperaturas de consigna de instalaciones etc.). Estas discrepancias actúan con frecuencia como elementos disuasorios a la hora de animar al usuario a la realización de la intervención de mejora de la eficiencia energética.

2 CEE DE NUEVA GENERACIÓN

La argumentación que sigue se apoya en la experiencia personal de los autores y en la actualización más reciente de la directiva (Directiva UE 2018/844 [3]) y su transposición parcial a la legislación española (Real Decreto 390/2021 [4]).

Entre los objetivos de las actualizaciones de la directiva y el real decreto consiguiente se encuentran la eliminación de puntos débiles detectados en la implementación práctica de los procedimientos y la ampliación del alcance consistente con la consolidación de nuevas tecnologías.

Centraremos la discusión en tres aspectos:

- Mejora de la credibilidad en la proposición de medidas de mejora y en la verificación de ahorros.
- Introducción de elementos innovadores.
- Aparición de los SRI (smart readiness indicators) o indicadores del grado de preparación para aplicaciones inteligentes.

3 CREDIBILIDAD EN LA PROPOSICIÓN DE MEDIDAS DE MEJORA Y EN LA VERIFICACIÓN DE AHORROS

La directiva y el real decreto citan explícitamente que en el contenido del certificado debe incluirse "Recomendaciones de posibles intervenciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio" y añade que "las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables e incluirán una estimación de los plazos de recuperación de la inversión".

En relación con la verificación de ahorros, el considerando 33 de la directiva establece que "para garantizar que dichas medidas financieras relacionadas con la eficiencia energética se apliquen de la mejor forma posible en la renovación de edificios, deben vincularse a la calidad de las obras de renovación en vista del ahorro energético alcanzado o fijado"

El problema es que tanto la propuesta de medidas de mejora como la verificación de su impacto real se apoyan en el uso de procedimientos de simulación que trabajan con un clima estándar y un usuario estándar siendo el primero muy discutible en gran parte de los casos y el segundo absolutamente incierto en todas las situaciones.

3.1 EFECTO DE LA ISLA DE CALOR URBANA

Es conocido el efecto de isla de calor [5] en las ciudades que hace que las temperaturas en los núcleos urbanos sean superiores a las existentes en el medio rural circundante (ver Figura 2) . Este hecho sucede tanto en verano como en invierno y origina un aumento de las demandas de refrigeración acompañada de una disminución de las demandas de calefacción en invierno.

Existe consenso en la comunidad científica en el hecho de que para un edificio dado, tanto energética como económicamente, el aumento de las necesidades de refrigeración no está compensado por la reducción de las necesidades de calefacción [6,7].

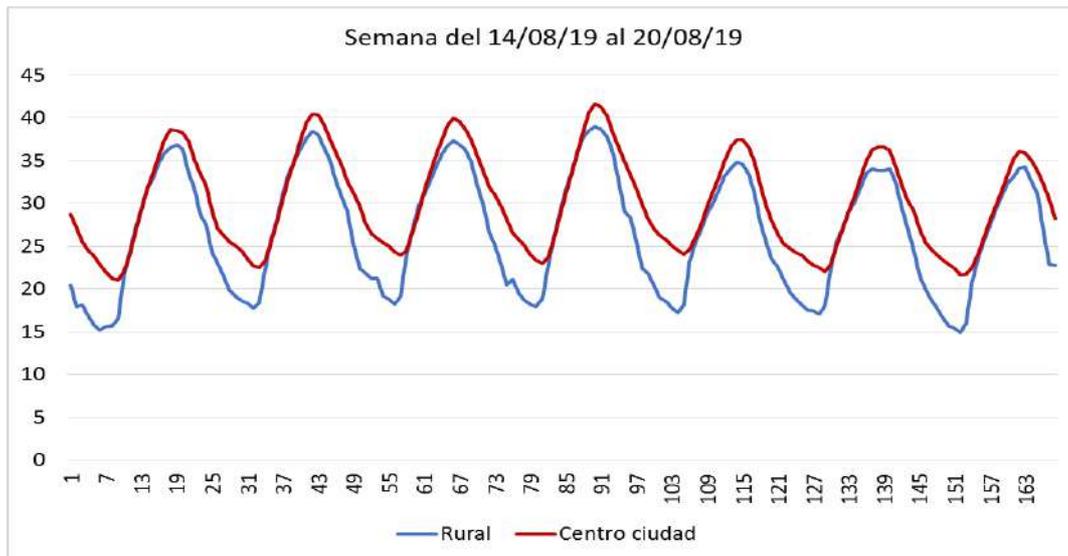


Fig. 2 Temperaturas en el centro histórico de la ciudad de Sevilla y en el aeropuerto durante una semana de agosto de 2019.

El problema fundamental es la medida en la cual el uso de un clima que no se corresponde con la realidad del edificio influye en la toma de decisiones a la hora de proponer medidas de mejora de la eficiencia energética.

Level of improvement					Is in the optimal zone? (1 yes, 0 no)	
Thermal envelope	Linear transmittance of Thermal Bridges	Infiltrations + ventilation	Solar control	Night ventilation	Rural	Urban
3	3	2	1	3	1	0
3	3	2	2	3	1	0
4	2	2	1	3	1	0
4	3	2	1	2	1	0
4	3	2	1	3	1	0
5	2	2	1	3	1	0
5	3	2	1	3	1	0
3	2	2	3	3	0	1
4	2	2	3	3	0	1
4	3	2	3	2	0	1
4	3	2	3	3	0	1
5	2	2	3	3	0	1
5	3	2	3	2	0	1
5	3	2	3	3	0	1
3	3	2	3	3	1	1
4	3	2	2	3	1	1
5	3	2	2	3	1	1

Tabla 1. Resultados de estudio de coste de ciclo vida para edificios residencial: efecto de la isla de calor.

En la tabla 1 se muestra un ejemplo de cómo realizando un estudio de coste de ciclo de vida con diversas alternativas de mejora sobre un edificio residencial en el centro de Sevilla, de 17 combinaciones de medidas que entraban en la zona de coste óptimo, solo 3 eran independientes de que se utilizase el clima de referencia (rural) o el clima real (urbano), mientras que las otras 14 solo aparecían para uno de los dos climas.

La conclusión anterior permite concluir la conveniencia de avanzar en la caracterización del clima en el centro de los núcleos urbanos y en la necesidad de introducir dichos datos en los procedimientos de certificación energética de edificios.

3.2 EFECTO DEL USO REAL DEL EDIFICIO EN LA VERIFICACIÓN DE AHORROS.

En relación con la verificación de ahorros, en el caso particular de la vivienda social en Andalucía y en situaciones socioeconómicas equivalentes, hay que resaltar que, en general, estos edificios pertenecen a una categoría que tienen un uso limitado o nulo de equipos de calefacción y/o refrigeración, bien porque las viviendas no disponen del equipamiento necesario o bien por falta de recursos económicos de sus ocupantes para usar el equipamiento existente (pobreza energética). Como consecuencia de lo anterior, la energética de las viviendas anteriores en lo relativo a los usos de calefacción y refrigeración presenta las siguientes particularidades:

- Dificultad a la hora de comparar a partir de medidas la calidad energética de las viviendas entre sí y con otras de otras promociones (benchmarking), ya que no existen unas condiciones homogéneas que permitan la comparación.
- Dificultad para justificar y priorizar medidas de eficiencia energética en términos coste / beneficio (si no hay consumo no hay ahorro).

Hay varias alternativas para intentar resolver la situación, pero quizá una de las más sugerentes sea demostrar la mejora energética de las viviendas (antes y después de la rehabilitación) en términos de confort.

Esta fue la aproximación que se llevó a cabo en una promoción de AVRA en Granada¹, algunos de cuyos resultados en grados-hora de disconfort y grados-hora ponderados de disconfort se muestran en la Figura 3, una vez neutralizado el clima exterior.



Invierno	Datos Medidos Pre-intervención		Datos Medidos Post-intervención	
	ΣGH	ΣGHP	ΣGH	ΣGHP
V11	14740.0	11751.8	9495.5	4504.5
V14	16072.5	13510.2	11712.5	7263.1
V15	6777.5	3202.1	5620.0	1954.6
V21	13362.0	10339.8	10285.0	5663.2
V22	10623.0	7687.0	5482.5	1685.4

Fig. 3.- Verificación del impacto de la intervención en términos de disconfort.

4 ELEMENTOS INNOVADORES

¹ Grupo de Termotecnia para AVRA .- Análisis y tratamiento de datos para la mejora de la eficiencia energética en edificios. Aplicación a Grupo de 60 VPP sitas en Bda. Almanjáyar de Granada. Marzo 2017

El considerando 15 de la directiva establece que "Es importante garantizar que las medidas para mejorar la eficiencia energética de los edificios ...incluyan todos los elementos pertinentes y los sistemas técnicos de un edificio, como los elementos pasivos que forman parte de las técnicas pasivas orientadas a reducir las necesidades energéticas para calefacción o refrigeración...".

En parecidos términos se expresa el considerando 15 que propugna la utilización de soluciones de tipo natural para reducir la demanda energética.

Al mismo tiempo, la reglamentación española dispone del marco para tomar en consideración estas medidas innovadoras como vuelve a aparecer en el real decreto en su artículo 5.2: "Cuando se utilicen componentes, estrategias, equipos y/o sistemas que no estén incluidos en los procedimientos disponibles, para su consideración en la calificación energética se hará uso del procedimiento establecido en el documento informativo de «Aceptación de soluciones singulares y capacidades adicionales a los procedimientos generales y simplificados de calificación de eficiencia energética de edificios".

El problema a juicio de los autores del presente artículo es que la prioridad en el desarrollo e integración de elementos innovadores no está en muchos casos en sintonía con las características climáticas y operacionales de los edificios afectados y, en particular, cuando estos edificios son viviendas sociales en clima de verano dominante o al menos significativo, como es el caso de Andalucía.

En los momentos actuales en la terminología del sector han hecho fortuna conceptos como : SATE, Acristalamientos bajo emisivos. Marcos con rotura, Puentes térmicos, Estanqueidad (n50). Control de presencia, Doble flujo en viviendas, Aerotermia / geotermia, Estándar PassivHaus [8] etc.

Lamentablemente, buena parte de las tecnologías anteriores están orientadas al régimen de calefacción y en muchos casos pueden ser contraproducentes para el régimen de refrigeración.

Se echa de menos la aparición de innovación vinculada con el desarrollo de elementos especiales de la envuelta cuyo objetivo sea reducir la demanda de refrigeración sin penalizar la de calefacción.

A título de ejemplo, la Figura 4 muestra el concepto y las cubiertas innovadoras instaladas en una promoción de AVRA en Mengíbar provincia de Jaén².

² Grupo de Termotecnia para AVRA.- Análisis y Seguimiento de la Intervención de Eficiencia Energética de 150 Viviendas en Mengíbar, Jaén. Abril 2021

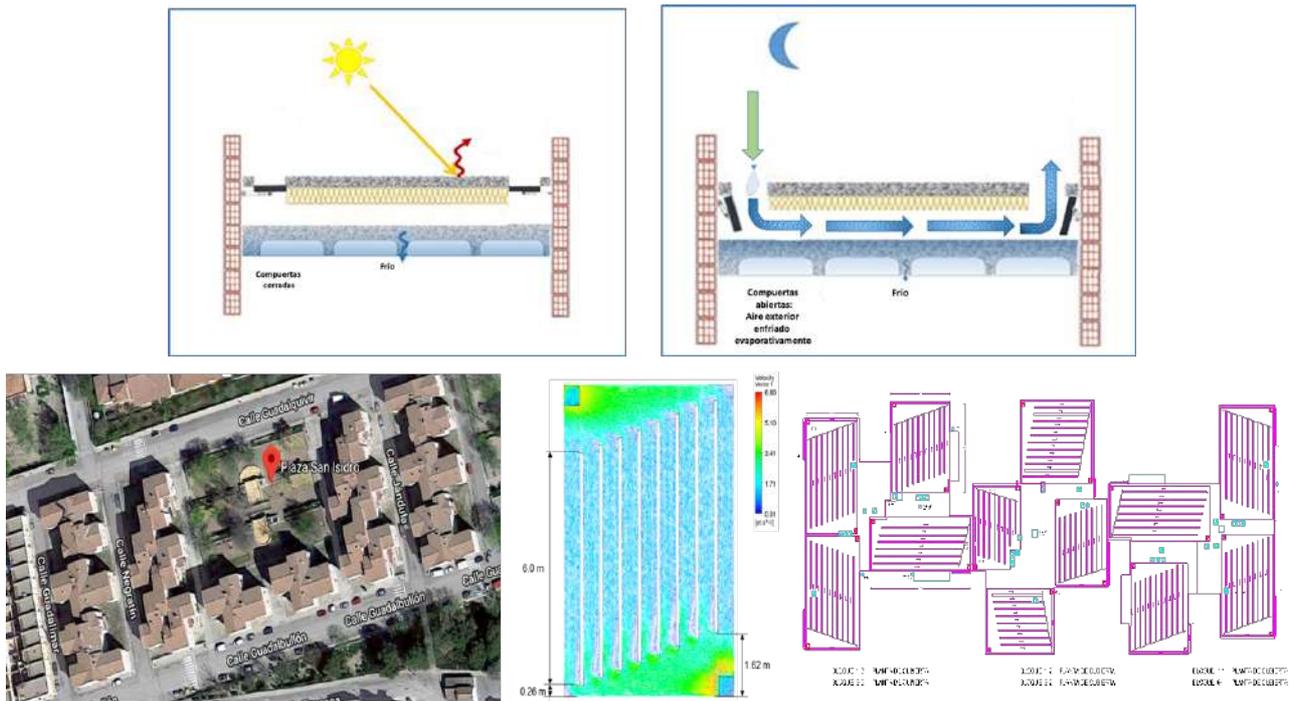


Fig. 4.-Concepto de cubierta ventilada con integración de disipadores medioambientales de calor: aire nocturno y enfriamiento evaporativo (arriba). Solución promoción Mengíbar(abajo)

La tabla 2 presenta los resultados energéticos de la intervención convencional para la promoción de Mengíbar. A su vez, la tabla 3 añade el impacto de la cubierta sobre la rehabilitación de las viviendas de la planta superior.

	Demanda de calefacción [KWh/año]	Demanda de refrigeración [KWh/año]
Situación energética inicial	703331.3	231851.0
Rehabilitación convencional implementada	370531.9	227897.6
Ahorro [%]	47.3	1.7

Tabla 2. Demanda energética del distrito de viviendas

Impacto de la cubierta innovadora	Demanda de refrigeración [KWh/m ² ·año]	Ahorro [%]
Situación energética inicial	24.7	-
Rehabilitación convencional	21.5	13
Adicción de cubierta ventilada sin evaporativo	15.6	28
Operación nocturna de cubierta ventilada con evaporativo	13.2	39
Operación de la cubierta ventilada con evaporativa 24h	7.6	65

Tabla 3. Impacto energético de la cubierta innovadora sobre las viviendas de la planta superior

5 INDICADOR DEL GRADO DE PREPARACIÓN PARA APLICACIONES INTELIGENTES (SMART READINESS INDICATOR).

Este es sin duda uno de los aspectos más innovadores de la reglamentación futura. Se introduce en el considerando 29 de la directiva como: *“deben ofrecerse incentivos específicos a fin de promover instalaciones aptas para aplicaciones inteligentes y soluciones digitales en el entorno construido. Esto ofrece nuevas oportunidades de ahorro energético, proporcionando a los consumidores información más precisa sobre sus patrones de consumo, así como posibilitando que el operador del sistema gestione con mayor eficacia la red”*.

Posteriormente se matiza en el Anexo I indicando entre otras cosas:

“La Comisión establecerá la definición de un indicador de preparación para aplicaciones inteligentes de los edificios y una metodología para calcularlo, a fin de evaluar las capacidades de un edificio o de una unidad de este para adaptar su funcionamiento a las necesidades de sus ocupantes y de la red, y mejorar su eficiencia energética y su rendimiento general.

El indicador de preparación para aplicaciones inteligentes incluirá elementos para una mejora del ahorro energético, la evaluación comparativa y la flexibilidad, funcionalidades mejoradas y capacidades derivadas de dispositivos inteligentes y más interconectados.

La metodología tendrá en cuenta elementos como los contadores inteligentes, los sistemas de automatización y el control de edificios, los dispositivos de autorregulación de la temperatura interior, los electrodomésticos incorporados, los puntos de recarga para vehículos eléctricos, el almacenamiento de energía y las funcionalidades detalladas y la interoperabilidad de estos elementos, así como los beneficios para las condiciones climáticas interiores, la eficiencia energética, los niveles de rendimiento y la flexibilidad permitida”.

Todos estos aspectos entran en un tópico denominado DSM (Demand Side Management) que se traduce por Gestión del lado de la demanda.

El SRI afecta a un catálogo de servicios que puede potencialmente tener el edificio [9]. Tomemos como ejemplo. “Controlar la potencia de la iluminación artificial” que se puede implementar con varios grados de inteligencia (denominados “niveles de funcionalidad”), por ejemplo

1. Control manual de encendido / apagado de la iluminación
2. Encendido / apagado automático de la iluminación según la disponibilidad de luz diurna
3. Atenuación automática de la iluminación según la disponibilidad de luz diurna

Se supone que un nivel de funcionalidad más alto proporciona impactos más beneficiosos para los usuarios del edificio o la red conectada en comparación con un nivel más bajo. Cuanto más inteligentes sean los servicios con mayor nivel de funcionalidad, mayor será la puntuación del SRI.

Un primer aspecto esencial a considerar sería la contribución potencial a la reducción del consumo energético que se deriva de la información que se le puede proporcionar en tiempo real al usuario. Existen experimentos [10] de conservación energética basados en la información, cuantificando los ahorros de energía de estrategias tales como sugerencias de ahorro. Comparar a cada usuario individual con la energía promedio usada por su entorno puede ser una estrategia mucho más efectiva que otras a la hora de reducir el uso de la energía. De media, afirman que los individuos que participaron en el experimento redujeron su consumo de electricidad un 7.4 %. En [11] lo que prueba podemos ver una visión útil sobre el rol que las pantallas de información pueden jugar para ayudar a las viviendas a entender patrones de comportamiento y los impactos relativos de los distintos electrodomésticos y equipamiento.

Los efectos de varios tipos de sistemas de información sobre el comportamiento de los consumidores han sido investigados durante mucho tiempo, y han demostrado de forma consistente que la información directa motiva a conseguir ahorros energéticos de hasta un 20% [12]. El legislador ha considerado finalmente el gran impacto en ahorro energético que parecen tener los programas de información, que son relativamente poco costosos y pueden producir grandes ahorros.

Un segundo nivel de interés es el que se deriva de la automatización de viviendas con diferentes alternativas de sensorización y actuación que pueden ser instalados en ellas.

Un estudio de simulación exploratorio se realizó para AVRA en una vivienda particular de una promoción de viviendas en Morón de la Frontera ³ (ver Figura 5).

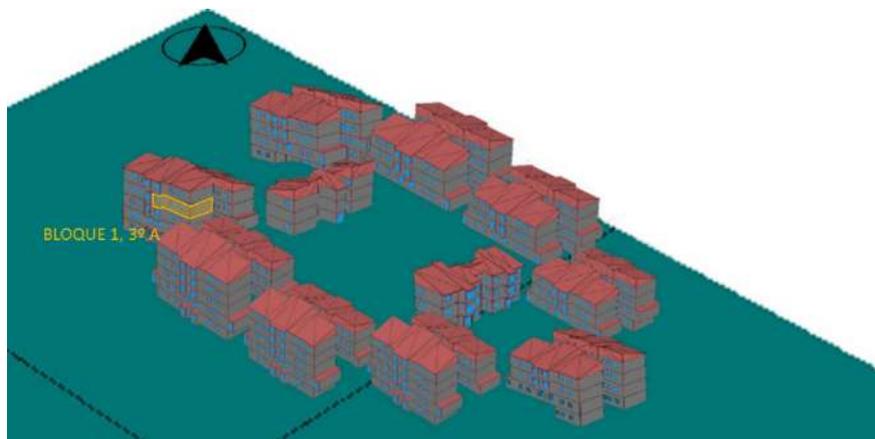


Fig. 5.- Modelo geométrico en HULC de la promoción El Rancho y vivienda elegida

Se evaluó el impacto potencial de las siguientes medidas de gestión de la demanda:

- Ventilación según estándar de cálculo (VENT_EST).
- Ventilación nocturna de 8 ren/h dependiendo de la temp. exterior (VENT_NOCT_DSM8).
- Ventilación nocturna de 12 ren/h dependiendo de la temp. exterior (VENT_NOCT_DSM12).

³ Grupo de Termotecnia para AVRA.- Caracterización Energética Y Elaboración Del Catálogo De Medidas Innovadoras De Mejora. Aplicación a la Actuación en la Barriada El Rancho, Morón de la frontera, Sevilla 3º y 4º fase. Octubre 2018

- Ventilación sanitaria 1: presencia en la vivienda (VENT_SAN_DSM1).
- Ventilación sanitaria 2: presencia en locales húmedos (VENT_SAN_DSM2).
- Ventilación sanitaria 3: presencia por espacios, control por admisión (VENT_SAN_DSM3).
- Control solar: caso estándar (CS_EST).
- Control solar: en función de la presencia (CS_VER_PRES).
- Control solar: en función de la presencia y manteniendo la iluminación natural (CS_VER_PRES_ILUM).
- Caso DSM COMPLETO: caso mixto con ventilación sanitaria por espacios con control por extracción, ventilación nocturna de 12 ren/h dependiendo de la temperatura exterior y control solar en función de la presencia.

Los resultados se presentan en la tabla siguiente para un año muestran en la tabla 4

Estrategia	Porcentaje de ahorro sobre la demanda de Refrigeración	Porcentaje de ahorro sobre la demanda de Calefacción
VENT_EST	0.0%	0.0%
VENT_NOCT_DSM8	12.8%	0.0%
VENT_NOCT_DSM12	19.8%	0.0%
VENT_SAN_DSM1	3.4%	3.2%
VENT_SAN_DSM2	4.0%	5.4%
VENT_SAN_DSM3	6.4%	13.6%
CS_EST	0.0%	0.0%
CS_VER_PRES	24.7%	0.0%
CS_VER_PRES_ILUM	32.3%	0.0%
DSM COMPLETO	46.8%	13.8%

Tabla 4. Síntesis de ahorro energético derivado de las medidas las estudiadas

Como puede verse, los ahorros originados son considerables en muchos casos y ponen de manifiesto que las medidas de gestión de la demanda pueden potencialmente incorporarse como alternativas o complementos a las intervenciones en la envuelta y las instalaciones durante los estudios de coste óptimo.

6 REFERENCIAS

- [1] E.L.P. Europeo, E.L. Consejo, D.E.L. a Uni, DIRECTIVA 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios (DEEE), Directiva. 2002 (2003) 65–71.
- [2] Ministry of Development, Government of Spain, Unified LIDER-CALENER software Tool (HULC), (2013).
- [3] European Commission, Directive (EU) 2018/844, Off. J. Eur. Union. 2018 (2018) 75–91.
- [4] España. Presidencia del Gobierno, Boletín Oficial del Estado, Boletín Of. Del Estado. (2014) 18987–19106. <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2019/02/05/1>.
- [5] A. Aflaki, M. Mirnezhad, A. Ghaffarianhoseini, A. Ghaffarianhoseini, H. Omrany, Z.H. Wang, H. Akbari, Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong, *Cities*. 62 (2017) 131–145. doi:10.1016/j.cities.2016.09.003.
- [6] K. Masumoto, Urban heat islands, *Environ. Indic.* (2015) 67–75. doi:10.1007/978-94-017-9499-2_5.

- [7] P. Kumari, V. Garg, R. Kumar, K. Kumar, Impact of urban heat island formation on energy consumption in Delhi, *Urban Clim.* 36 (2021) 100763. doi:10.1016/J.UCLIM.2020.100763.
- [8] P.H. Institut, No Title, *www.passiv* (2012).
- [9] J. Kurnitski, J. Hogeling, Smart Readiness Indicator (SRI) for buildings not so smart as expected, *REHVA Eur. HVAC J.* 55 (2018) 6–9. <https://www.rehva.eu/rehva-journal/chapter/smart-readiness-indicator-sri-for-buildings-not-so-smart-as-expected>.
- [10] M.A. Delmas, M. Fischlein, O.I. Asensio, Information strategies and energy conservation behavior: A meta-analysis of experimental studies from 1975 to 2012, *Energy Policy.* 61 (2013) 729–739. doi:10.1016/j.enpol.2013.05.109.
- [11] S. Berry, D. Whaley, W. Saman, K. Davidson, Finding faults and influencing consumption: the role of in-home energy feedback displays in managing high-tech homes, *Energy Effic.* 10 (2017). doi:10.1007/s12053-016-9489-9.
- [12] A. Faruqi, S. Sergici, A. Sharif, The impact of informational feedback on energy consumption- A survey of the experimental evidence, *Energy.* 35 (2010) 1598–1608. doi:10.1016/j.energy.2009.07.042.

Financiación: Parte de esta investigación ha sido financiada por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en los tres trabajos que se citan.

Las Islas y micro-islas de Calor Urbana en las prioridades sociales de intervención en la ciudad

F. Javier Neila González

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid. fjavier.neila@upm.es

Resumen

Los consumos de energía de los edificios obtenidos de una simulación con la intención de ver prioridades de rehabilitación no coinciden en absoluto con los consumos reales que se producen en esos edificios. Las bases de datos climáticas no son especialmente fiables para usarlas de forma generalizada en momentos de cambio climático. Recientemente se ha realizado un estudio para obtener la isla de calor urbano de Madrid y con ella sus micro islas, que son barrios cuyas temperaturas se diferencian notablemente de las que aparecen en las bases de datos climáticos. El procedimiento que se siguió fue el de realizar transectos urbanos. También se ha hecho un estudio de la vulnerabilidad de la población según los barrios, relacionándolo con las diferentes temperaturas que se estaban obteniendo en la ciudad de Madrid, determinando de este modo los barrios más críticos, es decir, aquellos con más indicadores de vulnerabilidad y al mismo tiempo con temperaturas más elevadas; esos son los puntos en los que hay que intervenir prioritariamente.

Palabras claves: Isla de Calor Urbano, sostenibilidad, energía, prioridades, rehabilitación.

1 LA ISLA DE CALOR URBANO

Los consumos teóricos de energía de los edificios obtenidos de una simulación con la intención de ver prioridades de intervención no coinciden en absoluto con los consumos reales que se producen en esos edificios. La causa es variada: la caracterización de los materiales, que en muchas ocasiones son antiguos o están envejecidos, fundamentalmente la intervención de los ocupantes, sobre todo, si estás en pobreza energética [1], pero probablemente la causa más importante sean los datos climáticos, como se ha podido comprobar en estudios que se han realizado recientemente.

Las bases de datos climáticas que se utilizan en estos programas no son especialmente fiables ya que el cambio climático está modificando esa información y, sobre todo, por qué hay datos micro climáticos de barrios, de zonas, incluso de calles, que se diferencian notablemente de los que aparecen en las bases de datos climáticas. Para entender este problema aparece como importante la isla de calor urbano (ICU) [2].

La isla de calor urbano se define como el fenómeno por el cual las temperaturas de las ciudades, de las zonas urbanas, difieren de las medidas en las zonas rurales colindantes. El motivo fundamental es el haber sustituido la capa vegetal por una capa inorgánica de cemento y hormigón, donde la radiación solar al incidir sobre esa superficie se convierte en calor, mientras que no lo hace de forma tan notable cuando lo hace sobre las superficies vegetales. Pero también se produce por la actividad antropológica que convierte en calor todas las fuentes de energía que entran en la ciudad: el gas y otros combustibles de uso doméstico, la gasolina y otros combustibles para automoción, la electricidad e, incluso, los alimentos que los seres humanos también convierten en calor.



Fig. 1 Transectos urbanos usados en la ciudad de Madrid.

Recientemente se ha realizado un estudio para obtener la isla de calor urbano de Madrid y con ella sus micros islas, que zonas con pequeñas o grandes diferencias de temperaturas dentro de la ciudad [3]. El procedimiento que se siguió fue el de realizar transectos, es decir, realizar recorridos simultáneos con varios vehículos atravesando la ciudad simultáneamente para obtener datos que puedan ser comparables; esto se realizó durante distintas épocas del año, así como en diversos momentos del día, y de ese modo se obtuvo un mapa de temperaturas en el que aparecían esas micro islas; los transectos usados fueron los mismos de un estudio anterior de los años 80, con la intención de realizar también una comparativa entre ellos [4]. Las diferencias que se midieron llegaron a alcanzar hasta 10 °C simultáneamente entre distintas zonas de la ciudad.

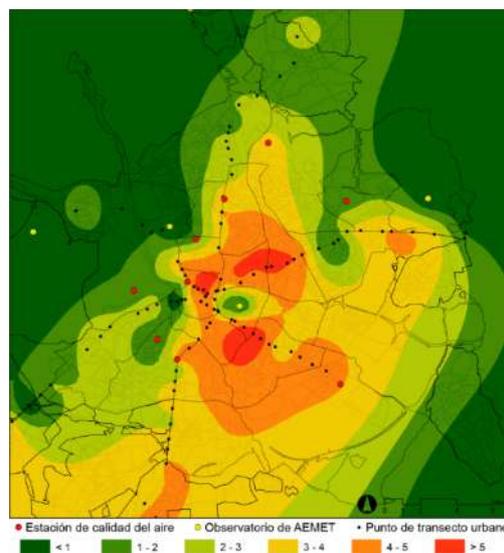


Fig. 2 Ejemplo de los resultados obtenidos en Madrid.

2 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Actualmente se sabe que aunque la alta mortandad pueda estar más vinculada a olas de frío y a temperaturas bajas que a las altas, en invierno hay menos fallecidos entre personas sin hogar debido al uso de albergues municipales; sin embargo, en verano eso no ocurre y el número de fallecidos es más elevado. Hay una temperatura de disparo que en el caso de Madrid son 36 °C y que supone que a partir de esa cifra y cuando sube la temperatura 1 °C aumentan en un 12% de las muertes por enfermedades cardiorrespiratorias [5]. En las olas de calor, cada vez más frecuentes, más largas y más profundas, se incrementan los fallecimientos. Pero esa mortandad también está vinculada con la capacidad económica de las personas que les permitan o no defenderse de esas olas de calor mediante equipos mecánicos y de la calidad de sus viviendas.

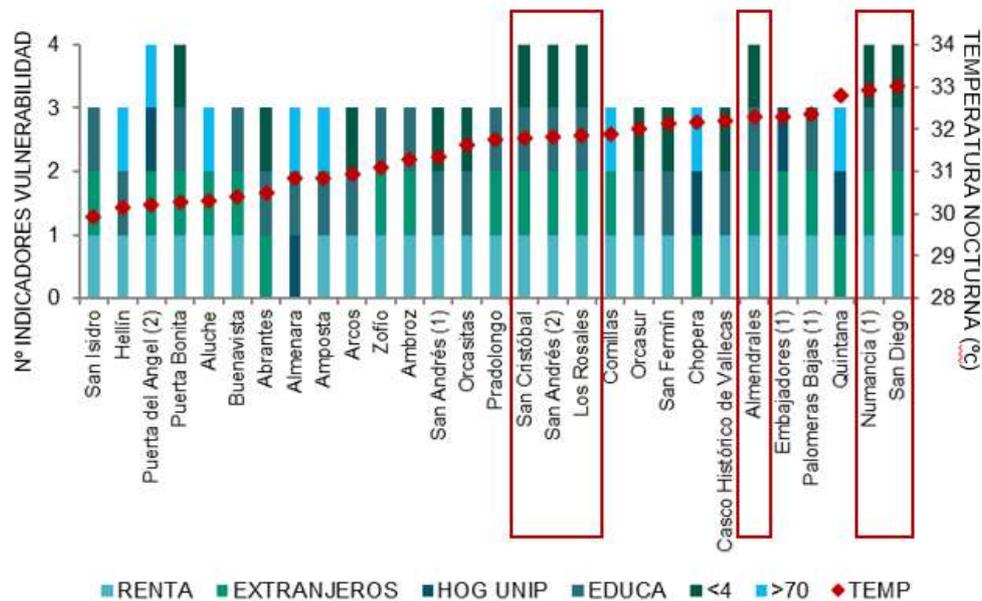


Fig. 3 Relación entre barrios vulnerables y altas temperatura en Madrid.

Se ha hecho un estudio de la vulnerabilidad y de la vulnerabilidad severa de los barrios de Madrid y esos datos se han relacionado con las diferentes temperaturas que se estaban obteniendo en la ciudad d, determinando de este modo los barrios más críticos, es decir, aquellos con más indicadores de vulnerabilidad y al mismo tiempo con temperaturas más elevadas; esos son los puntos en los que hay que intervenir prioritariamente. La herramienta, la isla de calor, permite tomar esas decisiones de forma correcta.

3 OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Actualmente se está elaborando el estudio de la Isla de Calor Urbano para la ciudad de Málaga; ya se han iniciado algunos de los transectos. A pesar de ser una ciudad costera donde las islas de calor son menos apreciables, hay diferencias de temperaturas significativas entre barrios. La idea es trasladar esta información a una herramienta bioclimática de planeamiento urbano y elaboración de ordenanzas para la ciudad. Una novedad incorporada en el estudio es que uno de los transectos, el que atraviesa el casco antiguo, se ha realizado a pie, para obtener información de detalle de la influencia de la dirección de las calles, presencia de obstáculos y vegetación y textura y otras características de los acabados.

También se ha estudiado lo que llamamos islas de frescor urbano (IFU), es decir, zonas donde la vegetación ayuda a rebajar la temperatura con respecto a otras áreas. Se ha estudiado concretamente en el caso de Madrid el efecto que genera el parque del Retiro, como una gran superficie verde, sobre los barrios aledaños y poder sacar de esa manera también información sobre dónde deben estar colocadas correctamente estas zonas verdes para que el frescor se pueda difundir bien por la ciudad.

4 REFERENCIAS

- [1] Sánchez-Guevara, C., Núñez Peiró, M., & Neila González, F. J. (2017). Urban heat island and vulnerable population. The case of Madrid. In Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51442-0_1
- [2] Santamouris, M. (2007) "Heat Island Research in Europe: The State of the Art", *Advances in Building Energy Research*, 1(1), pp. 123–150. DOI: 10.1080/17512549.2007.9687272
- [3] AA.VV., Isla de calor y clima urbano en Madrid. Impacto en el consumo de edificios. Urban heat island, urban climate and building energy consumption, García Maroto, Editores, Madrid, 2020. ISBN digital: 978-84-47969-98-1, ISBN papel: 978-84-147969-87-5
- [4] López Gómez, A. et al. (1988) "El Clima urbano de Madrid: La isla de calor". Madrid: CSIC.
- [5] Linares, C., Ortiz Burgos, C., Díaz Jiménez, J., & Carmona Alférez, R. (2017). Temperaturas extremas y salud. Cómo nos afectan las olas de calor y de frío. Madrid: Catarata.

Automated Design

Jesus Perucho Alcalde

Bussines Developer. Bryden wood. Jperuchoalcalde@Brydenwood.co.uk

Resumen

Esta presentación pretende presentar los trabajos de Bryden Wood en el campo de la arquitectura y la Ingeniería, especialmente para el sector residencial.

Bryden Wood es un estudio de arquitectura en Ingeniería con sede en Londres, (Reino Unido), y oficinas en Barcelona, Milán, Singapur..Tiene una apuesta fuerte por la tecnología y por la investigación puntera de sistemas constructivos para prefabricación.

Palabras claves: BIM, Automated Design, OpenBIM, DfMA.

1 INTRODUCCIÓN A BRYDEN WOOD TECHNOLOGY

Bryden Wood está desarrollando proyectos de varias tipologías, residencial, aeropuertos, industrial, hoteles...además colabora con el Gobierno de Reino Unido para la elaboración de Estándares BIM y de Construcción. Esta muy enfocado a la sistemización, re-ingeniería, prefabricación...

Ahora a través del Innovation Construction HUB, participa en el desarrollo de varias plataformas de producto, varios sistemas constructivos para potenciar la prefabricación de viviendas a gran escala en el país.

2 PLATAFORMAS

Tenemos un sistema desarrollado por Bryden Wood de plataformas de producto, plataformas constructivas, en las que con un único sistema estructural (Platforms 1, 2 o 3), para distintas luces estructurales, pueden ser usadas para distintas tipologías de edificios.

A Platform-based approach to construction

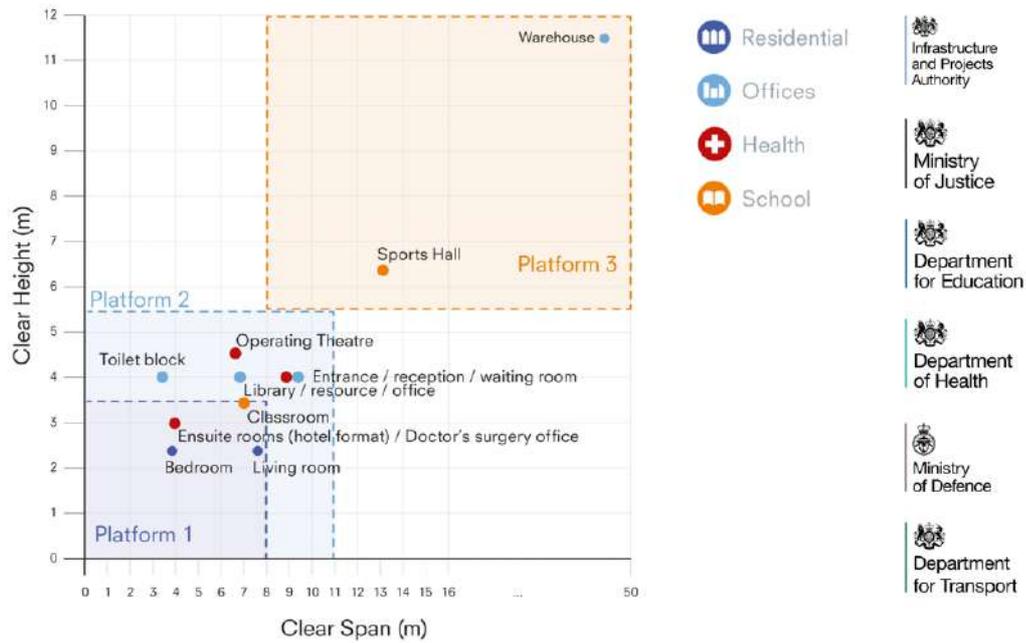


Fig. 1 Platforms. Bryden Wood.

3 AUTOMATED DESIGN

Se trata de Construir más rápido, más inteligentemente, más eficientemente.

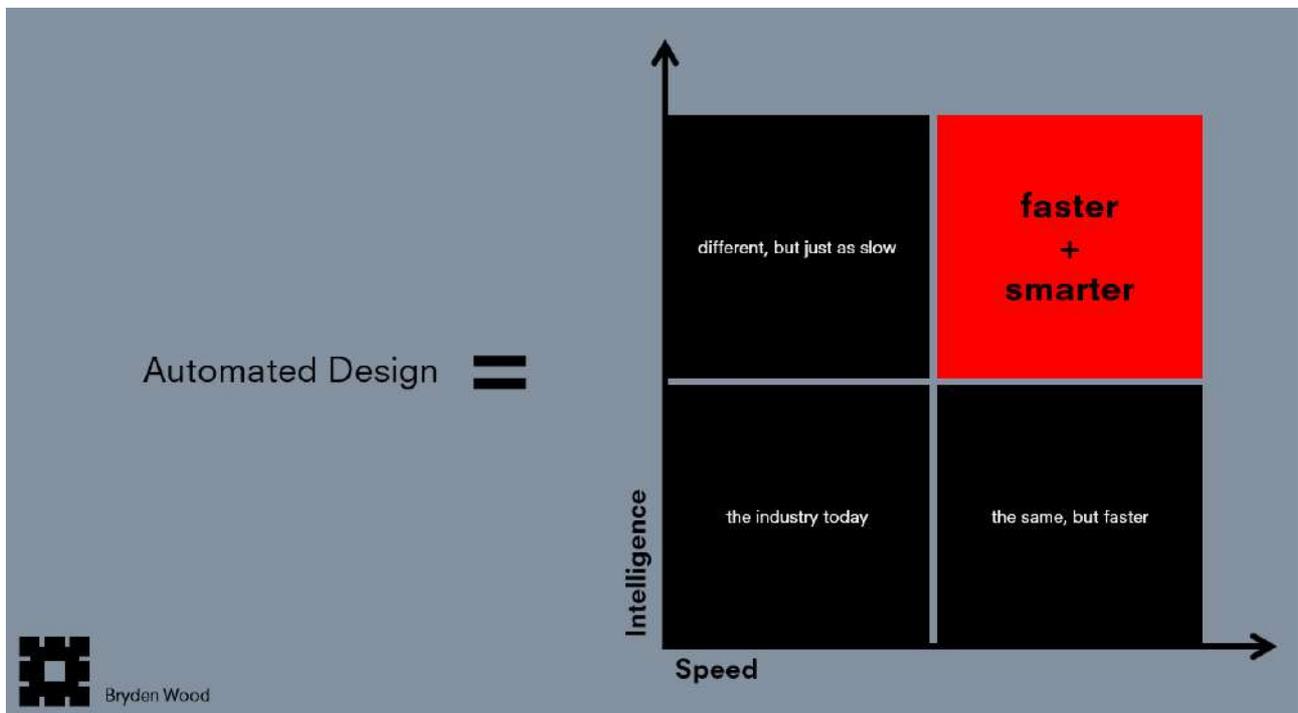


Fig. 2 Automated Design. Bryden Wood.

El concepto de Automated Design además basa todo el Sistema en que el centro son los datos, un Data Lake, y de ahí se extraen los entregables de IoT, BIM, análisis geoespacial, Diseño Generativo, Simulación algorítmica...etc.

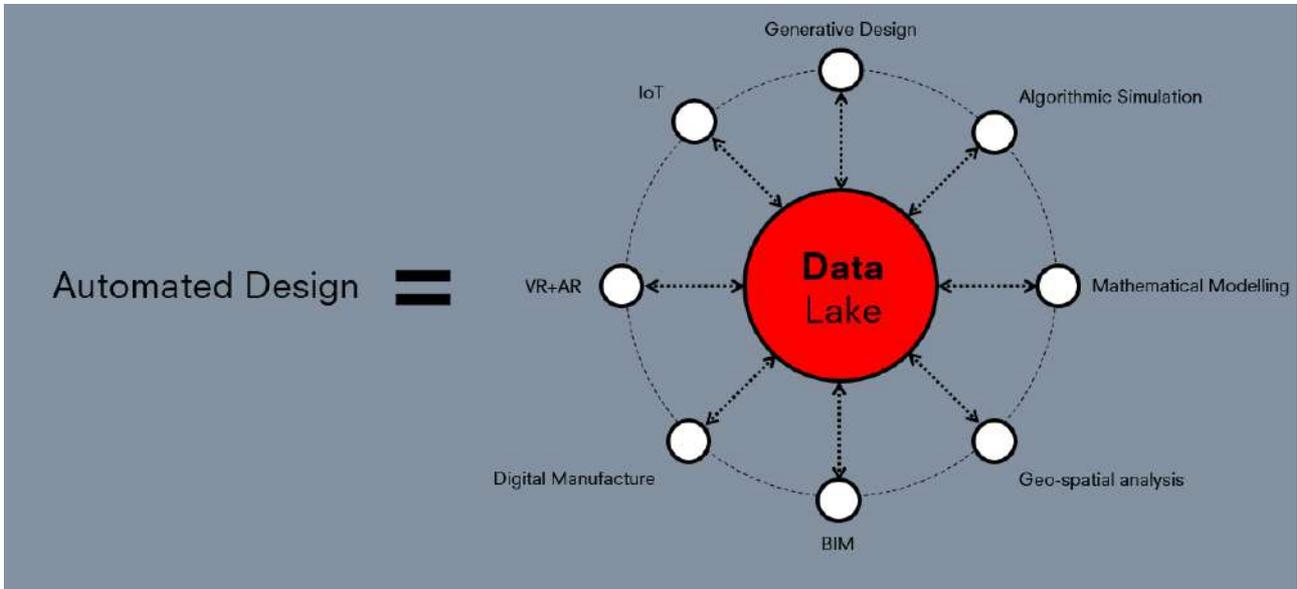


Fig. 3 Automated Design. Data Lake. Bryden Wood.

4 PRISM APP



Fig. 4 Prism App. Bryden Wood.

La Plataforma Prism-app , que se puede encontrar en www.prism-app.io es un aplicación desarrollada por Bryden Wood , por encargo de Mayor of London, el Ayuntamiento de Londres, y en colaboración con Cast Consultancy. Es una aplicación gratuita, es una herramienta digital, desarrollada por Creative Technologies, el departamento tecnológico de Bryden Wood, y pretende acercar el mundo de la prefabricación de viviendas a diseñadores y usuarios finales.

Los pasos que se han seguido son los siguientes:

- 1-Análisis de datos de las viviendas de Londres.
- 2-Captura las reglas espaciales de diseño de las viviendas.
- 3-Capturar las reglas de diseño de sistemas prefabricados.
- 4-Creacion de la herramienta gratuita.

4.1 ANÁLISIS DE DATOS DE LAS VIVIENDAS DE LONDRES

Se usan Open Data de varias fuentes, entre ellas el Ayuntamiento de Londres. Se crean paneles interactivos con esta información.



Fig. 5 Interactive Dashboards. Bryden Wood.

4.2 CAPTURA LAS REGLAS ESPACIALES DE DISEÑO DE LAS VIVIENDAS

Se tienen en cuenta todas las opciones típicas de las reglas de diseño para varios tipos de viviendas, (1 dormitorio, 2 dormitorios, 3 dormitorios, estudios...), con las medidas tipo.

Se tienen en cuenta también las reglas de diseño urbanísticas (ocupación, edificabilidad, retranqueos, alturas, superficie de huecos, protección de urbanística o histórica de los edificios...) del ayuntamiento de Londres.

En las últimas versiones de la app se han incorporado también otra información como la vegetación real existente en las calles, las protecciones o singularidades de cada edificio, el transporte público, etc.



Fig. 1 Design rules. Bryden Wood.

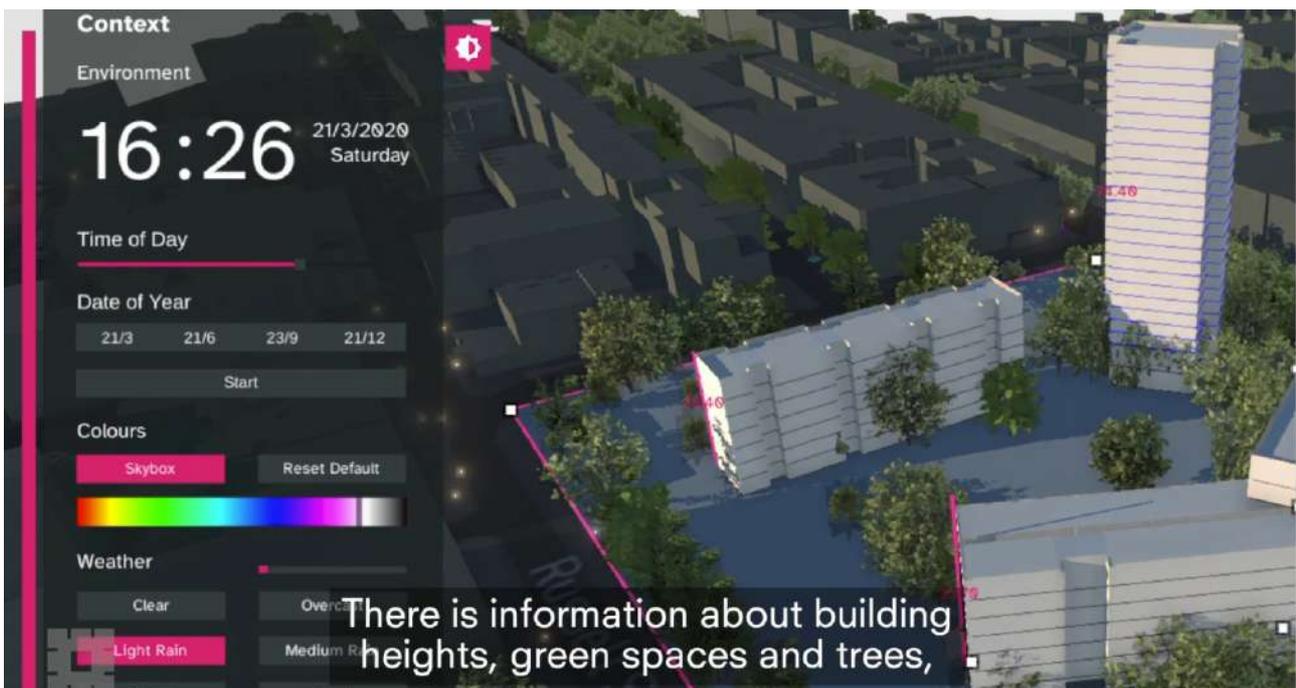


Fig. 1 New Features in Prism-App. Bryden Wood.

4.3 CAPTURAR LAS REGLAS DE DISEÑO DE SISTEMAS PREFABRICADOS

Se ha entrevistado a varios fabricantes de elementos prefabricados para viviendas (estructuras, fachadas, ..) y se les ha solicitado las características técnicas de sus elementos, para poder incluirlas en la aplicación. El diseño elegido dirá con un código de colores si ese diseño puede ser construido con los elementos de ese fabricante.



Fig. 1 Systemisation. Bryden Wood.

4.4 Creacion de la herramienta gratuita.



Fig. 1 Prism-App. Bryden Wood.

Con todos estos datos, se crea la aplicación, que se puede probar aquí: <https://www.prism-app.io/application.html>

Los paneles interactivos se pueden ver aquí: <https://www.prism-app.io/dashboards.html>

La documentación y videos de formación de cómo utilizar la app se pueden encontrar aquí: <https://www.prism-app.io/documentation.html>

Es una aplicación gratuita y de código abierto, se puede descargar y se pueden proponer mejoras y realizar propuestas sobre ella, así como adaptarla a otra ciudad (siempre que se disponga de la información previa necesaria..).

Gestión energéticamente sostenible de la vivienda social: capacitación profesional y concienciación ciudadana para el empleo a gran escala de las bombas de calor. Proyecto europeo HP4ALL

Carlos García Delgado⁽¹⁾, Rocío de la Rosa⁽²⁾

(1) Responsable Técnico Sectorial. CTA .carlos.garcia@corporaciontecnologica.com. (2) Consultora de Desarrollo de Negocio. CTA . rocio.rosa@corporaciontecnologica.com

Resumen

Se presentan los objetivos, alcance y resultados esperados del proyecto europeo HP4ALL, actualmente en desarrollo y financiado por la UE dentro del programa Horizonte 2020. HP4ALL pretende ayudar a visibilizar entre promotores, constructores, instaladores, proyectistas, propietarios, usuarios y administraciones las ventajas competitivas de las bombas de calor, mucho más eficientes y sostenibles y hasta ahora infrutilizadas en España al emplearse fundamentalmente en modo refrigeración, cuando son muy rentables también para su uso en calefacción y producción de agua caliente sanitaria. Combinadas con el autoabastecimiento de energía eléctrica de origen renovable, es decir con el autoconsumo, son una herramienta muy potente para facilitar una climatización mucho más eficiente y a bajo coste del parque de viviendas, especialmente las sociales, haciéndolas mucho menos sensibles a la variación de los precios de la energía.

Palabras claves: Bombas de calor, eficiencia energética en edificios, climatización.

1 INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del proyecto europeo [HP4ALL](#), financiado por el programa Horizonte 2020 de la Unión Europea, es llevar a Europa a la vanguardia internacional en eficiencia, eficacia y sostenibilidad en climatización en la edificación a través del despliegue y uso generalizado de las tecnologías más eficientes actualmente, como son las bombas de calor.

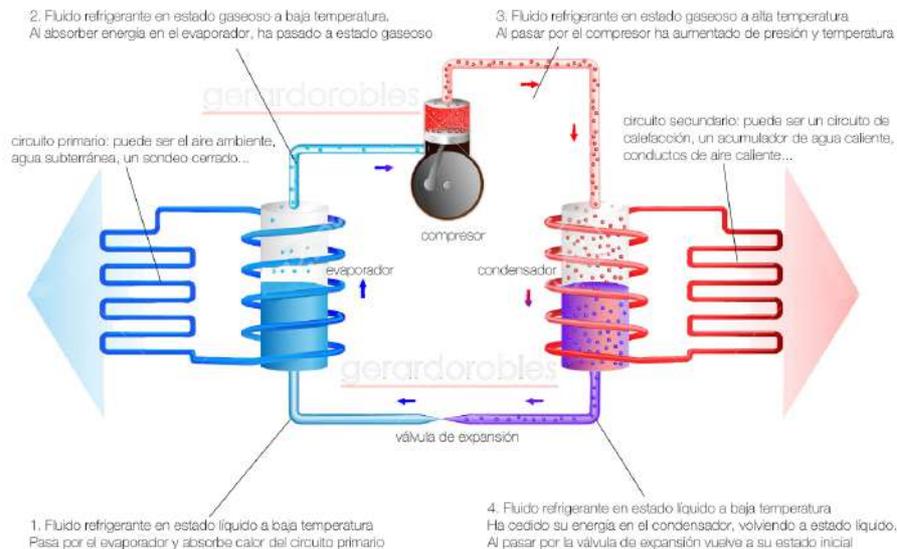


Fig.1 Fundamentos de la bomba de calor

Para ello el paso previo es contar con la necesaria concienciación y capacitación de proyectistas, constructores e instaladores, y con una mayor familiarización y confianza en cuanto a sus ventajas entre promotores, propietarios y usuarios.

Las bombas de calor son máquinas térmicas que, a diferencia de las calderas, transfieren calor desde un ambiente más frío a otro más caliente a través del ciclo de expansión y compresión de un gas auxiliar que lo transmite entre uno y otro, invirtiendo el flujo natural de este tipo de energía. Su ventaja frente a las calderas es su elevada eficiencia, entre un 66% y un 75% superior, puesto que el ciclo de expansión y compresión se realiza con una pequeña aportación auxiliar, normalmente de energía eléctrica y, cada vez en mayor medida, de origen renovable.

Es una de las grandes apuestas de la Unión Europea en el nuevo escenario de transición hacia la descarbonización de nuestro sistema energético, especialmente en el entorno edificado, al suponer una extracción neta de energía del entorno sin emisiones asociadas de gases de combustión.

El proyecto aborda como objetivo último tanto el sector de la edificación residencial como el de uso terciario, y tanto el ámbito privado como el público, es decir promotores, propietarios y usuarios de viviendas y edificios de servicios tanto públicos como privados.

2 UN MERCADO EN AUGE Y UNA OPORTUNIDAD SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL

Las bombas de calor pueden clasificarse en una primera aproximación en función del entorno exterior e interior que se intercambian calor a través de la máquina (aire, agua, tierra) siendo las más frecuentes la de tipo aire-aire (que pueden ser en algunos casos reversibles y usarse como equipos de refrigeración), las de aire-agua (usadas para calefacción y producción de agua caliente sanitaria, típicas de Centroeuropa) y, a más distancia, las de tipo tierra-aire o tierra-agua, conocidas también como geotérmicas y menos frecuentes en nuestras latitudes.

El mercado de las bombas de calor, de acuerdo con las cifras que maneja AFEC (Asociación Española de equipos de Climatización) y la EHPA (Asociación Europea de la Bomba de Calor) está registrando un auge espectacular, con crecimientos en España superiores al 20% anual e incluso

mayor en algunas tipologías, e igualmente elevado, superior al 10% en promedio, aunque a mayor distancia, en el ámbito de la UE.

Como ya se ha comentado, la aplicación más frecuente de las bombas de calor en Europa es para calefacción y producción de agua caliente sanitaria. Sin embargo, este no ha sido el caso hasta ahora de España, donde poco más del 15% del total de instaladas en algo más del 30% de los hogares, comercios e industrias, es decir algo más del 5% del total de edificaciones e instalaciones de nuestro país- se utilizaba hasta hace poco para este fin, dedicándose mayoritariamente a refrigeración doméstica y terciaria y desaprovechándose estas otras dos importantes funcionalidades. La situación parece haber cambiado estos tres últimos años, pero queda aún camino por recorrer.

A nivel de la UE el grado de penetración de estos sistemas es superior, especialmente en Francia, Italia, países escandinavos y centroeuropeos, pero aun así la EHPA estima que el potencial de mercado sigue siendo del orden de 8-10 veces superior al actual. Ello hace pensar en una elevadísima demanda a lo largo de los próximos años para cual no existen actualmente suficientes perfiles profesionales (ingenieros, montadores, instaladores, técnicos de mantenimiento etc.).

Añadido a lo anterior, existen importantes desafíos como el desarrollo de sistemas más flexibles y aptos para viviendas plurifamiliares, industrias, redes de distrito o rehabilitación energética de edificios; desplegar sistemas de suministro y gestión zonal de la demanda de potencia eléctrica auxiliar; perfeccionar y armonizar especificaciones técnicas; planificar la producción y suministro a gran escala de componentes y concienciar de la oportunidad a técnicos de planificación, diseñadores y promotores.

El proyecto HP4ALL nace precisamente para dar respuesta a muchas de estas cuestiones, establecer escenarios y hoja de rutas e identificar y priorizar actuaciones técnicas, administrativas, comerciales, formativas e informativas.

3 ORGANIZACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto HP4All reúne a una destacada selección de entidades europeas expertas en la materia con objeto de:

- a) **Abordar el desarrollo de capacidades y habilidades profesionales en el sector de las bombas de calor, como un prometedor nicho de empleo cualificado, ayudando a su despegue**
- b) **Dar una mayor visibilidad entre los destinatarios finales (propietarios y usuarios) y los profesionales del sector (promotores, proyectistas, constructores, instaladores etc.) de las ventajas competitivas, sociales y medioambientales de estas tecnologías en el ámbito de la edificación, y muy en particular de la vivienda social.**

El proyecto está Liderado por la Universidad Tecnológica de Shannon de Irlanda (antiguo Instituto Limerick de Tecnología), y cuenta como socios con la Asociación Europea de Bombas de Calor, la Agencia de la Energía del Norte de Austria, el Centro Internacional para la Investigación Energética de Irlanda, la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA), la consultoría energética italiana RINA Consulting y la consultoría española de comunicación Sustainable Innovations Europe. Se aúnan así capacidades complementarias sobre el conocimiento de la tecnología, la regulación y el mercado de las bombas de calor, la transferencia y puesta en valor de ésta, y las estrategias más adecuadas de marketing y comunicación sobre el particular.

HP4ALL trabajará tanto desde el lado de la oferta (fabricantes, comercializadores, instaladores) como con el de la demanda (promotores -públicos y privados-, proyectistas, propietarios, usuarios) abarcando así toda la cadena de valor de las bombas de calor incluyendo su diseño, fabricación, comercialización, proyección, instalación, operación y mantenimiento, teniendo siempre presente el marco legal, administrativo y financiero, en estrecha colaboración con las administraciones, entidades reguladoras y asociaciones.

De esta manera, el proyecto mejorará, desarrollará y promoverá las competencias y la demanda necesarias para la instalación y utilización de bombas de calor de máximo rendimiento en el sector residencial y terciario, llevando a Europa a la vanguardia del sector de la climatización.

En síntesis, el proyecto se estructura de la siguiente manera:

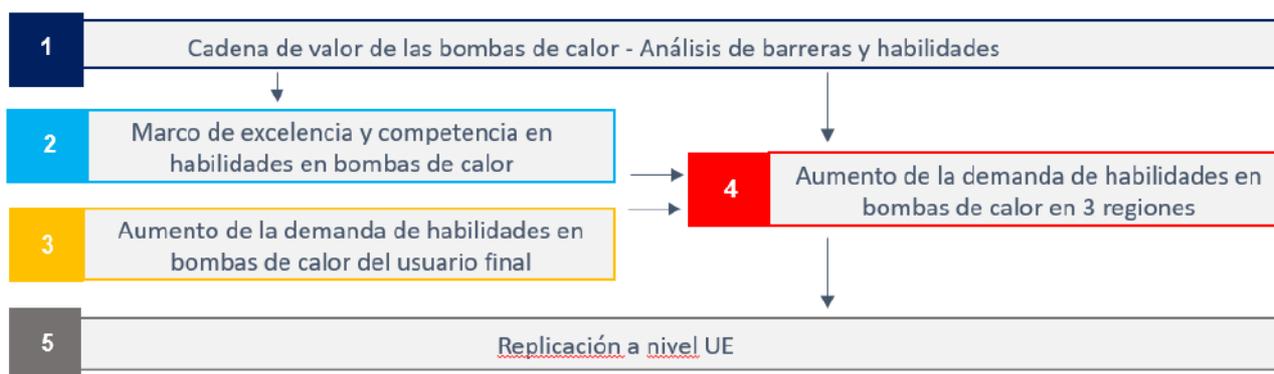


Fig. 2 Plan de trabajo del proyecto HP4ALL.

Es decir, se parte de un estudio pormenorizado de la cadena de valor del sector de la climatización en general, y en particular del nicho específico de las bombas de calor, analizando su potencial así como sus cuellos de botella y barreras de mercado, que permita identificar las carencias técnicas y formativas actuales de los profesionales del sector y la aproximación comercial más adecuada -el marketing mix- a los potenciales demandantes del producto. A partir de ahí se pretende desarrollar tres pilotos de promoción en los países del consorcio, y su extensión a otros dentro de la UE, como se comenta más abajo.

4 RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

El proyecto desarrollará el **paquete HP4All** ("bombas de calor para todos", cómo indican sus siglas en inglés), con un novedoso conjunto de herramientas y recursos para su uso por los diversos actores de la cadena de valor, como se muestra a continuación y se explica más abajo:



Fig.3 Resultados esperados de HP4ALL a lo largo de la cadena de valor

- Un nuevo **Marco de Competencias** para facilitar el desarrollo de aptitudes y capacidades y el reconocimiento y contratación profesional
- Un **repositorio digital (Knowledge Hub) de conocimientos** para facilitar orientación, apoyo y herramientas a las diversas partes interesadas (promotores, constructores, proyectistas, instaladores, propietarios, usuarios) dependiendo del nivel requerido de profundización (profesional / usuario). Entre otras acciones, se proporcionará:
 - Información técnica sobre la tecnología de bombas de calor y otras relacionadas con ésta
 - Casos de estudio
 - Guías de buenas prácticas para proyectistas, instaladores y usuarios
 - Guías para compradores y usuarios
 - Noticias y novedades sobre innovaciones tecnológicas y novedades legales, administrativas, contractuales y financieras de interés para todos los posibles actores implicados
- Una **herramienta software de evaluación comparativa (benchmarking)** que permitirá a proyectistas, instaladores y usuarios finales, de acuerdo con su nivel de conocimientos, comparar las posibles opciones de climatización para diversos tipos de edificios de uso residencial y terciario, y visualizar las ventajas de rendimiento y relación coste-beneficio de las bombas de calor.
- Un **Plan de Promoción, Replicación y Extensión** que incluirá entre otras cosas:
 - **Acciones de capacitación** de instructores (formación de formadores)
 - Una **hoja de ruta** para el uso del paquete HP4All
 - **Campañas de sensibilización a gran escala** para la ciudadanía, profesionales y administraciones.

En cifras más concretas, se espera poder capacitar e impartir formación avanzada sobre los últimos desarrollos en la materia a más de 400 futuros proyectistas e instaladores profesionales.

También se redactarán y divulgarán 20 casos de estudio y mejores prácticas para mostrar el impacto de una adecuada capacitación profesional y familiarización ciudadana con la tecnología en el rendimiento final de las bombas de calor, y se celebrarán más de 10 talleres a los que se invitarán a responsables políticos, fabricantes y diferentes actores de la cadena de suministro de bombas de calor. Por último, se involucrará a más de 50 expertos en un análisis de mercado que se realizará para detectar las principales barreras en la adopción de bombas de calor.

5 PROMOCION, REPLICACION Y EXTENSION DEL PROYECTO

Uno de los principales objetivos de HP4ALL es facilitar la diseminación y pronta toma en consideración de sus conclusiones y recomendaciones por parte de todos los diversos actores ya citados, apoyándose para ello en comunidades y redes profesionales existentes a nivel europeo e internacional como [BUILD UP SKILLS](#) y [CONSTRUCTION SKILLS](#).

Además de ello, el paquete HP4All será validado inicialmente en los países del consorcio (Austria, España e Irlanda), y posteriormente replicado en tres países observadores (Croacia, Portugal y Rumanía) con el citado objetivo de impulsar de manera pionera el cambio en el mercado de la climatización en aquellos e influir en las decisiones de los usuarios finales y de las administraciones como entidades promotoras y reguladoras. Esto también ayudará a crear vínculos, intercambio de experiencias y transferencia de conocimientos entre las diferentes regiones de la UE involucradas.

El Plan de Promoción, Replicación y Extensión consistirá en una serie de acciones de **transferencia de conocimiento y asistencia a la implantación** recogidas en un **Manual de Actuaciones** y dirigidas, principalmente, pero no solo, a los principales actores en la cadena de valor e incluirá entre otros a:

- **Clústeres y Asociaciones profesionales y ciudadanas**, a través de un conjunto de **sesiones de formación de formadores, paneles de expertos, encuestas y talleres de trabajo** para mostrar casos de éxito y permitir la discusión de posibles vías de adaptación e implantación de éstos
- **Funcionarios públicos y autoridades**, a través de un conjunto de talleres dinámicos de concienciación y capacitación, en los que se abordarán los posibles elementos facilitadores para la implantación de las bombas de calor, en particular las condiciones de solvencia técnica y cualificación y habilitación profesional a exigir en la contratación pública y privada de estas tecnologías. Paralelamente, también se llevarán a cabo eventos de audiencia más amplios, en particular un simposio paneuropeo para las administraciones públicas. Todas estas medidas proporcionarán un punto de partida para mejorar la legislación vigente y promover nuevas iniciativas legislativas.

CTA como clúster industrial regional y asociación público-privada orientada a la innovación con más de 15 años de experiencia como interfaz entre empresas y administración para la formulación e implementación de políticas de tecnología e innovación, liderará en estrecha colaboración con el resto del consorcio HP4ALL el diseño y la ejecución del citado Plan y su Hoja de Ruta y se encargará del mismo en Andalucía.

Financiación El proyecto HP4ALL ha sido financiado por la Unión Europea dentro del programa Horizonte 2020, con numero de contrato 891775



Fig.4 Logo oficial del proyecto HP4ALL

Evaluando la sostenibilidad de los edificios. LEVEL(s)

Ángela Ranea Palma

Join Research Center Sevilla. European Commission. Angela.RANEA-PALMA@ec.europa.eu

Resumen

La sostenibilidad en la edificación es una asignatura aún pendiente. Es común identificar eficiencia energética y sostenibilidad, sin embargo este concepto es mucho más amplio. En diciembre de 2019, la Comisión Europea aprobó el Pacto Verde para ser el primer continente climáticamente neutro en 2050. A raíz de la pandemia, este planteamiento cobró más sentido. Europa apostó por una recuperación económica fundamentada en una transición verde y digital, que no dejara a nadie atrás. Se estableció un objetivo intermedio para 2030, FitFor55, para reducir en un 55% las emisiones de gases de efecto invernadero. En ese contexto nace LEVEL(s), una herramienta que, mediante un lenguaje común, evalúa la sostenibilidad de los edificios residenciales y de oficinas, durante todas las etapas de su ciclo de vida, con un enfoque circular, para reducir la huella ambiental de la construcción en todas sus fases, cumpliendo así los objetivos del Pacto Verde europeo.

Palabras claves: LEVEL(s), Green Deal, Twin transition, Renovation Wave, Affordable Housing Initiative, New Bauhaus, análisis de ciclo de vida, circularidad, edificación sostenible, adaptación.

1 CONTEXTO

En diciembre de 2019 la Comisión Europea aprobó el Pacto Verde con el objetivo de ser el primer continente climáticamente neutro en 2050. Este ambicioso proyecto se topó con la pandemia y lejos de frenarse por este motivo, su planteamiento cobró más sentido. Europa apostó por una recuperación económica fundamentada en una transición gemela, a la vez verde y digital y justa, que no dejara a nadie atrás. Diferentes iniciativas se pusieron en marcha estableciendo un objetivo intermedio para 2030, el paquete de medidas, fit for 55, con el propósito de reducir en un 55% las emisiones de gases de efecto invernadero.

2 LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS

La sostenibilidad en el sector de la edificación es una asignatura aún pendiente. Se suele identificar con la eficiencia energética del edificio, olvidando que este concepto, mucho más amplio, tiene un triple enfoque ambiental, económico y social.

2.1 RENOVATION WAVE Y VIVIENDA SOCIAL

Dentro del paquete de medidas para descarbonizar Europa y alcanzar la ambición climática destaca la estrategia aprobada en 2020, denominada "Renovation wave" que apuesta por hacer los edificios más sostenibles, duplicando la tasa anual de renovación para 2030, con la pretensión de alcanzar 35 millones de edificios renovados. Prioriza la renovación de aquellas viviendas con peor rendimiento energético para combatir la pobreza energética, estimando la generación de 160.000 empleos verdes en el sector de la construcción. Se consigue así un triple objetivo, mejorar la sostenibilidad de los edificios, dinamizar la economía con nuevos puestos de trabajos y mejorar la

calidad de vida en el interior de las viviendas. Para ello se prevé la revisión de políticas claves, que tendrán su reflejo en la Directiva de rendimiento energético de edificios, en la Directiva de eficiencia energética, en el Reglamento de productos de la construcción y en los criterios de compra pública verde para edificios.

Para garantizar su efectividad, esta oleada de renovación irá acompañada de políticas, financiación y asistencia técnica para romper barreras en el proceso de renovación de los edificios.

2.1.1 Affordable housing initiative (AHI)

Esta iniciativa, incardinada dentro de la estrategia Renovation Wave, está destinada a la renovación de proyectos locales de vivienda social y pretende proporcionar la capacidad técnica y de innovación necesarias para, con un enfoque de barrio inteligente, centrado en la habitabilidad, llevar a cabo un piloto de 100 distritos de energía cero, movilizándolo el tejido social y económico.

A este fin, se promoverá el uso de soluciones industriales estandarizadas aplicadas como parte de un paquete integral que permitirán una renovación más barata y rápida con un impacto limitado en los residentes.

2.2 LEVEL(s)

2.2.1 Por qué LEVEL(s)

El sector de la edificación es el responsable, desde un enfoque de análisis de ciclo de vida, de la mitad de los materiales extraídos en la Unión Europea, la mitad del consumo energético, un tercio del consumo de agua y un tercio de la generación de residuos. Para reducir la huella ambiental de los proyectos de construcción en todas sus fases, cumpliendo así los objetivos del Pacto Verde europeo se concibe LEVEL(s).

2.2.2 Qué es LEVEL(s)

LEVEL(s) es una herramienta que mediante un lenguaje común posibilita la evaluación de la sostenibilidad de los edificios residenciales y de oficina, durante todas las etapas de su ciclo de vida y con un enfoque circular

2.2.3 Cómo funciona LEVEL(s)

LEVEL(s) se estructura en torno a seis macro objetivos y dieciséis indicadores. Así:

1. Analiza las emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida del edificio.
2. Incide en cómo prolongar el uso de materiales para evitar la generación de residuos.
3. Fomenta la utilización eficiente del agua.
4. Enfatiza el bienestar y confort de la vivienda, considerando aspectos como la calidad del aire interior, la iluminación o la acústica.
5. Evalúa la adaptación del edificio al cambio climático.
6. Introduce la componente económica y de riesgo en la inversión.

Además la evaluación de la sostenibilidad con LEVEL(s) se puede acometer desde tres niveles:

- Level 1: se realiza en la fase conceptual y de diseño y va destinada a incluir el pensamiento circular en la idea de edificio.
- Level 2: se desarrolla durante la etapa de construcción del edificio y permite a los profesionales de la edificación evaluar diferentes opciones de diseño.
- Level 3: posibilita medir la sostenibilidad en la fase de uso.

2.2.4 Para quién es LEVEL(s)

LEVEL(s) es una herramienta participativa que nace con la vocación de ser útil para todos. Desde el promotor que quiera analizar la rentabilidad de su inversión en términos de financiación sostenible, a las autoridades que necesiten conocer el estado de su parque de edificios para evaluar y definir sus políticas de adaptación al cambio climático, pasando por los profesionales de la edificación que persigan evaluar diferentes opciones de diseño o constructivas, hasta el ocupante de la vivienda que quiera conocer cuan sostenible es su edificio y cómo puede mejorarlo.

3 CONCLUSIONES

LEVEL(s) es la base para introducir el análisis del ciclo de vida y la circularidad en el sector de la edificación. A modo de conclusion podemos destacar que permite:

1. Un lenguaje común basado en las mejores prácticas de estándares industriales.
2. Una evaluación flexible del rendimiento a lo largo del ciclo de vida.
3. Un impulso a la circularidad y la eficiencia en el uso de recursos.
4. Una ayuda a los profesionales a hacer edificios climáticamente neutros y más saludables.
5. Una mejora el rendimiento ambiental de los edificios.
6. Un aumento la confianza de los inversores.
7. Conseguir renovaciones sostenibles.
8. El ahorro de materias primas.

4 REFERENCIAS

- [1] European Green Deal. Available in: [Communication on The European Green Deal | European Commission \(europa.eu\)](#). Last accessed on November 5, 2021.
- [2] Renovation Wave Strategy. Available in: [Renovation Wave Strategy | Legislative train schedule | European Parliament \(europa.eu\)](#). Last accessed on November 5, 2021.
- [3] Affordable housing initiative (AHI). Available in: https://ec.europa.eu/growth/sectors/social-economy/affordable-housing-initiative_en. Last accessed on November 2, 2021.
- [4] LEVEL(s). Available in: [Level\(s\) \(europa.eu\)](#). Last accessed on November 5, 2021.

Sesión 3. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano. Experiencias de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en la gestión de vivienda social

Obsolescencia residencial. Manual de buenas prácticas

Carlos García Vázquez

Departamento de Composición Arquitectónica. Universidad de Sevilla. ccgqv@us.es

Resumen

La ponencia se centra en una de las causas de la actual obsolescencia de los denominados “polígonos residenciales”: la que tiene que ver con las tipologías de vivienda. Al tratarse de un proceso controlado y dirigido por el estado, estas son relativamente unitarias, obedeciendo a decretos, reglamentos y regulaciones dictados por el gobierno sobre todo en la década de 1950. El autor detecta en las opciones tipológicas de estas normativas graves desencuentros con la realidad sociocultural contemporánea, avanzando la hipótesis de que aquéllas son uno de los motores del citado estado de obsolescencia. La ponencia delinea los cuatro desajustes principales existentes entre sus tipologías arquitectónicas y las necesidades contemporáneas.

Palabras claves: Obsolescencia residencial, polígonos de vivienda, vivienda social, tipología viviendas, arquitectura franquista.

1 INTRODUCCIÓN: EL CAMBIO SOCIAL CONTEMPORÁNEO Y OBSOLESCENCIA DE LOS POLÍGONOS RESIDENCIALES.

Uno de los más novedosos retos que han de afrontar las administraciones públicas españolas es el de la obsolescencia de estos polígonos residenciales. Uno de los factores determinantes de esta última es el gigantesco cambio humano que se produjo en el país entre finales de los años 1980 y comienzos de los 1990. Lo desató la confluencia de varios fenómenos: inmigración, movilidad geográfica, nuevos modelos de familia, modificaciones en la pirámide de edad, hundimiento de la natalidad... Josep Maria Montaner y Zaida Muxí (1) han destacado los rasgos que definen las nuevas dinámicas sociales en España. Si en 1975 la edad media del primer matrimonio, que podemos asociar a la fundación del primer hogar, era de 26,83 años para los hombres y 24,29 para las mujeres; en 2004 era de 31,24 años para los hombres y 29,17 para las mujeres. Si en 1975 la tasa de máxima fecundidad se situaba entre los 25 y los 29 años; en 2004 estaba entre los 30 y los 34 años. Si en 1975 el porcentaje de nacimientos de madres no casadas era del 2,03%; en 2004 era del 25,08%. Por otro lado, el 77,11% del crecimiento demográfico español entre 2001 y 2007 se debió a la llegada de población extranjera. Este monumental cambio humano es uno de los motores de la obsolescencia de los polígonos residenciales, afectando, muy especialmente a las tipologías arquitectónicas.

La presente ponencia propone una reflexión sobre cuatro cuestiones que habrían de ser abordadas para adaptar estas últimas a las necesidades de la sociedad contemporánea.

2 FAMILIAS NUMEROSAS VERSUS HOGARES UNIPERSONALES

En esta cuestión entran en liza tres parámetros: la superficie de las viviendas, el número de personas que la habitan y el número de estancias. Por lo que respecta a la primera, la reducción de superficie fue un vector constante en la política de vivienda del franquismo. En la etapa de reflexión, Fisac

llegó a proponer unidades de 40 m² de superficie útil para 8 personas, lo que suponía una media de 5 m² por habitante. El Plan de Viviendas de Tipo Social (1954) estableció un estándar que recogerían muchas otras normativas: 42 m² de superficie útil para una vivienda de tres dormitorios, es decir, unos 7 m² por habitante. Las Ordenanzas Técnicas y Normas Constructivas redactadas por José Fonseca para el INV ponían en evidencia lo que ello significaba: salones de 14 m², dormitorios de 6 m², cocinas de entre 4 y 6 m², y aseos de 1 m². Posteriormente, el Plan Nacional de la Vivienda de 1961 elevaría esa superficie a 50 m², 8,3 m² por habitante, pero es de señalar que nunca se llegaron a alcanzar los 10 m² por habitante fijados como "mínimo existencial" en la Alemania de los años 1920.

El segundo y tercer parámetros, número de personas y número de estancias, están interrelacionados. Según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística en 1958, la media de habitantes por vivienda era entonces de 4,51. No existen datos sobre el caso concreto de las viviendas sociales, pero es de suponer que sería bastante más elevado, dado que estaban mayoritariamente habitadas por matrimonios jóvenes en edad de procrear. La media de cuatro hijos por familia explica que el tipo de vivienda social más extendido fuera el de tres dormitorios. Así lo prescribió el Plan de Viviendas de Tipo Social de 1954 y el Plan Nacional de Vivienda de 1955. El Plan de 1961 llegaría a otorgarle prioridad absoluta, aludiendo a la excepcionalidad de las viviendas de dos, cuatro o cinco dormitorios.

Según el citado estudio de Montaner y Muxí, en la contemporaneidad la superficie media y el número de habitantes por vivienda han disminuido. El mayor crecimiento se ha producido en los hogares unipersonales, básicamente porque los jóvenes han cambiado sus pautas de emancipación y se ha incrementado la autonomía residencial de las personas mayores. También se han disparado las parejas sin hijos que cuentan con dos ingresos (un segmento poblacional que ha aumentado un 75% desde el año 2000). El resultado es que, actualmente, el 20% de los hogares españoles son unipersonales, el 25% está formado por dos personas, y los de tres y cuatro miembros suponen el 21% cada uno (a partir de ahí, la proporción cae radicalmente: 7,7% de hogares de cinco y 2,5% de seis). En conclusión, las necesidades actuales apuntan hacia viviendas de uno y dos dormitorios.

El desencaje entre los tres dormitorios de media en los polígonos residenciales y los 1 ó 2 que se requieren en la contemporaneidad, se complementa con la mayor exigencia de espacio disponible por persona. Los 7-8 m² útiles por habitante de los años 1950 se han convertido actualmente en unos 13 m² (oscilando entre los 9 m² de las viviendas protegidas de cuatro dormitorios y los 20 m² de las de uno). Aún así, el extendido tipo de 42 m² de superficie útil para tres dormitorios es reconvertible en una vivienda de un dormitorio, a la que la actual normativa exige un mínimo de 40 m² de superficie útil.

3 ESTABILIDAD VERSUS INESTABILIDAD

El modelo familiar franquista era muy estable. La sociedad estaba regida por los preceptos del nacional-catolicismo, que prohibían el divorcio y condenaban cualquier modelo de convivencia alternativo al de la familia tradicional. Es revelador el hecho de que las propuestas de tipos de viviendas efectuadas por Fisac, y Bastida y Amann asociaran las superficies de las viviendas al número de hijos de la unidad familiar. Ningún universo alternativo era imaginable. La vocación de permanencia de este tipo de familia, cuyo desarrollo vital era absolutamente previsible desde que eran bendecidas por el sacramento del matrimonio, se proyectaba sobre las plantas de los

polígonos residenciales. Los dormitorios estaban jerarquizados: el de mayor superficie para la pareja, los más pequeños para los hijos. Cuando se trataba de viviendas de más alto nivel, esa jerarquía se reforzaba dotando al dormitorio de matrimonio de armario empotrado o baño privado. A menudo, la precariedad de los sistemas estructurales y constructivos de la época congelaba esta distribución en el tiempo, como ocurría en el caso de los edificios de doble crujía y muros de carga, difícilmente adaptables a otras circunstancias.

Montaner y Muxí señalan que en la contemporaneidad la composición de los hogares se modifica a menudo y de manera brusca, debido a que la gente cambia numerosas veces de identidad a lo largo de su vida. La vivienda contemporánea ha de adaptarse a esa volatilidad existencial. Según dichos autores, el hecho de que las necesidades espaciales varíen enormemente con el transcurso de los años debe trasladar al proyecto arquitectónico una máxima: la flexibilidad. Las jerarquías han de reducirse al mínimo: los dormitorios deben ser de tamaño semejante, los baños de uso no exclusivo y los armarios empotrados deben abrir hacia espacios comunes. Otros autores, como Xavier Monteys y Pere Fuertes (2), van más allá, llegando a plantear que el proyecto arquitectónico renuncie a definir los usos de las estancias, una potestad que quedaría en manos de los futuros inquilinos. Este hecho pone en crisis la distribución de las viviendas de los polígonos residenciales, lo que afecta, especialmente, a la tabiquería. El problema se agudiza cuando se ven implicados los núcleos húmedos, difícilmente reubicables debido a su conexión a los sistemas verticales de suministro y evacuación de aguas. La industria ya se ha involucrado en la producción de viviendas más adaptables con la fabricación de sanitarios desplazables, cocinas modulares, tabiques móviles, etc. Estos artefactos también pueden servir para flexibilizar las viviendas de los polígonos residenciales.

4 FUNCIONALISMO VERSUS HIBRIDACIÓN.

Los reglamentos, instrucciones y ordenanzas de la Ley de Vivienda de Renta Limitada de 1954 trasladaron a los polígonos los preceptos de la “vivienda funcional” moderna. La monofuncionalidad, la idea de que la vivienda tan solo podía servir como espacio residencial, era uno de ellos. Esta presunción permitía dividirla en zonas de día (salón y cocina, orientados a poniente y asociados a la entrada) y zonas de noche (dormitorios y baño, orientados a levante y relegados a la parte más privada de la casa).

Montaner y Muxí ponen de manifiesto la crisis del carácter monofuncional de la vivienda contemporánea debido a la creciente importancia del teletrabajo y el aumento de profesionales que desarrollan sus labores desde casa. Esta realidad obliga a prever espacios de producción que puedan funcionar de manera segregada del resto de la vivienda, espacios dotados de baño y recibidor, e independientes de las estancias más privadas. Una vez más, este desencuentro pone en crisis la distribución de las viviendas de los polígonos. La vinculación de salones y cocinas con la entrada relega las estancias potencialmente utilizables como espacio de trabajo, básicamente los dormitorios, a las zonas menos accesibles, dificultando la autonomía del ámbito productivo con respecto al doméstico.

5 SOCIEDAD DE MASAS VS. DIVERSIDAD

La vivienda de los polígonos residenciales estaba pensada para una sociedad de masas: hombres que trabajaban en la industria o la construcción, mujeres amas de casa, seres obligados a seguir rígidas pautas de comportamiento social. La ultratipificación de las viviendas donde habitaban, cuyas únicas variables eran la superficie y el número de dormitorios, determinaba la imagen de los

polígonos, interminables sucesiones de bloques funcionalmente organizados, dimensionalmente modulados, estéticamente estandarizados y heliotérmicamente orientados.

La sociedad contemporánea, en cambio, es una sociedad de minorías, donde cada grupo social e individuo exige su derecho a expresar su individualidad y a proyectarla espacialmente. La reivindicación de las singularidades y circunstancias personales ha revolucionado el mercado de la vivienda, que se ha abierto en infinidad de direcciones: hacia las parejas sin hijos, hacia los ancianos, hacia las personas que viven solas, hacia las familias monoparentales, hacia los inmigrantes, hacia los colectivos homosexuales, hacia los jóvenes que comparten piso... Uno de los retos de la vivienda social contemporánea es dar respuesta a las necesidades de estos colectivos, necesidades que no son solo funcionales, sino también representativas. El reto es trasladable a los polígonos residenciales. La sociedad de masas sigue habitando en ellos. No se trata ya de clase obrera, sino de personas de avanzada edad, en su mayor parte pensionistas. La superación de su estado de obsolescencia se certificará cuando sus residentes reflejen la complejidad propia de la sociedad contemporánea. De ahí que uno de los mayores desafíos a los que deben enfrentarse los arquitectos en los proyectos de renovación de los polígonos residenciales sea más cultural que funcional: se trata de cualificarlos, de dotarlos de singularidad y carácter, de hacerlos atractivos a una sociedad de minorías.

6 CONCLUSIÓN

En definitiva, familias numerosas versus hogares unipersonales, estabilidad versus inestabilidad, funcionalismo versus hibridación, sociedad de masas versus diversidad... A todos estos desencuentros entre el habitar contemporáneo y los polígonos residenciales habría que sumar otros que no tienen que ver con la tipología arquitectónica, pero que también alimentan su decadencia: la obsolescencia constructiva y estructural (materiales de baja calidad, aluminosis, etc.), la obsolescencia urbana (segregación espacial, degeneración del espacio público, etc.), la obsolescencia funcional (falta de actividad económica, monofuncionalidad, etc.), la obsolescencia social (envejecimiento, delincuencia, etc.), la obsolescencia energética (inadecuación al Código Técnico, deficiencias de los aislamientos, etc.).

El panorama puede resultar abrumador, sin embargo, somos muchos los que entendemos que hay numerosas razones para desactivar el binomio obsolescencia-destrucción, que se impuso en Estados Unidos en los años 1990 y supuso la demolición de cientos de miles de viviendas sociales construidas en las décadas de 1950 y 1960. Apostar por los polígonos residenciales es apostar por un modelo urbano sostenible, basado en el crecimiento interior; es apostar por un modelo social opuesto a la especulación y la gentrificación; es apostar por la preservación de un patrimonio cultural, por la memoria colectiva del siglo XX, de la sociedad industrial, de la clase obrera. Por ello creemos que vale la pena adaptarlos a las necesidades socioculturales contemporáneas, tal como en su momento hicimos con los cascos históricos.

7 REFERENCIAS

- (1) J. M. Montaner, Z. Muxí, Z., *Habitar el Presente. Vivienda en España: sociedad, ciudad, tecnología y recursos*, Ministerio de Vivienda, Madrid, 2006.
- (2) X. Monteys, P. Fuertes, *Casa collage. Un ensayo sobre la arquitectura de la casa*, Gustavo Gili, Barcelona, 2007.
- (3) C. García Vázquez, E. Valero Ramos (eds.), *Intervención en Barriadas Residenciales Obsoletas. Manual de Buenas Prácticas*, Abada Editores, Madrid, 2016.

Dos Intervenciones de la Agencia De Vivienda y Rehabilitación de Andalucía en el desarrollo urbano de Granada: Mondragones y Automovilismo

María José Lechuga Báez⁽¹⁾, José Ignacio Vélez Fernández⁽²⁾

(1) Dirección Provincial de Granada de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía.

mariaj.lechuga@juntadeandalucia.es. (2) Dirección Provincial de Granada de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía. jignacio.velez@juntadeandalucia.es

1 INTRODUCCIÓN

Hablamos de innovación y sostenibilidad en la vivienda social, y en esta intervención, queremos poner de manifiesto, la necesidad de un desarrollo urbanístico del suelo, también sostenible.

La consecución de viviendas más sostenibles pasa, por una regeneración de los espacios urbanos y por la reducción del impacto ambiental que puede suponer el propio desarrollo de suelo en sí mismo. Viviendas sostenibles en ciudades más sostenibles.

Sin embargo, desde las ciudades y municipios, seguimos desarrollando suelo, a través de los Planes Generales de ordenación Urbana dictados al amparo de la LOUA, aprobada definitivamente en el año 2002, hace ya casi 20 años.

Actualmente tenemos en fase de aprobación, la Ley de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía, (famosa LISTA). Si se ha tenido la oportunidad de ojearla, se comprueba que es una Ley mucho más ambiciosa respecto a un desarrollo más sostenible del suelo y un claro compromiso con la reversión del cambio climático. Basta con leer su Título I, artículo primero, objeto de la Ley *“La Presente ley tienen por objeto la regulación de la ordenación del territorio y el urbanismo para la utilización racional y sostenible del suelo ...” art. 3*, incluye como uno de sus fines *“ la mitigación y reversión el cambio climático y contiene, y como novedad, en su art. cuarto, el desarrollo de los principios generales para un desarrollo territorial y urbanístico sostenible, entre otros, la viabilidad social, la viabilidad ambiental y paisajística, la ocupación sostenible del suelo, utilización racional de los recursos naturales y eficiencia energética , etc.. pero como digo y todos sabemos, aun no ha sido aprobada en el Parlamento.*

En este sentido, nuestra intervención pretende dar a conocer la actuación de la Consejería de Fomento a través de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía, (AVRA), en el desarrollo y regeneración de dos pastillas de suelo, en el centro de la ciudad de Granada, que si bien se desarrollan al amparo del PGOU de Granada aprobado definitivamente en 2001, y adaptado a la LOUA en 2009, sus proyectos de desarrollo de suelo (hablo de Proyecto de Parcelación y de Urbanización) han sido modificados, en una clara apuesta por esa búsqueda de la calidad de vida de los ciudadanos y de sostenibilidad con el entorno donde se desarrollan.

Estas dos intervenciones son las correspondientes las Areas de Reforma 7.01 “Cuartel de Automovilismo” y 7.02 “Cuartel de los Mondragones”

Estos dos sectores están incluidos dentro de un Plan Especial de Reforma Interior “Terrenos del Ministerio de Defensa. Areas de Reforma 7.01, 7.02, 7.04 y 7.05” que incorporaba antiguas instalaciones militares en el centro de la ciudad de Granada, áreas de suelo vinculadas a la Novena

Región Militar establecida en Granada. Dicho PERI fue redactado por el Ayuntamiento de Granada, aprobándose definitivamente el 28/3/2003.



Como podemos ver en el plano, dichos sectores han condicionado claramente la trama urbana colindante a los mismos. Los dos ámbitos han creado una barrera desde el punto de vista urbanístico, afectado tanto a la accesibilidad peatonal, al transporte público, a la accesibilidad privada, así como a la conexión visual, tan importante en el trazado urbano. Esto ha implicado un desajuste en el desarrollo comercial, económico y social de estos barrios, pero también en una falta de continuidad de la trama urbana y de accesibilidad a los distintos equipamientos y servicios públicos que se desarrollan en cada uno de estos barrios colindantes entre sí.

Los suelos de Mondragones fueron adquiridos por AVRA en el año 2007 y los de Automovilismo en 2008 encontrándose aprobados sus respectivos Proyectos de Reparcelación y en 2010 se aprobaron los proyectos de urbanización. Posteriormente la gestión, quedó paralizada hasta que en 2019 se reactivaron, impulsando un nuevo desarrollo del sector, con un mayor compromiso de sostenibilidad con el entorno y con la mejora de calidad de vida de los vecinos.

A continuación, os mostramos, un cuadrante con todas las actuaciones urbanísticas realizadas.

FECHAS APROBACIÓN		
INSTRUMENTO	AUTOMOVILISMO	MONDRAGONES
PGOU	09/02/2001	
PERI	14/02/2003	
Innovación PERI	————	28/09/2012
Proyecto de Reparcelacion	23/02/2004	23/02/2004
Proyecto de Urbanización	09/06/2010	09/06/2010
Junta de Compensación	25/05/2020	-----
Adaptación P. Repac. Innovación		Presentado Ayto. 14/10/2021
Adaptación Proyecto de urbanización	06/11/2020	Presentado Ayto. 29/10/2021
Estudio de detalle	30/07/2020	-----
Inicio obras	10/02/2021	2º Trim. 2022
Contratación arqueología	-----	1ª Fase 28/09/2017 2º Fase 22/02/2019 3º Fase 15/01/2020 4ª Fase 15/08/2021

Como puede apreciarse, en este dos últimos años, a pesar de la pandemia, se ha trabajado intensamente en coordinación con el Ayuntamiento de Granada para el avance en el desarrollo de estos sectores.

En el caso de automovilismo la adquisición de las parcelas pertenecientes al ministerio de defensa por parte de la mercantil, GLOBAL ELEPHAS S.L aconsejó la constitución de Junta de Compensación. Hay que decir que el desarrollo de esta actuación, mediante la gestión público-privada ha dado muy buenos resultados y podemos decir que tenemos previsto finalizar las obras de urbanización en esta anualidad.

El presupuesto de inversión para el desarrollo de suelo ha sido de alrededor de 2.300.000€

Paralelamente se está trabajando en la redacción de los proyectos de edificación para la construcción de 69 viviendas de Protección Oficial.

En cuanto al desarrollo de Mondragones hay que destacar los hallazgos arqueológicos y el estudio de los mismos para su puesta en valor.

El presupuesto invertido en los estudios arqueológicos ha sido de unos 613.000 y el presupuesto para la ejecución de las obras de urbanización se prevé que ascenderá a 5.500.000.

2 PARQUE DE AUTOMOVILISMO

Centrándonos en el caso del Parque de Automovilismo, AR-7.01. Es un pequeño sector de unos 22.700 m² de superficie bruta y una capacidad residencial de unos 14.000 m² de techo, aproximadamente unas 140 viviendas, de las cuales 70 son protegidas. Su forma es irregular y muy alargada como apreciamos en la imagen. Tiene unos límites muy definidos, al oeste y al norte con dos grandes vías de comunicación de la ciudad que son el Camino de Ronda y la Avenida del Sur y al este con el pequeño barrio residencial denominado "Los pajaritos" desarrollado desde principio del siglo XX. Con la construcción de la nueva estación del Ferrocarril que lo limita al sur, quedó aislado, casi un siglo, el referido barrio de Los Pajaritos y lógicamente la zona residencial perimetral y colindante al camino Ronda.



El PERI aprobado por el ayuntamiento de Granada en el año 2003, queda ordenado como vemos en la imagen:

- El espacio libre recorre de norte a sur el sector, paralelo al río Beiro, que se encuentra canalizado y cubierto en toda esta zona urbana.
- El resto del suelo queda ordenado, con dos únicas parcelas residenciales situadas en la zona sur. Una para vivienda de protección oficial, perteneciente a la Agencia de Vivienda y otra para vivienda libre.

Con la nueva ordenación: Adaptación Proyecto Urbanización y Estudio de Detalle, se ha conseguido:

1. - Redefinir los espacios libres:

- Se han eliminado gran cantidad de metros cuadrados de pavimento duro, sustituyéndolo por zonas ajardinadas y parterres que mejoran las conexiones con los dos sectores contiguos.
- En la zona más amplia de la zona verde se crea una zona central de estancia con juegos de niños rodeada por una pérgola circular.
- Se dota también con una zona de cardio para jóvenes colindante al paseo sobre el encauzamiento del río.
- Se incrementa de forma notable la superficie ajardinada y de pavimento blando, aumentando proporcionalmente las especies arbóreas del sector, lo que supondrá una clara mejora desde el punto de vista medioambiental, reflejándose incluso en el impacto de la temperatura ambiental del sector sobre todo en época estival.
- Se crean espacios de estancia para uso diario de la población colindante, sustituyendo los simples recorridos peatonales a través de zonas verdes, por pequeños salones urbanos con diversidad de usos.

2.- Mejorar notablemente, la permeabilidad peatonal entre los dos barrios, y además se ha incidido en la accesibilidad para el tráfico rodado y el transporte público conectando con una vía rápida de conexión perimetral, permitiendo también, la fácil conexión con el aparcamiento creado por ADIF para la estación del AVE.

3.- Reordenar los volúmenes de la parcela de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía.

El PERI AR-7.01 aprobado, definía los volúmenes de las dos parcelas residenciales. Un edificio en "L" para la parcela de vivienda libre con una evidente apariencia de manzana cerrada mas de que bloque abierto y dos edificios exentos para la parcela de VPO. Uno de ellos de mayor dimensión paralelo a la zona verde del sector y a la calle Alondra, y otro de menor longitud que debía salvar la diferencia de altura del vial de nueva apertura, desnivel cercano a los 3 metros Los edificios de ambas parcelas tendrían una altura similar, de 7 plantas.

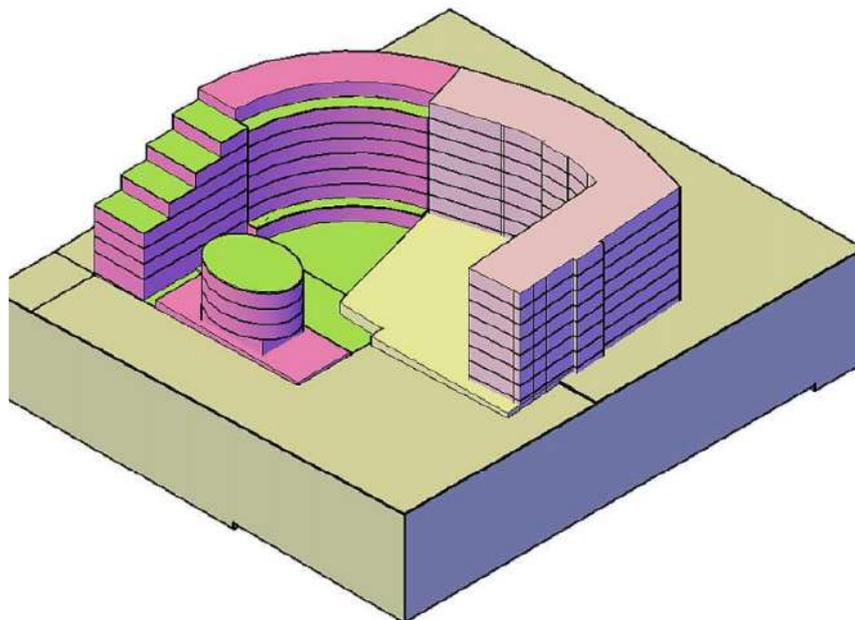
El resultado de la ordenación de volúmenes de la parcela 2 resultaba poco afortunado y además no se ajustaba a la propia normativa del PERI puesto que no se cumplían ni las separaciones a linderos ni las separaciones entre edificios.

Pero lo más desafortunado de la ordenación era la decisión de levantar un largo paralelepípedo de 7 plantas de altura al final de la calle Alondra, enfrentado a los bloques de viviendas del Barrio de los Parajaritos, en el lugar que tiene más vocación de espacio libre, aunque sea privado, puesto que puede servir de remate visual al gran espacio libre público arbolado que de forma muy acertada planteó el PERI, discurriendo en paralelo al paseo sobre el canal cubierto del Río Beiro.

Tan poco afortunado como el volumen planteado para el edificio E2, otro paralelepípedo de 7 plantas de altura, suelto, sin ninguna referencia a viario ni a hito urbano alguno, aislado del resto, y lo peor, desatendiendo su singular posición urbana, uno de los puntos focales de perspectivas de mayor interés de la ciudad en la que se abre una de las mejores panorámicas del Albaicín y de la Alhambra con el telón de fondo de Sierra Nevada; siendo además cabecera de manzana hacia un espacio público tan significativo como la estación del AVE. En definitiva, desatendiendo su vocación de hito urbano a escala de barrio y sobre todo cualificador de escenas o espacios urbanos como el Camino de Ronda en este punto privilegiado.

Las mejoras contempladas en el Estudio de Detalle, consiguen:

- 1 Disminuir el volumen del edificio E3 tanto en planta como en altura evitando así la fuerte agresión que suponía a la escena urbana de barrio de los Pajaritos tal como la definió el PERI, planteando ahora un volumen de carácter mucho más amable
- 2 Alinear el volumen del nuevo edificio E2 al de la parcela 1 (edificio E1) adoptando la imagen de manzana cerrada que definió el PERI con mucho acierto para ese edificio. El nuevo volumen E2 planteado por el ED se adosa a su colindante (tapando la medianera ciega vista que surge aquí de la ordenación del PERI). El nuevo volumen propuesto mantiene un primer trazado curvo de amplio radio (38,74 m) que permite disfrutar antes de la bella panorámica del Albaicín y la Alhambra con Sierra Nevada de fondo, en unos de los puntos de mayor tránsito de la ciudad y por tanto de mayor consumo visual, y lo hace con esa suave curva que sustituye a la dureza de las aristas del paralelepípedo que planteaba el PERI, atendiendo, ahora sí a su singular posición urbana, uno de los puntos focales de perspectivas de mayor interés de la ciudad, y lo hace también atendiendo a su carácter de cabecera de manzana hacia un espacio público tan significativo como la estación del AVE. En definitiva, atendiendo a su vocación de hito urbano a escala de barrio y sobre todo cualificador de la escena urbana de Camino de Ronda en este punto privilegiado de la ciudad.
- 3 Trasladar el volumen que se detrae del edificio pequeño (E3) al nuevo edificio E2 que asume la edificabilidad que no consume el otro, manteniendo así invariable la edificabilidad y la altura máxima asignada a la parcela, que en el frente curvo hacia el Camino de Ronda mantiene las 7 plantas, como su colindante (el edificio E1, con el que, en la medida de lo posible se plantea incluso la continuidad en la altura de sus forjados), y que en su extremo inferior con frente a la calle Alondra reduce su altura a 4 plantas.



- 4 Obtener el máximo espacio libre en el interior de la parcela, completando así la imagen de manzana cerrada desde el Camino de Ronda lo cual supone además una magnífica barrera acústica para ese interior ajardinado privado que servirá de complemento visual al gran espacio libre público arbolado que de forma muy acertada planteó el PERI, discurriendo en paralelo al paseo sobre el canal cubierto del Rio Beiro.

- 5 Crear una rotunda pieza urbana de remate para el AR-7.01 (adecuada a escala de ciudad, y a la vez adecuada al Barrio de los Pajaritos, a escala de barrio). Pieza urbana que será el resultado de la unión de los edificios E1 y nuevo E2 de las parcelas 1 y 2 respectivamente, a la vez que, entre ambas parcelas, se genera el citado gran espacio libre interior ajardinado con buena orientación y soleamiento (gracias a la menor altura de la edificación propuesta con frente a la calle Alondra). Espacio libre que, al menos visualmente, será disfrutado tanto por los nuevos vecinos residentes del AR-7.01 como por los vecinos del barrio, los residentes en los edificios existentes al final de la calle Alondra, espacio libre interior que perceptivamente casa muy bien con el espacio libre público planteado por el PERI.

3 CUARTEL DE MONDRAGONES

Pasamos a definir la actuación del PERI AR-7.02 "Cuartel de Mondragones". La superficie del sector es de 90.118 m². Con una capacidad residencial de 52.403 m² de techo, estimadas unas 519 viviendas. De ellas, 202 libre y 317 protegidas.

La casuística respecto a la trama urbana es similar a la de Automovilismo, pero en este caso se ha visto agravada por las grandes dimensiones de este acuartelamiento que además poseía unas instalaciones deportivas militares de carácter provincial. Esta barrera urbanística ha supuesto una desconexión entre el barrio de Plaza de Toros o Doctores y el barrio de La Cruz, colindantes entre sí, pero completamente independientes.

Los límites urbanos que conforman el ámbito son por el este la avenida del Beiro por donde discurre el encauzamiento del río del mismo nombre y el barrio de Plaza de Toros. Dicho barrio está conformado con edificaciones en bloque adosado, de siete plantas de altura, sin apenas espacios libres, a excepción de las zonas limítrofes a la Plaza de Toros y con una importante densidad de vivienda. Al norte un gran vial radial de acceso al centro urbano, la antigua carretera de Madrid (actual Avda. Juan Pablo II) y al sur un vial de menor entidad que sirve de conexión entre barriadas, la Avenida de las Armadas. Por el oeste lo abraza el barrio de la Cruz, barrio residencial de vivienda adosada de dos plantas de altura, igualmente sin apenas espacios libres

Sin embargo, las cesiones obligatorias establecidas en esta área de desarrollo del PERI para los distintos equipamientos públicos, se han visto incrementadas notablemente respecto a los estándares definidos en la LOUA. Se multiplican casi por tres las cesiones tanto de equipamientos, como de zonas verdes. La superficie neta de las dos parcelas que albergan las instalaciones administrativas del Ayuntamiento de Granada y las instalaciones deportivas es de 25.237 m², cercana al 30% del suelo bruto. Y además las zonas verdes o espacios libres que se desarrollan en tres parcelas, suman 27.177 m², también un 30 % de la superficie bruta del sector.

La ordenación aprobada en el PERI es la que vemos en la siguiente imagen.



La ordenación del sector aprobada en el PERI AR-7.02 por el ayuntamiento de Granada en el año 2003, sigue las directrices en cuanto al trazado viario propuesto por el Plan General. La articulación fundamental se confía a la vía de nueva apertura que discurre aproximadamente paralela a la Avenida del Beiro y lo recorre de norte a sur.

La localización del gran espacio libre y la del equipamiento fundamentalmente deportivo mantiene igualmente las previsiones del Plan General.

Esta ordenación definía los espacios libres en una gran manzana central y el resto en varias parcelas fragmentadas en los interiores de manzanas cerradas residenciales de nueva creación, siguiendo una proyección similar a la trama de los pabellones militares existentes, sin tener en cuenta la ordenación existente del barrio de la Cruz. Contrasta bastante la altura definida de los edificios de estas dos manzanas cerradas de 4 y 5 plantas de altura, respecto a las dos plantas de altura de las viviendas adosadas de la acera contraria del barrio de la Cruz.

La Agencia de Vivienda en colaboración con el Ayuntamiento de Granada, propietario de una de las parcelas del sector, tramitó en el año 2012 una Innovación del PERI para modificar las condiciones de ordenación.



Los dos objetivos que se han conseguido con esa nueva ordenación fueron:

- 1 Mejorar la movilidad peatonal y la permeabilidad con el barrio de la Cruz, mediante la eliminación del viario que dividía la zona en dos manzanas cerradas y concentrando el uso residencial en dos parcelas mas alejadas de las viviendas adosadas de menor altura situadas al este.
- 2 Mejorar la ordenación de las zonas verdes situadas en el interior de las manzanas cerradas. Esto se ha conseguido unificando los espacios libres justo en el límite del barrio de la Cruz de forma que los vecinos disfruten directamente de estas zonas verdes que además sirven de transición con las manzanas residenciales de mayor altura.

Lógicamente se ha mantenido la edificabilidad total del sector pero se ha incrementando la superficie de zonas verdes.

El Ayuntamiento de Granada convenió con la Agencia de Vivienda el desarrollo de la primera fase del proyecto de urbanización, para poner en servicio el equipamiento deportivo, en la parcela colindante al edificio administrativo que albergan las oficinas municipales. Durante el inicio de los trabajos de excavación del sótano aparecieron de forma "casual" unos restos arqueológicos de una villa de época romana pertenecientes al siglo I. Esto condicionó parte de la ejecución del proyecto del complejo deportivo y del parking de tres plantas proyectado.

Debido a este "hallazgo casual" la Agencia valoró no desarrollar urbanísticamente el resto del sector hasta no tener conocimiento real de la potencia arqueológica del ámbito. En colaboración con la Delegación de Cultura, desde el año 2017 se han venido realizado hasta cuatro campañas arqueológicas que han realizado sondeos en todas las parcelas del área, tanto las parcelas residenciales como las zonas verdes. Pudiendo concluir que los restos arqueológicos encontrados bajo el centro deportivo, sólo tienen continuidad en la parcela colindante del gran espacio público central.

A continuación, exponemos sólo una pincelada de todos estos restos arqueológicos:

- Enterramiento funerario "singular" de época íbera. Siglo V antes de cristo
- Villa romana del siglo I, con una zona industrial vinculada a la producción de aceite. Esta villa inicial del siglo I, se monumentalizó en el siglo IV llegando a contar la almazara con cuatro prensas de molturación. Hasta ahora, según los expertos, el molino de aceite más monumental de la Bética.
- Vinculado a esta villa, se desarrollan en la zona norte una serie de edificaciones de tipo protocolario y religioso, llegando a edificarse posiblemente la primera iglesia de Granada, vinculado con el Concilio de Iliberis.
- Existencia de unas termas de uso público, vinculadas a otras construcciones, como a un lagar, una oficina de fundición, etc. que nos pueden dar a entender la consolidación de un pagus o pequeña urbe suburbana
- Uso continuado de los distintos edificios durante la época visigoda, aportando mucha información de esta época un tanto oscura por falta de datos. Llegando incluso el uso de algunos de mayor volumen y mejor construcción hasta época musulmana del siglo XIII.

Una vez conocida casi toda la información arqueológica, se ha podido redactar la innovación del proyecto de reparcelación para dar cobertura jurídica a las nuevas parcelas definidas en la innovación del Plan Especial de Reforma Interior aprobado en 2012, documento que está en tramitación actualmente en el Ayuntamiento de Granada. También se está actualizando el proyecto de urbanización, adaptándolo a las nuevas normativas vigentes y actualizando los condicionantes de los distintos suministros. Pero al igual que en el caso de Automovilismo, se está aprovechando esta actualización para mejorar toda la zona verde de la manzana residencial situada en la zona oeste. Haciéndola más amable con el ciudadano, eliminando suelos excesivamente pavimentados con piedra u hormigón por pavimentos blandos, con jardines y parterres y creando zonas de estancia con diversidad de usos. Actualmente se está terminando su diseño.

El siguiente paso será realizar la puesta en valor de estos restos arqueológicos para lo que está previsto una intervención con el Plan Alhambra. Su desarrollo será a través de un concurso de ideas para una nueva ordenación de la plaza central, donde se incorporen al diseño, tanto el yacimiento arqueológico, mediante su consolidación, cubrición y protección, la puesta en valor del conjunto así como el diseño de un Centro de Interpretación de este complejo arqueológico, donde también se puedan exponer todos los objetos encontrados en el yacimiento y poder explicar un mejor y más completo conocimiento histórico de la ciudad de Granada.

Con esta actuación se ha realizado una apuesta por el respeto y la conservación de este patrimonio cultural y arqueológico.

Podemos concluir como reflexión de estas dos intervenciones, que al igual que la Ley de Ordenación Urbanística de Andalucía, en estos últimos 20 años ha modificado su espíritu, tornándose a una nueva ley más respetuosa con el entorno, buscando la calidad de vida de los ciudadanos y de sostenibilidad con el entorno, AVRA también en estos 12 años que han estado paralizadas estas dos actuaciones, las ha retomado con un nuevo impulso para hacerlas más amables, más viables ambiental y socialmente y por tanto más sostenibles.

Sustainable Management of the Necessary Graphic Information for the BIM Digital Modelling of AVRA Housing

Pinto Puerto, F.⁽¹⁾, Guerrero Vega, J.M.⁽²⁾, Angulo Fornos, R.⁽³⁾

(1) Dept. Architectural Graphic Representation. University of Seville. fspp@us.es. (2) Dept. Graphic Representation and Building Engineering. jmgv@us.es. (3) Dept. Architectural Graphic Representation. roqueaf@us.es. University of Seville. roqueaf@us.es.

Abstract

The implementation of BIM digital models to manage the numerous property assets of institutions like AVRA (Andalusian Housing and Refurbishment Agency) requires adequate technological systems and resources to make the processes viable and sustainable over time. One of the first problems to address when constructing these models is the existence of preliminary graphic documentation because the majority of these buildings were designed in the pre-digital age. Our paper analyses this challenge and proposes hybrid systems that alternate the use of existing analogue documentation with metric capture digital technologies to apply BIM systems efficiently. This reflection stems from a knowledge transfer initiative launched by the University of Seville as part of the Andalucía Tech Singular Projects programme, which has broader aims.

Keywords: Graphic survey, laser scanner, digital modelling, BIM.

1 INTRODUCTION

The Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA, as it known by the Spanish initials) is responsible for the comprehensive management of a large and varied portfolio of properties, which implies a significant problem regarding the documentation, including graphic documents, used in architectural and preventive conservation processes.[1] This documentation usually takes the form of printed material, in keeping with the pre-digital tradition of the last century whereby records were managed through copies and reproducible matter. Since the 1990s, paper deliverables have sometimes been accompanied by copies of plans in CD format generated with CAD in a digital environment. This format usually contains DWG and DXF files and the information is systematised in associated folders, layers and files from which printouts or PDFs can be obtained. Records continued to contain printed matter and PDFs until went into this century; the latter format was officially launched as an open standard in 2008 and published by the International Organisation for Standardisation (ISO) as ISO 32000-1.

The AVRA General Archive only contains printed material for the buildings commissioned by the agency since it was created in 2013, but the public stock comprises properties associated with different entities (national ministries, regional ministries and municipal companies), most of them dating from the mid-20th century, for which the graphic records on paper are held at the provincial branches rather than at the General Archive. Copies of building designs in CD format became a requirement at the beginning of this century but they were not inventoried. The problem with CDs is their long-term conservation because they are highly vulnerable, which compromises the retrieval

of the information. In the case of the refurbishment of historical buildings, or those that pre-date the mid-20th century—a minority with respect to the total number of buildings managed by the agency—there is no up-to-date documentation and the provincial and municipal historical archives rarely contain any relevant documents.

The emerging BIM (Building Information Modelling) technology makes it possible to create a preliminary 3D model of a building and associate it with information classified and structured in phases and categories. Within this model, it is also possible to parameterise the spatial, building, structural and installation system elements to obtain a wide variety of alphanumeric data and export them to traditional 2D information systems for document management purposes.

2 THE CHALLENGE

Whether for conservation, refurbishment or remodelling purposes, the first step to creating a BIM model is to understand the building's geometry [2], [3], [4], [5] and [6]. This information can be obtained from a metric capture carried out specifically or from existing graphic documents that describe the geometry of the building as accurately as possible. In the latter case, the documents will usually be flat projection drawings from an earlier survey, either of the design or the final state of the building. However, it is often the case that this documentation does not exist, cannot be found or does not accurately reflect the current state of the building. There are four possible starting points:

- a. Existence of original plans in official government records, i.e. drawings made by the habitual manual methods between the late 19th century and first half of the 20th century, usually floor plans and elevations, and more rarely cross-sections.
- b. Existence of a description of the building as part of the architectural project, or of the final state of the building, reproduced on paper from an analogue drawing, commonly found between 1950 and 1990.
- c. Existence of vector digital documentation, usually produced in CAD and then printed out for record management purposes, typically found from 1990 onwards.
- d. No existing graphic documentation, either because the record is very old or it refers to the refurbishment of a historical building (usually before the 19th century) and no systematised plans have been preserved.

3 METHODS

The challenge cannot be resolved by simply putting every case in the latter category because the volume of assets managed by AVRA would require the use of a vast quantity of resources. Besides, BIM is not always appropriate for cases that do not require a high level of geometric definition. There may be multiple situations which need to be analysed in detail.

We will consider the case of existing very basic analogue plans. If the building has deformations and severe structural problems, or if is going to undergo significant alterations, the geometry will need to be examined in minute detail to be able to create a rigorous model in which to accurately quantify aspects that cannot be evaluated visually, such as collapses, warping, interlocking masonry, etc. With the same starting point, if we want to carry out daily preventive maintenance and record-keeping for a building in normal conditions, the model can be much simpler and the metrics of the initial

documentation will not need to be as rigorous. Additionally, it is often necessary to model a building simply and sometimes repeatedly, for example to develop software to calculate thermal efficiency.

The adoption of one geometric survey procedure or another prior to the creation of the model requires careful consideration of the ultimate purpose to ensure the correct choice of solution. This decision is crucial because it can lead to a considerable investment of time and financial resources. It is therefore important to bear both matters in mind, as shown in Table 1 which proposes the preliminary graphic information for the construction of the model according to the purpose.

The methodological approach consists in matching the starting point to the requirements of the model. The use of existing documentation also implies locating it and somehow associating it with the database containing all the records of the assets, and creating a type of history with basic data about the floor area and location, etc. for incorporation into the future BIM models. The use of this entire graphic legacy serves many other documentary functions that can be exploited in the long term and that concern the direct relationship between the forms of representation and the type of architecture developed.[7]

Necessary information	geometric	Existing plans (analogue or digital)	Basic data collection (sketches, measurements with conventional methods)	Exhaustive data collection (laser scanner)	Not necessary
Purpose of the model					
Records					
Preventive conservation					
Specific alterations					
Analysis and energy refurbishment					
Analysis and structural repairs					
Complete refurbishment					

Table 1. Relationship between geometric data formats and model requirements.

4 CASE STUDY

As part of the CEI-10-HUM799 project we conducted a pilot digital BIM experiment for one of the properties managed by AVRA: the collective housing situated between Calle Lemus and Plaza Brava in Málaga. The aim of the experiment was to test the inclusion of BIM in AVRA's intervention protocols by studying the conditions the model needs to meet for its specific purpose and programming the algorithms necessary for the two-way transfer of information between the model and the building management program which the agency currently uses. The record for this building contained the basic design and execution documents in CAD format, with the usual graphic

definition of floor plans, elevations and cross-sections. This documentation was sufficient to create a BIM model for the stated daily management aims, the results of which we discuss in another paper for this conference.

To verify the model's degree of precision with respect to the physical reality of the building and assess the error margin associated with the use of existing standard documentation, we also captured data using digital technology: a terrestrial laser scanner to collect data from static stations, and a hand-held scanner to perform this data collection dynamically, accompanying a person moving through the building. The equipment used consisted of a ZEB-REVO hand-held scanner with a maximum range of 30 metres, 43,000 points per second and a relative precision of 1–3 cm; and a LEICA BLK360 LASER SCANNER terrestrial scanner capable of capturing 360,000 points per second, with a range of 60 metres and a relative precision of 4 mm. The terrestrial scanner also produces thermal, laser and visible light images and can perform a 360-degree scan in just 3 minutes.

5 RESULTS

5.1 RESULTS OF THE METRIC CAPTURE WITH THE MANUAL SCANNER

We collected data with the ZEB-REVO hand-held scanner in two phases. In the first phase we covered the interior of one of the housing units, the entire gallery, the stairs and the rooftop terrace, and in the second phase we scanned the exterior facades. The starting point was the same for both phases, each of which lasted 30 minutes, including 15 minutes in motion. The scanner rental company then exported the cloud points from the scanner to files with a universal format (E57) and sent the link via email, all of which took 10 minutes. Our team imported these files to Autodesk Recap to convert them to RCP format in Autodesk to be able to run Autodesk AutoCAD and Revit programs, which took another 10 minutes. The point cloud was already scaled and vertical to begin with, so all we had to do was change the orientation to horizontal and move it to a known georeferenced point. In our case, this point was the model we had already created with the existing plans, so we transferred it to the model to check whether we needed to make any adjustments for the digital capture. This took another 10 minutes. The entire data collection process and management of the information for use in CAD took 60 minutes (Fig. 1).

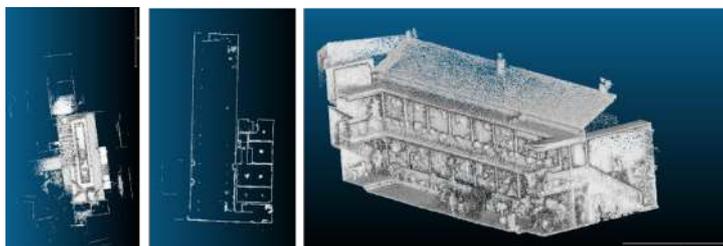


Fig. 1. Three visualisations of the raw point cloud obtained from the scanner: flat projection of the complete point cloud, horizontal section of a band of points and axonometric cross-section of the point cloud.

5.2 RESULTS OF THE METRIC CAPTURE WITH THE TERRESTRIAL SCANNER

The work with the LEICA BLK360 LASER SCANNER consisted in collecting data from 21 stations distributed across the communal areas in the building, starting from the middle of the courtyard. We avoided the interior of the building because it would have meant setting up a station in each room, therefore significantly increasing the time required for the field work. Each station took 5 minutes. Downloading and processing the data took much longer. Using Leica Data Manager, it

took 60 minutes to download the 21 files from BLK360, another 60 minutes to import them with Leica Cyclone Register, 120 minutes to record the 21 stations for unification and adjustment, and 210 minutes to export them as RCP files, occupying 18 GB of data. These 555 minutes in total produced a massive amount of data, including the colour management of each point, which generated dynamic images with optimal resolution permitting a virtual tour of the building.

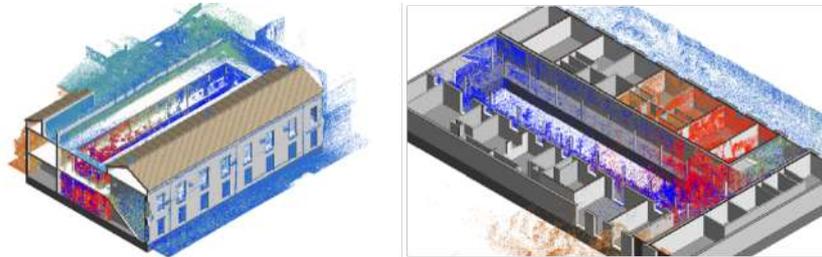


Fig. 2. Two visualisations of the model in Autodesk Revit with the imported point cloud.

5.3 STORAGE POSSIBILITIES AND SUBSEQUENT USE OF THE DATA OBTAINED FOR DIFFERENT PURPOSES

The translation of the information obtained in RCP format ensured compatibility between the data collected via both capture methods, and we were therefore able to combine and import them to the model created, which in turn was duly georeferenced. These point clouds provide another layer of information, so any deformations in the model can be verified visually and, if necessary, adjusted to produce a more reliable picture of the real state of the building. In this case, deformations occurred in the floor plan due to the adjustment of the building to the real plot during the execution, but they were insignificant and only affected the shortest side of the floor plan so did not warrant making alterations to the model. The use of existing 2D plans provided a sufficient degree of precision to meet the aims of the model. The optimal use of the technological resources requires complete graphic documentation of the building in question, which is feasible since the creation of AVRA in 2013 but a more complex matter for earlier building records.

The next option would be to carry out efficient data collection with a hand-held scanner, which we have verified to be fast and sufficiently accurate in most cases to obtain a faithful model of the building's geometry. This type of instrument can also be used for the routine inspections that technicians carry out to verify incidents because the equipment is light and easy to transport and the data management processes are relatively fast.

Lastly, the use of a terrestrial scanner requires a greater investment of time and more storage space, although it delivers a higher degree of precision. Solutions for the fast recording of data collected through different static captures already exist on the market, although there will always be times when the volume of information is unmanageable. This type of capture is therefore recommended for the analysis of structural problems or persistent pathologies, and avoidable for problems that require a more generic definition of the model.

6 CONCLUSIONS

In any case, the information is compatible and can be associated with the final model, whether it has already been created or is created following the data collection. The question is the storage, management and use of this massive capture of data. Although it represents a level of geometric information that can always be exploited, it requires efficient management to avoid the issue we

encountered: the difficulty of locating existing information quickly and easily to be able to work with the vast quantity of records kept by AVRA. The availability of new technologies does not mean that we no longer need to keep or use existing analogue documentation.

The current technologies of massive data collection based on the use of laser scanner represent a great advantage in terms of accuracy, reliability, and speed for the subsequent construction of the model. However, the economic cost of the equipment and the volume of data to be managed could make them not recommended in all cases. The purpose of the model should be that which determines its use or, instead, other types of previous information available of buildings.

We believe that it is necessary to create a working system and protocol for the different types of data collection methods required to create a particular model, from initial 2D plans to the acquisition of data through 3D scanning. These protocols should clearly differentiate point clouds, as the massive capture of metric data, from the model, as the logical construction of the architecture.

7 REFERENCES

- [1] Public Residential Stock Improvement and Maintenance Plan. Available (in Spanish) at https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/2020-03/2018_PMM_PPResidencial_CAA.pdf. Last accessed on 13 September 2021.
- [2] Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., Lytle, A. "Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques". In *Automation in Construction*. (2010) (Vol. 19, Issue 7, pp. 829–843). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.06.007>
- [3] Wang, C., Cho, Y.K., Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses, *Procedia Engineering*. 118 (2015) 918-925.
- [4] Chiabrando, F., Io Turco, M., Rinaudo, F. "Modeling the decay in an hbim starting from 3d point clouds. A followed approach for cultural heritage knowledge", in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. (2017) 42(2W5), 605–612. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-605-2017>.
- [5] Rodríguez-Moreno, C., Reinoso-Gordo, J. F., Rivas-Lpez, E., Gmez-Blanco, A., Ariza-Lpez, F. J., Ariza-Lpez, I. "From point cloud to BIM: an integrated workflow for documentation, research and modelling of architectural heritage". *Survey Review*. 360 (2018) 1-20. <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1259719>.
- [6] Brumana, R., Oreni, D., Barazzetti, L., Cuca, B., Previtali, M., Banfi, F. "Survey and Scan to BIM Model for the Knowledge of Built Heritage and the Management of Conservation Activities", in *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*. (2020) 391–400. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0_35.
- [7] F. Pinto Puerto, J.M. Guerrero Vega, "Imagen y modelo en la investigación del patrimonio arquitectónico", *Virtual Archaeology Review*. 8 (2013) 135-139.

Funding: This paper was financed through European Regional Development Funds and Government of Andalusia funds as part of the research project CEI-10-HUM799, within the framework of singular knowledge transfer projects at the excellence campuses in the fields included in the Research and Innovation Strategy (RIS3) under the auspices of the global project of the University of Seville entitled *Innovative Ecosystem with Artificial Intelligence for Andalusia 2025*.

Acknowledgements: We thank the team at the AVRA branch in Málaga, Miguel Ángel Santos Amaya (head of development and quality control at the Regional Ministry of Development, Infrastructures and Land Use–SGT), and Francisco Javier Ramos at Geoavance SL for their availability and generosity in facilitating and supporting the data collection.

Transfer of Information between the Building Management Program of the Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA) and Building Information Models (BIM)

A. García Martínez⁽¹⁾, M. Castellano Román⁽²⁾, F. Pastor Gil⁽³⁾

(1) Dept. Architectural Constructions I, University of Seville. agarcia6@us.es. (2) Dept. Architectural Graphic Representation, University of Seville. manuelcr@us.es. (3) Pastor-Gil Arquitectos. fpastorgil@gmail.com.

Abstract

This paper addresses the transfer of Information between the building management program of the Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA) and building information models (BIM) with the aim of testing the inclusion of this methodology in the agency's intervention protocols. After selecting an AVRA building for our case study, we created its BIM model, defined the conditions to be met by the model, and programmed the necessary algorithms for the two-way transfer of information between the model and the AVRA management program.

Keywords: BIM, CMMS, interoperability, building maintenance, life cycle.

1 INTRODUCTION

The Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA) is the owner of a vast stock of diverse buildings whose management represents a considerable organisational challenge. The agency's technical department has developed a computer program to manage the building database which has proved adequate for its purposes, although the protocols associated with the use of the application evidence a margin for improvement and optimisation.

The AVRA database contains the necessary information to fill in a Building Evaluation Report (BER, known as IEE in Spanish) for each property and the agency's management program therefore functions like a Computerised Maintenance Management program (CMMS), albeit with features limited to the ones the agency needs to carry out its responsibilities.



Fig. 1. Case study, building at Calle Lemus 5 (Málaga). Photos courtesy of Land Records Directorate and F. Pinto.

The growing use of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector suggests that it might be possible to link the AVRA management program with BIM models and therefore optimise the agency's general building management. To conduct

this experiment, we selected as our case study the building situated at Calle Lemus 5 in Málaga, a collective housing unit built in 1985 [3] (Fig. 1).

The case chosen is typical of the buildings managed by AVRA and allows us to consider both the BIM management of social housing [3] and the generation of information models for existing buildings with heritage status [4-5].

2 MATERIALS AND METHODS

We designed a methodological process structured according to the following sequence: analysis of the content and structure of the information in the AVRA program; development of the BIM model; and design of the algorithms for importing and exporting data to/from the BIM model and the AVRA program.

The data from the AVRA program is obtained as an Excel spreadsheet. The vast quantity of information fields means that four separate files have to be exported, three with general details about the building and a fourth file focused specifically on damages recorded in the building. We analysed the structure of this information to identify which parameters would enable us to link the AVRA program to the BIM model, and which of them we could automate in the model.

The BIM model was developed in Autodesk Revit. To create it, we used CAD plans and 3D scans, the details of which and their suitability as base graphic documentation for the model are discussed in another paper presented to this conference. In any case, the generation of the BIM model is not based exclusively on the metric data obtained from the CAD vector graphic or the point clouds obtained from the 3D scans; it also requires an interpretation of the building's construction. This interpretation is based on the information obtained from the AVRA application and direct inspection of the building. The reliability of this information is therefore limited and will have a direct impact on the conditions of the BIM model. In cases where the building execution project or even the "as built" documents are available, the information in the model will be more specific.

Having built the BIM model and defined the information fields to link it to the AVRA application, we programmed the algorithms to permit the data transfer. For this task we used the Dynamo application integrated with Revit. We programmed an import algorithm from the Excel obtained from the AVRA application and an export algorithm from the Revit BIM model to Excel, a format that would enable the AVRA application to import information.

3 RESULTS

3.1 ANALYSIS OF THE CONTENT AND STRUCTURE OF THE AVRA-CMMS INFORMATION

The AVRA building management program (AVRA-CMMS) manages a database whose content and structure offer the basic information required for a Building Evaluation Report (BER, known as IEE in Spanish). According to the AVRA personnel, the program is adequate for managing the maintenance of the agency's buildings, at least as regards the scope of the interventions undertaken by the central services department. Therefore, the AVRA building management program was used as an initial condition of our proposed experiment. This means that we did not alter the content or structure of the information managed but simply analysed it to determine how the use of BIM models might optimise the existing protocols. For this experiment we exported the data related to our case study building to an Excel spreadsheet since this format facilitates the two-way transfer options with the

BIM model. The information which AVRA, as manager of the buildings it owns, has entered in the program include parameters with different formats and architectural significance which we analysed to assess their suitability for use in the model. We identified two groups of data.

The first group comprises data that can be entered in both the AVRA program and the BIM model, i.e. neither of the applications offers a significant advantage other than if they already contain a specific item of information. For example, the building identifier will usually have been entered in the AVRA program and can simply be exported when the building model is generated. Conversely, in the case of the creation of a new BIM model for a building not yet recorded in the AVRA application it would be possible to export the identifier to the application (Table 1).

P_CODPRINEX	1099	P_BARRIO	Trinidad
P_MATRICULA	2070	P_TIPOLOGIA	P
P_DENOMINACION	MA-0994	P_CALLE	LEMUS
P_NUMVIVIENDAS	64-(MA-85/18-AS)/10	P_CODPOSTAL	29009
P_PROVINCIA	10	P_REGIMEN	ALQUILER
P_MUNICIPIO	MÁLAGA	P_AÑOCONSTRUCC	1987

Table 1 Project information that can be entered in both the AVRA program and the BIM model

The second group of data includes information that is entered from the BIM model and which ultimately improves the quality of building management processes in the proposed experiment. These are data related to the architectural characterisation (construction, structure, function, etc.) and its quantification (Table 2). As architectural information, these data are inherent to the BIM model and will therefore take precedence over those entered in the AVRA program. In general, they are quantitative data calculated directly by the program based on the elements modelled. For example, the gross floor area of the building is obtained from the BIM model and is therefore verifiable graphically and updated automatically if an error is detected. However, it is also possible to define qualitative data derived from the quantifiable information. For example, the predominant carpentry material is qualitative information determined by the carpentry areas of each material in the building.

E_SUP_PARCELA	542.5	CV_OF_DA_SUPERFI	722.15
E_SUP_CONSTRUID	972.75	CV_OF_DA_PORCEN	72.45
E_ALTURA_RAS	8.1	CV_CV_DA_SUPERFI	106.82
CV_FP_DA_SUPERFI	167.75	CV_CV_DA_PORCEN	10.72
CV_FP_DA_PORCEN	16.83	CV_AZ_DA_SUPERFI	107.36
CV_FP_AR_PORCEN	16.83	CV_AZ_DA_PORCEN	29.6

Table 2 Extract of quantitative data inherent to the BIM model.

3.2 BIM MODEL

As can be inferred from our analysis of the content and structure of the information in the AVRA application, the proposed BIM model is not a mirror image but rather a means of optimising the existing data in the application in terms of reliability, auditability and automation. Reliability insofar as the errors in the manual transcription of data are minimised; auditability because the graphic nature of the BIM database makes it possible to visually identify the source of the data in the 3D model and confirm their veracity; and automation in relation to the direct updating of the information following any modification to the elements in the model. These specific advantages of the use of BIM in our case study complement others inherent to its nature as a graphic database that are also useful in this context: the 3D characterisation and therefore the availability of consistent plans.

To harness these advantages, we defined the conditions to be met by the BIM models intended for integration into the AVRA protocols. This model, which we have called BIM-AVRA, would be specifically designed to manage the agency's buildings and would therefore differ from others that could be created for specific new-build or refurbishment interventions. In other words, a single model cannot resolve the entire complexity of the useful life of a building, although it is possible to successfully integrate different models generated during its life (Fig.2).

The BIM-AVRA model is therefore designed to manage real estate assets and its main characteristic is to be a "live" model, i.e. a model that is systematically updated. To ensure the genuine effectiveness of this systematic updating, the BIM-AVRA model must be as simple as necessary to ensure that the manager—in our case, AVRA—can bear the costs involved in the updating process. In any case, the simplification must guarantee that the model includes the basic configuration of the building but no elements that may be altered by third parties, whether tenants or other types of users. For example, the BIM-AVRA model will not include the colour of an interior wall or the format of cladding in the bathroom because these elements may be altered by third parties without the manager's knowledge, thus rendering the model out-of-date.

The BIM-AVRA model is capable of offering basic architectural information about any of the agency's buildings and can therefore become the base model for any other models that may be generated for specific interventions during a building's useful life, such as its extension, refurbishment or demolition. These models would therefore serve a very different purpose, with the specific aim of documenting a design, execution or state following an execution. Keeping these models separate from the BIM-AVRA model mitigates the problems derived from outsourcing the design and execution of a building because the models developed for these purposes will be independent from the base model and may be as detailed as required by the specific intervention addressed. Situations such as non-executed designs, partial studies and building analyses, or even information regarded as an inaccurate reflection of the state of the existing building but useful to keep, will be archived as "still photographs" of the intervention without compromising the rigorous updating of the BIM-AVRA model. When these intervention models become substantial alterations of the building, they will be incorporated into the updated model in a simplified format consistent with the existing data in the model.

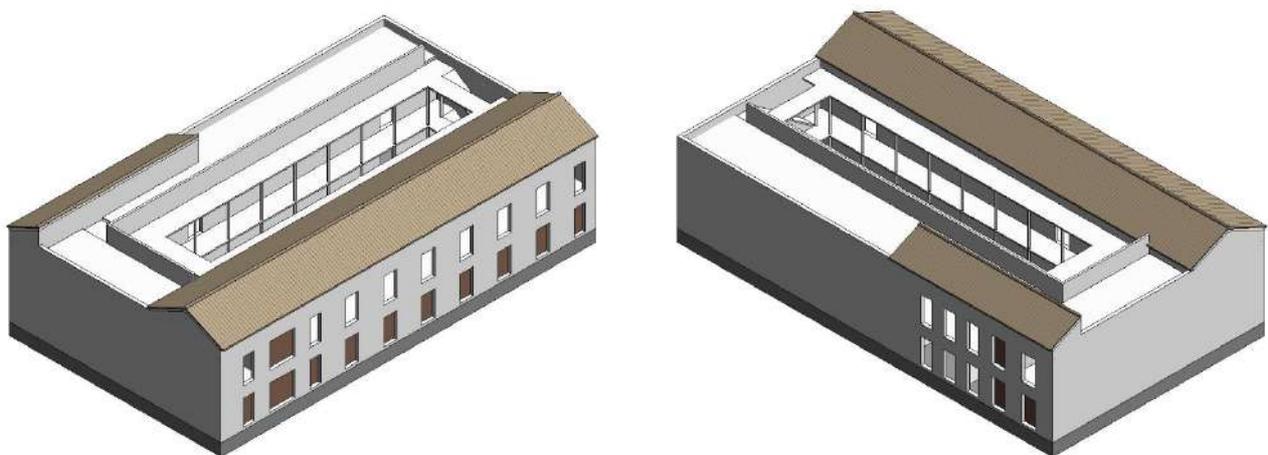


Fig. 2. General views of the BIM-AVRA model created for the case study.

3.3 PROGRAMMING THE TWO-WAY TRANSFER

To program the algorithms for the data transfer between the BIM model and the AVRA program we used Dynamo, an application in Revit, because it supports Excel files as the format for importing and exporting information from the model (Fig. 3). Both processes are structured by “categories”, i.e. all the objects in a BIM model that are associated with a specific construction function (walls, roofs, doors, windows, etc.) or with the model characterisation (information about the design, gross floor area, etc.).

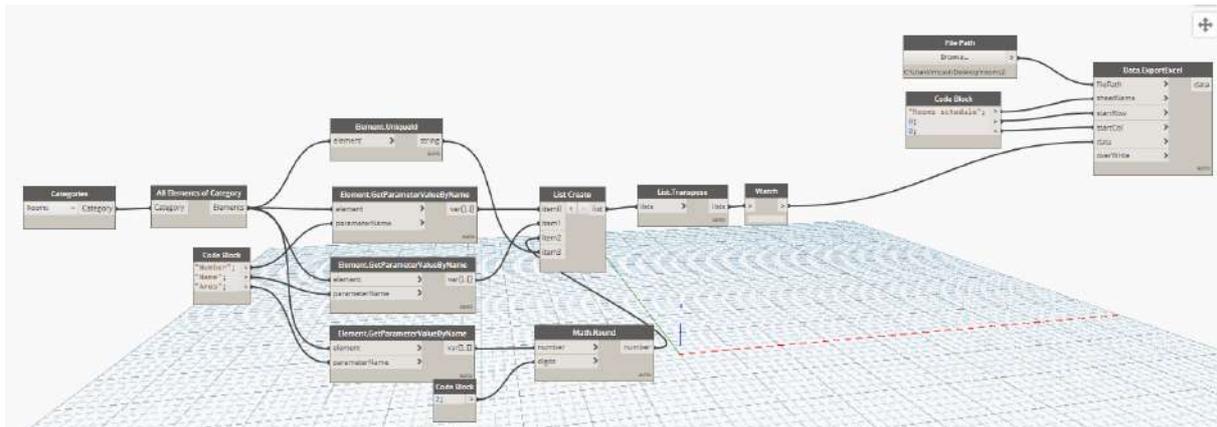


Fig. 3. Dynamo algorithms for exporting data from the BIM-AVRA model to Excel (fragment).

When importing from Excel, the Dynamo algorithm reads the selected data and assigns them to the corresponding model categories. The process for the opposite direction is symmetrical, although it has to articulate the data lists in a manner consistent with the anticipated sequence from the AVRA management program.

4 CONCLUSIONS

The transfer of information between the AVRA building management program and BIM models was tested for the collective housing unit at Calle Lemus 5 in Málaga, enabling us to generate the Excel files necessary in both directions. This transfer does not consist in generating a mirror image in the BIM model of the content and structure of the information in the AVRA program, but rather in analysing the information to identify data whose reliability, auditability and systematic updating are possible through a BIM model. We also characterised the model specifically for building management—the BIM-AVRA model—highlighting the need for simplicity to enable the manager to update the model and sustain its operativeness over time. The generation of the model was complemented with the programming of the necessary algorithms to import and export data between both applications via Excel.

The joint use of the AVRA Building Management Program and the BIM model offers advantages for managers such as the reliability of graphic and alphanumeric information, its auditability and the automatization of a significant amount of data.

5 REFERENCES

- [1] Sacks, R. (2018). BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors and facility managers (C. M. Eastman, G. Lee, & P. M. Teicholz (eds.); Third edit). Wiley.

- [2] Aziz, N. D., Nawawi, A. H., & Ariff, N. R. M. (2016). "Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 234, 353-362.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.252>

- [3] Dunne, T. (2019). Applying BIM retrospectively as a data collection tool for maintaining social housing. BIMinNZ case study: Wellington City Council Bracken Road Flats. Available at: <https://www.biminnz.co.nz/casestudies/2019/4/9/wellington-city-council-bracken-roadflats>.

- [4] Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P., Still, J., & Grau-Bové, J. (2018). "BIM for heritage science: a review". *Heritage Science*, 6 (1). <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4>

- [5] Mayowa, I. A., Joseph, H. L., Edwin, H. C., & Amos, D. A. R. K. O. (2021). "Heritage building maintenance management (HBMM): a bibliometric-qualitative analysis of literature". *Journal of Building Engineering*, 102416. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102416>

Funding: This paper was financed through European Regional Development Funds and Government of Andalusia funds through the research project CEI-10-HUM799, within the framework of singular knowledge transfer projects at the Excellence Campuses in the fields included in the Research and Innovation Strategy (RIS3) as part of the global project of the University of Seville entitled *Innovative Ecosystem with Artificial Intelligence for Andalusia 2025*.

Acknowledgements: We thank the Andalusian Housing and Refurbishment Agency (AVRA), and in particular Isabel Ramírez Acedo, Miguel Ángel Lobato Aguirre, María Bermejo Oroz, M^a Luisa Pérez López, Jorge Ruiz García and Elena Morón for their assistance with this experiment.

Integración de soluciones de refrigeración pasiva en viviendas sociales: caso real en Mengíbar (Jaén)

Teresa Rocío Palomo Amores ⁽¹⁾, MCarmen Guerrero Delgado ⁽²⁾, José Sánchez Ramos ⁽³⁾, Daniel Castro Medina ⁽⁴⁾, José Luis Molina Félix ⁽⁵⁾, Servando Álvarez Domínguez ⁽⁶⁾

Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. (1) tpalomo@us.es. (2) mgdelgado@us.es. (3) jsr@us.es. (4) dcastro@us.es. (5) jlmolina@us.es. (6) salvarez@us.es

Resumen

El presente documento estudia la rehabilitación integral de un distrito de viviendas sociales situados en Mengíbar (España). Con objetivo de mitigar la situación de pobreza energética y discomfort térmico real observado en el distrito, se proponen medidas de mejoras de rehabilitación basadas principalmente en la mejora del comportamiento de la envuelta. Además, dado el grave problema de sobrecalentamiento que caracteriza el mismo, se propone la integración de una solución de cubierta ventilada que posibilita el uso de sumideros medioambientales de calor como la ventilación nocturna y el enfriamiento evaporativo. Dicha solución es integrada en más de 2500 m² de cubierta sirviendo como ejemplo real de integración de componentes de alta tecnología.

Palabras claves: pobreza energética, viviendas sociales, cubierta ventilada, sumideros naturales de calor, rehabilitación integral.

1 INTRODUCCIÓN

Los compromisos actuales propuestos por la Unión Europea con el objetivo de atenuar los efectos del cambio climático llevan a la necesaria actuación sobre el sector de la edificación. En su conjunto, los edificios son responsables del 40% del consumo energético de la UE y del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero [1]. Además, la baja eficiencia energética de las viviendas en el caso de zonas que se encuentran en situación de pobreza energética puede provocar un estado de discomfort continuado y con ello graves consecuencias para la salud de los ocupantes [2]. En España, entre 3,5 y 8 millones de personas se encuentran en situación de pobreza energética, no pudiendo mantener temperaturas apropiadas tanto en verano como en invierno [3]. Esta situación se ve agravada dentro de los distritos de viviendas sociales en el sur de España en los que la situación empeora debido al aumento progresivo del sobrecalentamiento en los meses de refrigeración [4]. La rehabilitación en distritos de viviendas sociales tiene como objetivo la utilización de estrategias pasivas de mejora adaptadas a la realidad de los inquilinos, población con escasos recursos y en situación de vulnerabilidad energética [5].

En dicha línea, el presente trabajo integra una solución innovadora en más de 2500m² de cubierta activa en un distrito de viviendas sociales en bloque situadas en Mengíbar, Jaén, sirviendo como ejemplo de integración de componentes de alta tecnología. Permite reducir la demanda energética de acondicionamiento a través de la explotación de la inercia térmica, siendo controlado de forma inteligente en función de las predicciones climáticas y contando con diferentes modos de funcionamiento, lo que le permite adaptarse a las necesidades del edificio. Esta solución permite además la integración de sumideros de calor natural como el enfriamiento evaporativo.

Este trabajo se enclava dentro de un proyecto de rehabilitación real junto con la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA)

2 METODOLOGÍA

El distrito de viviendas sociales mencionado es propiedad de la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía. Está compuesto por 150 viviendas distribuidas en 14 edificios (Figura 1). Dicho conjunto de edificios se encuentra situado en Mengíbar (Jaén) y fue construido en 1984. La eficiencia térmica de los edificios es bastante pobre (por ejemplo, $U_{\text{muros}}=1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $U_{\text{huecos}}=5.6 \text{ W/m}^2\text{K}$), lo que junto con los bajos ingresos de los residentes, hace que los hogares a estudio vivan en una situación de pobreza energética.



Fig. 1 Representación del distrito

La campaña de monitorización llevada a cabo reveló que las temperaturas interiores en las viviendas fueron persistentemente altas durante muchos días seguidos (ejemplo mostrado en la Figura 2). Encuestas puerta a puerta revelaron que las insostenibles temperaturas en sus dormitorios durante la noche imposibilitaban conciliar el sueño. Además, tal y como se observa en el ejemplo mostrado en la Figura 2, la vivienda bajo cubierta presenta temperaturas superiores a la vivienda en planta intermedia, alcanzando diferencias de hasta $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Dicha diferencia es provocada por las ganancias solares que se producen a través de la cubierta.

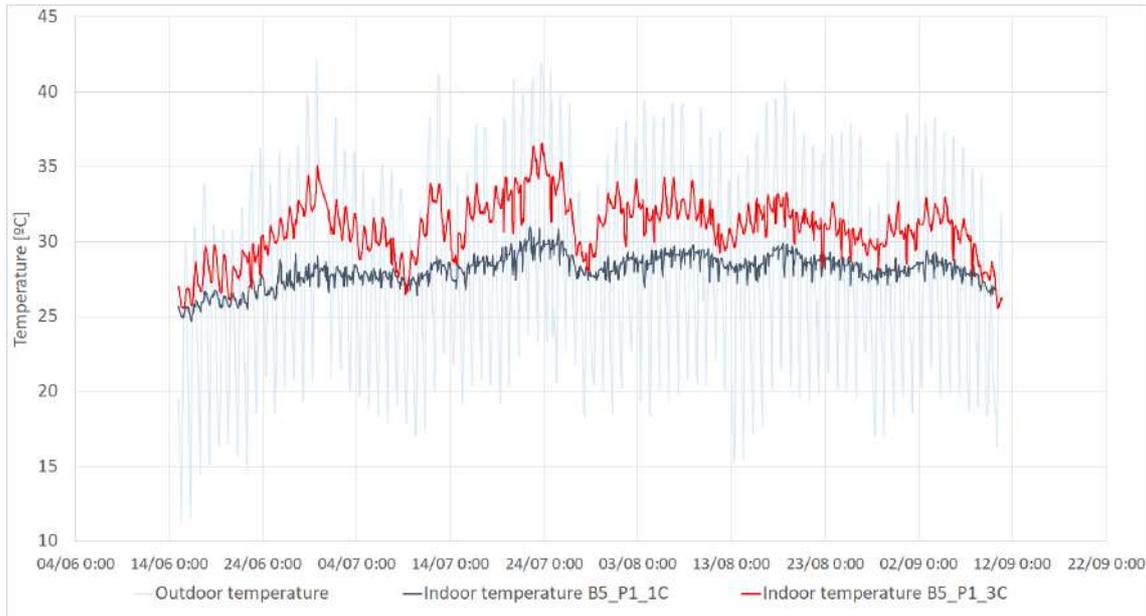


Fig. 2 Temperatura interior medida en una vivienda bajo cubierta y una vivienda en planta intermedia

Para solventar esta situación, se realiza una rehabilitación convencional, mejorando la calidad constructiva de la fachada, a través de la mejora del aislamiento, reducción de las infiltraciones, mejora de los puentes térmicos, etc. Además, se lleva a cabo la integración de una solución de cubierta ventilada. La cubierta ventilada está formada por dos capas u hojas principales entre las cuales existe un espacio o cámara de aire por la que se puede establecer una ventilación forzada mediante un sistema de ventiladores. La operación de la ventilación está automatizada de tal manera que se realiza la ventilación únicamente cuando resulta conveniente desde el punto de vista energético. La cubierta ventilada activa está concebida especialmente para zonas climáticas con régimen de refrigeración dominante y edificios con pocas plantas. Tiene como objetivo reducir las ganancias solares y enfriar los espacios bajo cubierta. Para ello la cubierta tiene tres modos fundamentales de operación (Figura 3), que se detallan a continuación:

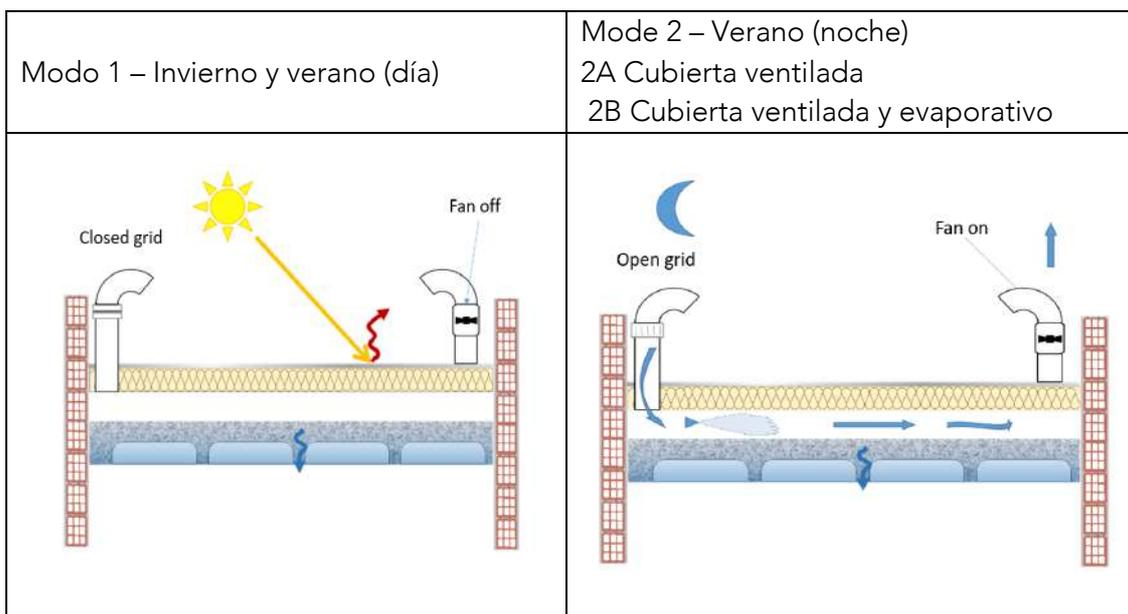


Fig. 3 Modos de operación de la cubierta

Tal y como muestra la Figura 3, la cubierta presenta 2 modos de operación. Aunque el segundo modo puede subdividirse en 2A y 2B. Siendo el modo 2B un añadido sobre el modo 2A.

Modo 1. Durante el día cuando hay radiación solar y las temperaturas exteriores son altas, la circulación de aire se encuentra detenida (ventilador apagado y compuertas cerradas). La hoja exterior al encontrarse aislada rechaza la mayor parte del calor, evitando simultáneamente que el frío almacenado durante la noche en la hoja interior se escape al exterior. La consecuencia es que el frío ingresa al interior del edificio. Este modo se puede llamar como el periodo de descarga (de frío) de la cubierta térmicamente activa.

Modo 2A. Durante la noche, cuando la temperatura exterior es suficientemente baja, la circulación de aire se activa (ventilador encendido y compuertas abiertas) y disipa calor de la hoja interior de la cubierta que consecuentemente se enfría. Este modo se denomina de carga de frío.

Modo 2B. En caso de que las temperaturas mínimas nocturnas no bajen lo suficiente como para disipar calor de la cubierta, el modo de carga de frío descrito en 2 resulta ineficaz. Para esta circunstancia se incluye un sistema de enfriamiento evaporativo para conseguir una reducción adicional de la temperatura del aire.

A continuación, se muestran los detalles de diseño e integración de la solución en el distrito.

El diseño de cubierta integrada en el distrito está formada por una doble hoja y una cámara intermedia ventilada de 5 cm de espesor. Con objeto de uniformizar el flujo de aire por toda la superficie de la cubierta se distribuyen tabiquillos por la misma. La distribución diseñada debe garantizar un flujo uniforme en toda la cubierta a partir de una entrada y salida centralizada de aire del módulo. Es importante que se eviten puntos calientes o fríos. La extracción de aire se realiza por medio de ventiladores, los cuales deben ser capaces de generar un flujo de aire en la cámara tal que la velocidad sea de aproximadamente 1 m/s con objeto de evitar altas pérdidas de carga. Por último, el sistema de pulverización de agua debe generar gotas con un tamaño menor a 20 micrómetros y con un caudal total de agua superior a 2.5 l/h por cada metro de ancho de la cubierta. Las boquillas de aspersión deben estar ubicadas dentro de la cámara de aire, cerca de la entrada, aguas abajo de la compuerta de entrada y dispuestas de tal manera que favorezcan la evaporación del agua en la corriente de aire y eviten al mismo tiempo, tanto como sea posible, que las superficies se mojen. A continuación, la Figura 4 muestra un posible montaje de la cubierta y sus detalles constructivos.

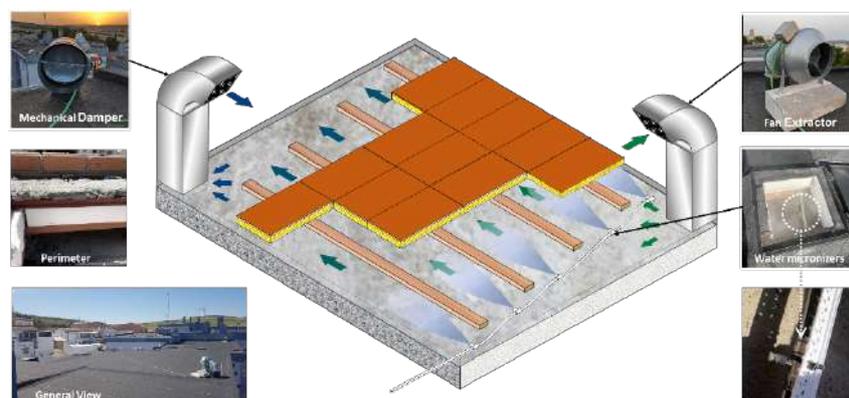


Fig. 4 Detalles constructivos de la cubierta

3 RESULTADOS

A continuación, se lleva a cabo la evaluación del impacto energético de la integración del diseño de cubierta ventilada como técnica pasiva de refrigeración. Para una de las viviendas bajo cubierta (B5-P1-3B), se analiza el efecto de la operación de la solución de cubierta ventilada en régimen de refrigeración para diferentes modos de operación: operación de la ventilación durante las 8 horas nocturnas, operación de la ventilación y el enfriamiento evaporativo durante las 8 horas nocturnas y la operación de la ventilación y el enfriamiento evaporativo durante todo el día. Tal y como se observa en la tabla, la operación de la cubierta ventilada en régimen de refrigeración aumenta el porcentaje de reducción de la demanda de refrigeración desde un mínimo de un 28 % cuando opera sólo por la noche en modo ventilación a un 65% cuando opera en modo ventilación y enfriamiento evaporativo durante las 24 horas del día. El funcionamiento de la cubierta ventilada en modo ventilación y enfriamiento evaporativo alcanza una reducción de la carga de refrigeración de 14 kWh/m² year respecto a la situación mejorada sin la operación de la cubierta (65 % de mejora).

Tipo de medida	Demanda refrigeración (kWh/m ² ·año)	% Mejora (referencia: rehabilitación convencional)
0-Situación inicial	24.7	
1-Rehabilitación convencional	21.5	
1 + Cubierta ventilada (ventilación 8h)	15.56	28
1 + Cubierta ventila (ventilación + evaporativo 8h)	13.19	39
1 + Cubierta ventilada (ventilación + evaporativo 24h)	7.66	65

Tabla 1 Impacto de la operación de la solución de cubierta

Además de los resultados en demanda, a continuación, se muestra el impacto en la temperatura interior de la vivienda y por tanto, la mejora del confort térmico logrado tras la implementación y operación de la cubierta ventilada. A modo ilustrativo, la Figura 5 muestra los valores de temperatura de aire interior en oscilación libre para una vivienda bajo cubierta en el mes de junio distinguiendo los diferentes modos de operación de la cubierta comentados previamente. En ésta se observa como la temperatura interior de la vivienda puede bajar hasta 4 grados respecto al no funcionamiento de la cubierta cuando ésta funciona en modo ventilación y enfriamiento evaporativo durante todo el día.

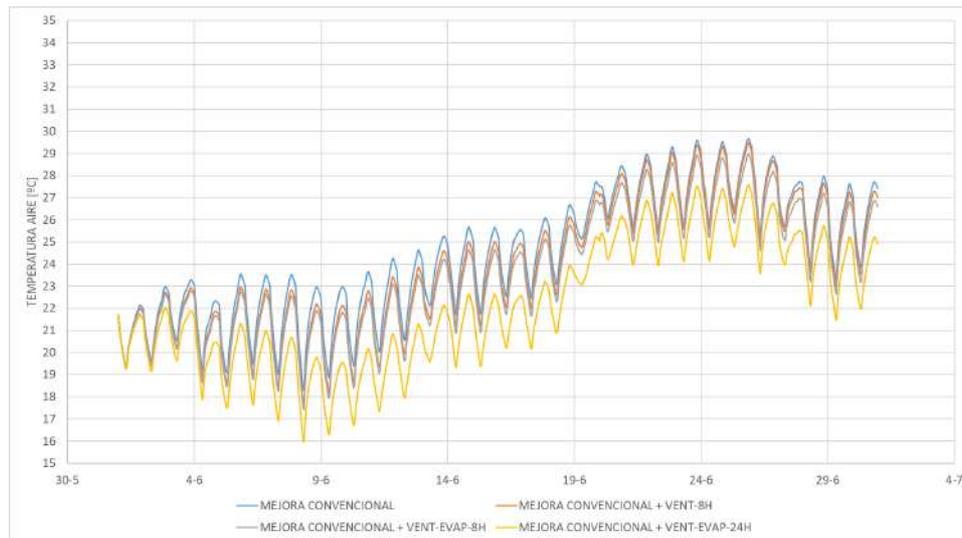


Fig. 5 Temperatura interior de la vivienda bajo cubierta en oscilación libre tras la implementación de diferentes opciones de mejora

4 CONCLUSIONES

- Los distritos de viviendas sociales del sur de España se encuentran sometidos a dos graves problemas muy conocidos: la pobreza energética y el sobrecalentamiento de los edificios. Con objeto de mitigar dicho problema en un distrito real situado en Mengíbar (Jaén), en el presente trabajo se ha llevado a cabo el diseño e integración de una solución de rehabilitación integral reforzada mediante el uso de una solución de cubierta ventilada como técnica pasiva de refrigeración. El diseño de cubierta propuesto permite la integración de dos sumideros medioambientales de calor: el aire frío nocturno y enfriamiento evaporativo. Los resultados de la evaluación del impacto energético de la solución muestran que la integración de la solución de cubierta como técnica pasiva de refrigeración puede lograr una reducción de la carga de refrigeración de un 65% sin penalizar el régimen de calefacción. Del presente estudio se destaca además la integración real de la solución propuesta en más de 2500 m² y ser una de las primeras experiencias reales del mundo de tal embergadura.

5 REFERENCIAS

- [1] Sánchez DJL. La eficiencia energética de los edificios públicos 2010.
- [2] Zhang Z, Shu H, Yi H, Wang X. Household multidimensional energy poverty and its impacts on physical and mental health. *Energy Policy* 2021;156:112381. doi:10.1016/j.enpol.2021.112381.
- [3] DCLG (Department for Communities and Local Government). Investigation into Overheating in Homes: Literature Review. 2012.
- [4] Rodrigues E, Fernandes MS. Overheating risk in Mediterranean residential buildings: Comparison of current and future climate scenarios. *Appl Energy* 2020;259:114110. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114110.
- [5] Serrano-Jiménez A, Lizana J, Molina-Huelva M, Barrios-Padura Á. Indoor environmental quality in social housing with elderly occupants in Spain: Measurement results and retrofit opportunities. *J Build Eng* 2020;30. doi:10.1016/j.job.2020.101264.

Financiación: Esta investigación ha sido co-financiada por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía bajo el contrato “Análisis y Seguimiento de la Intervención de Eficiencia Energética de 150 Viviendas en Mengíbar, en la Provincia de Jaén (JA-0910)” y por el proyecto europeo “Mediterranean University as Catalyst for Eco-Sustainable Renovation (Med-EcoSuRe) (Grant agreement A_B.4.3_0218). Ambos bajo el soporte del Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER.

Agradecimientos: Al equipo de la agencia AVRA, Elena Morón Serna y Jorge Ruiz García por su confianza y ayuda en todo momento.

Sesión 4. Nuevas oportunidades en la gestión de vivienda social y el espacio urbano. Contribuciones científicas

LEVELs: Evaluación de la sostenibilidad en la edificación

Nicolás Bermejo Presa

SAINT-GOBAIN PLACO, SAINT-GOBAIN ISOVER. nicolas.bermejo@saint-gobain.com

Resumen

Tras la pandemia del COVID, todos nos hemos dado cuenta o hemos sido conscientes quizás más que antes que los edificios, las casas, los hogares y las ciudades son el corazón de nuestra vida; de nuestra vida privada y una vida provisional. Durante los últimos meses, bajo la crisis de la pandemia hemos podido comprobar que nuestro hogar es el único sitio donde podemos estar a salvo nuestro único refugio al lado de nuestras familias.

Nos hemos dado cuenta igualmente que la construcción es una actividad esencial. Esto ya lo conocíamos con anterioridad, pero el que la construcción sea considerada como una actividad esencial ha sido oficialmente dicho y considerado por los políticos y todas las autoridades durante el estado de alarma, lo que es muy importante como reconocimiento para el sector y todas las implicaciones que derivan. Es, además uno de los sectores más fuertes desde el punto de vista económico para la recuperación post-Covid.

El reto está ahora en cómo construir mejor, como hacer mejores edificios y las expectativas son altas dado que el sector de la edificación es uno de los que mayores impactos ambientales genera y por lo tanto uno de los sectores clave para la sostenibilidad global, pero ¿se puede medir el concepto de sostenibilidad?.

Si tenemos claro que necesitamos una edificación más sostenible, también necesitaremos definir mecanismos que nos permitan determinar el comportamiento ambiental de los edificios porque... ¿qué entendemos por un edificio sostenible?. Esto es lo que subyace detrás del concepto de Level(s).

Palabras claves: levels, comisión europea, sostenibilidad, economía circular, medición sostenibilidad edificios, leed, bream, verde, dgnb, well, confort, análisis ciclo de vida, LCA

1 INTRODUCCIÓN

Level(s) es un marco voluntario de medición para mejorar la sostenibilidad de los edificios. Utilizando las normas existentes, Level(s) proporciona un enfoque de la Unión Europea para la evaluación del comportamiento ambiental, social y económico en el entorno construido. Ha sido desarrollado por la Comisión Europea en estrecha colaboración con los actores de la industria de la construcción.

España ha participado de la fase de testeo de edificios piloto del proyecto europeo Level(s), junto con otros 5 casos de unifamiliar y otros dos de edificio colectivo de vivienda en España, y otros 130 edificios en toda Europa, para rehabilitación y obra nueva:



Fig. 3: esquemas de certificación ambiental de edificios en España

Los anteriores sistemas, son los de mayor implementación en España y se constituyen como sistemas de evaluación y certificación de la sostenibilidad de los edificios, y que nacen con el objetivo de ser herramientas eficaces para medir y alcanzar niveles de diseño, utilización de recursos y productos, construcción y funcionamiento de los edificios con un alto grado de protección al medio ambiente y dotar de confort a los usuarios.

Todos estos sistemas, se basan en la evaluación de una serie de requisitos y en la implementación de una serie de criterios, para al final, obtener una clasificación del edificio basado en los anteriores criterios de cumplimiento. Dependiendo de la "puntuación" obtenida como consecuencia de la aplicación de las reglas establecidas en cada uno de los sistemas, se obtiene una clasificación final para el edificio, relacionada con su grado de comportamiento ambiental:



Fig. 4: baremos de puntuación en los distintos esquemas de evaluación

3 VILLA VERA: CASO DE APLICACIÓN DE LEVELS

Para este proyecto, España participó con varios ejemplos entre los que se encuentran una vivienda unifamiliar situada en Calicanto (Valencia) llamada Villa Vera. y para la cual se prepararon todos los indicadores necesarios requeridos en Level(s).



Fig. 5 Detalle del exterior y sala de estar interior de la vivienda

Villa Vera, ha sido desarrollada por Estudio 1403 con un claro compromiso con la arquitectura sostenible y la eficiencia energética mediante la combinación de diferentes estrategias pasivas y la instalación de equipos de elevada eficiencia, así como la monitorización del consumo de energía y agua mediante diferentes sensores en tiempo real. Todo ello ha permitido a Villa Vera obtener distintas certificaciones ambientales de edificios, siendo el primer edificio residencial en España en obtener este tipo de certificaciones.

Villa Vera está formada por tres niveles debido a la pendiente del terreno, con un semi-sótano y dos plantas residenciales, con acceso directo desde el exterior en todos los niveles. La vivienda está diseñada para formar una unidad completa en la planta principal. El nivel principal está formado por un comedor, cocina, dos habitaciones, dos baños y una habitación multi-uso. El despacho se encuentra situado en la planta superior. En el semi-sótano se encuentra situada la habitación de la instalación eléctrica y otros espacios sin uso definido hasta la fecha.

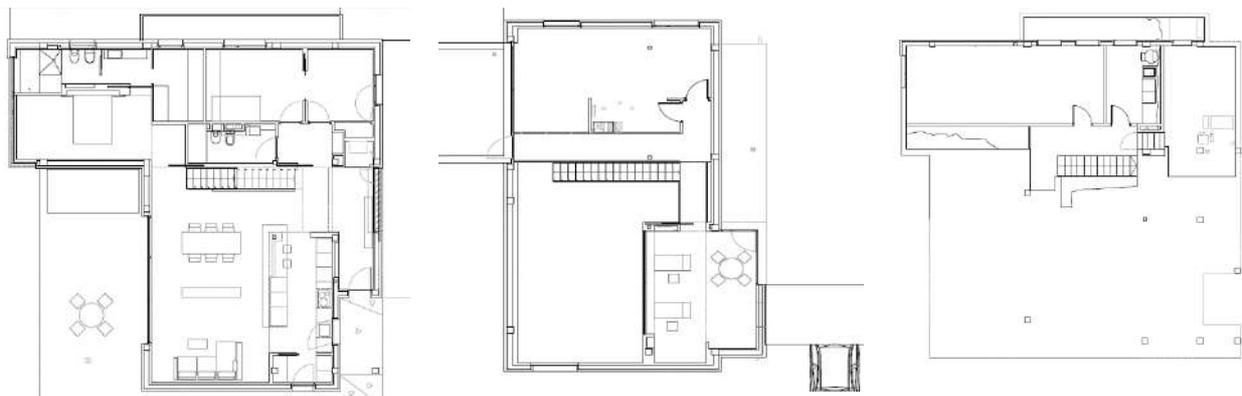


Fig. 6 Detalles de plantas: de izquierda a derecha: planta principal, planta superior y planta sótano

El marco Level(s) tiene como finalidad promover un enfoque que abarque todo el ciclo de vida y en el caso concreto de Villa Vera se realizó una declaración ambiental del edificio con todos los indicadores, así como los integrados dentro de levels:

Macroobjetivo		Indicador	
Comportamiento medioambiental	Emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes a lo largo del ciclo de vida del edificio	<p>Minimizar la huella de carbono a lo largo del ciclo de vida, considerando tanto la energía consumida en la fase de uso como la embebida.</p>	<p>Rendimiento energético en la etapa de uso (Kwh/m²/año)</p> <p>Potencial de calentamiento global del ciclo de vida (CO2 eq./m²/año)</p>
	Circularidad y uso eficiente de los materiales	<p>Optimizar el diseño del edificio para favorecer flujos ajustados y circulares incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso y cantidad de materiales. - Minimizar los residuos de construcción y demolición para optimizar el uso de los materiales. - Ciclos de sustitución y flexibilidad para adaptarse al cambio - Potencial de deconstrucción en oposición a la demolición 	<p>Listado de cantidades, materiales y vida útil</p>
			<p>Residuos y materiales de construcción y demolición</p>
			<p>Diseño para la adaptabilidad y la renovación</p>
Uso eficiente de los recursos hídricos.	Utilización del agua de manera eficiente, especialmente en áreas que se prevea que puedan sufrir estrés hídrico.	<p>Diseño para la deconstrucción, la reutilización y el reciclaje</p> <p>Consumo de agua en etapa de uso (m³/ocupante/año)</p>	
Salud y comfort	Espacios saludables y confortables	<p>Crear edificios cómodos, atractivos y productivos. Esto incluye cuatro aspectos de calidad del ambiente interior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contaminantes y parámetros específicos del aire interior. - El grado de comfort térmico. - La calidad de la iluminación natural y artificial y el comfort visual asociado. - La capacidad del edificio para aislar a los ocupantes del ruido interior y exterior. 	<p>Calidad del aire interior</p>
			<p>Tiempo fuera del rango de comfort térmico</p>
			<p>Iluminación y comfort visual</p>
			<p>Acústica y protección contra el ruido</p>
Coste y riesgos	Adaptación y resiliencia al cambio climático	<p>Rendimiento del edificio en el futuro.</p> <p>Adaptarse a los cambios del clima en el futuro, que tendrán impacto sobre el comfort térmico.</p> <p>Hacer que el edificio sea más resiliente y resistente a condiciones climáticas extremas (incluidas inundaciones).</p> <p>Mejorar el diseño del edificio para reducir las posibilidades de inundaciones en el área (aumentar el drenaje sostenible).</p>	<p>Protección de la salud y el comfort térmico del ocupante</p>
			<p>Mayor riesgo de clima extremo</p>
			<p>Drenaje sostenible</p>
	Coste y valor optimizados del ciclo de vida	<p>Visión a largo plazo de los costes de vida útil y del valor de mercado de edificios más sostenibles que incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Costes del ciclo de vida completo <p>Fomentar la integración de aspectos de la sostenibilidad en la evaluación de valor del mercado y los procesos de calificación de riesgos y asegurar que se haga de la manera más informada y transparente posible.</p>	<p>Costes del ciclo de vida (€/m²/año)</p> <p>Creación de valor y factores de riesgo</p>

4 CONCLUSIONES

Pudiendo destacar las siguientes conclusiones:

- La monitorización a través de mediciones en tiempo real permite entre otras entender el comportamiento real del edificio y por tanto ajustar su funcionamiento para obtener mejores prestaciones, mayor transparencia para el usuario y una mayor integración por parte del usuario en la toma de decisiones del comportamiento de su edificio.

- Gracias a la monitorización del edificio, es posible alcanzar el mayor grado de medición propuesto por Level(s) permitiendo realizar una comparación entre los resultados de la modelización, el rendimiento prestacional real del edificio y la verificación con el uso del mismo.
- Igualmente, la monitorización de este edificio, aporta un grado de confianza mayor en el proceso de desarrollo del proyecto y la consecución de los objetivos planteados.
- Si se quiere disponer de un análisis profundo del rendimiento prestacional de un edificio, es necesario disponer de un análisis del ciclo de vida del mismo tal y como preconiza levels dado que:
 - El potencial de calentamiento global se concentra en la etapa de producto, es en la fabricación y elección de materiales donde más capacidad de mejora hay en el caso de viviendas altamente eficientes ya que predomina la etapa de fabricación frente a la de uso.
 - El consumo energético está más repartido entre la etapa de producto y la etapa de uso, lo que indica una capacidad de mejora en la elección de fuentes energéticas en la etapa de producto.
 - En términos generales, se puede decir que, al ser una vivienda diseñada y construida con altos estándares de calidad y muy alta eficiencia energética, se observa una importancia creciente de los materiales: aumento del impacto relativo de los materiales y bajada del impacto de la etapa de uso (en % y valor absoluto).
- LEVELs permite realizar un análisis más holístico ya que incluye factores relacionados con la salud y el confort, aspectos económicos y economía circular.

5 REFERENCIAS

- [1] JRC Manuals Levels– A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings
- [2] LEVELs press reléase La Comisión lanza el primer instrumento a escala de la UE para la notificación del rendimiento de los edificios en materia de sostenibilidad
- [3] LEVELs factsheet Comportamiento en cuanto a la sostenibilidad de los edificios
- [4] UNE-EN 15804:2012+A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products.

Medición de la sostenibilidad en la vivienda social. La integración de Level(s) y Taxonomía en VERDE y DGNB

Julia Manzano Barriga⁽¹⁾, Yolanda del Rey Chapinal⁽²⁾, Paula Rivas Hesse⁽³⁾

Área Técnica GBCE. (1) julia.manzano@gbce.es. (2) yolanda.delrey@gbce.es. (3) paula.rivas@gbce.es

Resumen

Europa se encamina hacia la descarbonización sus actividades económicas y el sector de la edificación es clave en este proceso. Para lograrlo se están generando una serie de iniciativas, marcos y reglamentos orientados a la mejora de la sostenibilidad. El Plan de acción para la Economía Circular [1] y la Hoja de Ruta para la Descarbonización [2] son las palancas en que se basa este cambio.

Para hacerlas viables se ha creado un marco común Europeo de Edificación Sostenible, Level(s) [3] que ordena las prioridades y marca los indicadores clave. Este marco se aplicará a políticas e iniciativas como el Reglamento de Finanzas Sostenibles [4], en el que se enmarca la Taxonomía que orientarán nuestras políticas y actividades futuras.

Las herramientas de certificación de la sostenibilidad VERDE [5] y DGNB System ES [6] nos ayudan a aterrizar estos conceptos en nuestros proyectos y edificios convirtiéndose en herramientas de gran utilidad a la hora de abordar los cambios que se avecinan.

Palabras claves: sostenibilidad, economía circular, descarbonización, salud, reducción de riesgos.

1 INTRODUCCIÓN

La edificación, como cualquier actividad humana, se enfrenta a grandes cambios que deben realizarse en tiempo récord. La **descarbonización del sector**, la implementación de la **economía circular**, la protección de la **salud** o la necesidad de **adaptación** a circunstancias cambiantes en que nos encontramos son un reto para los que necesitamos dotar a los profesionales y a la sociedad de herramientas que orienten y faciliten el trabajo. La **medición de la sostenibilidad** permite conocer el comportamiento de los edificios, si esta se realiza desde las etapas tempranas de proyecto, además, permite mejorar el edificio facilitando la gestión, reduciendo los riesgos y diseñando espacios agradables y apetecibles de habitar.

En este artículo vamos a hablar de dos iniciativas europeas que nos ofrecen un marco sólido para hacer esta medición, **Level(s)** y el **Reglamento de Taxonomía** y cómo las herramientas de certificación **VERDE** y **DGNB** nos ayudan en su implementación. Con estas herramientas, el sector dispone de los mecanismos y el conocimiento técnico necesarios para abordar los cambios.

Ahora depende de nosotros, los técnicos que nos comprometamos en su uso, de la voluntad política de implantarlos y extenderlos y de la sensibilidad y del compromiso social que valore y demande estos principios para avanzar hacia un entorno construido sostenible que convierta los impactos negativos en el entorno en beneficios para la sociedad y el planeta.

2 INICIATIVAS EUROPEAS PARA UNA EDIFICACIÓN MÁS SOSTENIBLE: LEVEL(S) Y TAXONOMÍA

En 2015 se publica el Plan de Acción para una Economía Circular en Europa en el que se menciona al sector de la edificación como clave en el proceso de cambio. De este Plan, se deriva la Renovation Wave, con el propósito de impulsar la rehabilitación del parque edificado para adecuarlo a las exigencias de descarbonización y habitabilidad derivadas de la emergencia climática. La “Estrategia para un entorno construido sostenible”, en desarrollo y con fecha prevista 2022 estará diseñada para lograr un equilibrio entre desarrollo urbano y la conservación del suelo, de los ecosistemas y los entornos naturales, a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos construidos.

Para dar viabilidad a estos planes y estrategias, se publicó en agosto del 2020 el marco Level(s) para la edificación sostenible y en junio de 2020 el Reglamento de Taxonomía que definirá qué actividades se consideran sostenibles y son, por tanto, susceptibles de financiación. Como vemos, se va limitando el camino a actividades que puedan provocar daños en el medio ambiente, en nuestra salud o supongan un riesgo económico a futuro. Level(s) y Taxonomía, junto con iniciativas que verán próximamente la luz como los criterios para la compra pública ecológica, abren las puertas para incorporar nuevos conceptos como la adaptación al cambio climático o la perspectiva de ciclo de vida que transforman profundamente nuestra forma de pensar, construir y utilizar nuestros edificios.

2.1 LEVEL(S) EL MARCO PARA LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

Level(s) es un marco que define, en seis áreas clave o macroobjetivos, un total de 15 indicadores de sostenibilidad para medir el comportamiento de los edificios. Ya se está utilizando como base para iniciativas como la Taxonomía, de la que hablaremos a continuación o la elaboración de criterios para la compra pública ecológica que se publicarán en junio del 2022.

El objetivo es extender, a gran escala, en el sector de la edificación europeo los principios clave de la sostenibilidad: la **perspectiva de ciclo de vida** y la **reducción de impactos ambientales**, el cuidado de la salud y el confort de los ocupantes, la **minimización de riesgos futuros** o la **viabilidad económica**. Para que sea accesible su implementación se ordena en tres niveles de evaluación, a saber: **Nivel 1 de diseño conceptual** (Anteproyecto o Proyecto básico), **Nivel 2 De diseño detallado y construcción** (Proyecto de Ejecución y proceso de construcción) y **Nivel 3 de edificio construido y uso del mismo** (Proyecto fin de obra y uso del edificio). Para cada una de estas fases hay un nivel de complejidad y detalle distintos. El usuario de Level(s) puede elegir el nivel en el que va a trabajar de modo que, para usuarios con poca experiencia, es viable analizar el edificio con el primer nivel y obtendrá beneficios y mejoras en su proyecto. Si esto le anima a avanzar en los siguientes niveles, podrá ver cómo el edificio mejora y reduce sus riesgos volviéndose un producto más duradero y más demandados por los usuarios.

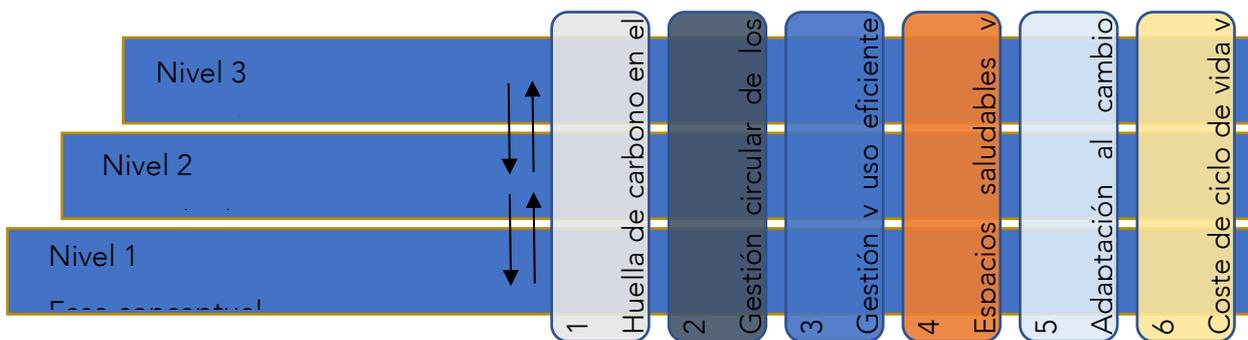


Fig 1. Macroobjetivos y niveles en Level(s). Elaboración propia

Level(s) es un marco informativo, no establece valores de referencia y por tanto, no evalúa el nivel de sostenibilidad del edificio. Estas referencias se irán definiendo en función de los usos que se den al marco. Taxonomía marca unos valores mínimos, los sistemas de certificación marcan unas referencias que van desde un mínimo aceptable, hasta niveles más exigentes, los criterios de compra pública ecológica también marcarán sus límites en función de sus propios objetivos.

2.2 TAXONOMÍA EUROPEA

La taxonomía europea es una clasificación para la definición de las actividades económicas sostenibles que establece requisitos de contribución sustancial a los seis objetivos ambientales: mitigación al cambio climático, adaptación al cambio climático, agua, economía circular, contaminación y ecosistemas. Además, incluye el principio de “no causar un perjuicio significativo”, y asegurar unas mínimas garantías sociales.

El Reglamento de Taxonomía de actividades económicas sostenibles de la Unión Europea (UE) propone un **sistema de clasificación claro y transparente**, basado en la medición de la reducción de los impactos ambientales, sociales y económicos. Esta iniciativa se ha propuesto como un instrumento clave para que Europa logre sus objetivos en materia de sostenibilidad, y para que las generaciones futuras disfruten de un mundo más habitable y sostenible.

Tras haberse propuesto en 2018, en junio de 2020 se publicó finalmente el reglamento que contiene sus principios básicos y sus fundamentos. Sus criterios técnicos, basados en el marco Level(s), han ido evolucionando hasta que en abril de 2021 se publicaron de forma definitiva los relativos a los dos primeros objetivos de sostenibilidad desarrollados (**Mitigación del cambio climático y adaptación al cambio climático**), y que entrarán en vigor en enero de 2022. En paralelo, se está ya trabajando en el desarrollo de una Taxonomía social, que complemente a estos objetivos ambientales.



Fig 2. Cronograma de implantación del reglamento de Taxonomía. Elaboración propia

3 SISTEMAS DE CERTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN GBCe

Los sistemas de certificación de la sostenibilidad que tiene activos GBCe son el Sistema VERDE y el DGNB System ES. Ambos están alineados con el marco LEVELs y la Taxonomía incluyendo en la evaluación de sus criterios sus indicadores. Los expertos de estos sistemas llevan años trabajando para encontrar la manera más eficiente y eficaz de construir de forma sostenible y por tanto avanzar en la incorporación de los macroobjetivos y sus indicadores dentro de sus metodologías de evaluación de la sostenibilidad. De esta forma, cuando evalúas y certificas un edificio con ellos, obtienes los datos y documentos que requieren los indicadores de estos marcos, LEVELs y Taxonomía, para justificar su cumplimiento.

3.1 SISTEMA VERDE, LA SOSTENIBILIDAD EN ESPAÑA

VERDE es un sistema de evaluación para medir la sostenibilidad en edificios desarrollado por el Green Building Council España. Se desarrolla tomando como base la reglamentación española y nuestro modo de construir. Desde sus primeros momentos nos propusimos tener la perspectiva de ciclo de vida como marco clave para elaborar los criterios que ordenan los indicadores evaluados. Entre estos criterios se encuentran aspectos ambientales como la protección de la biodiversidad, la gestión de los materiales, el agua y la energía, así como las emisiones asociadas, también aborda aspectos sociales como la salud y el confort, diseñar espacios que promuevan las relaciones sociales, la biofilia o la adaptabilidad del edificio para permitir diferentes usos.

La perspectiva del ciclo de vida se integra considerando todas las fases del ciclo de vida y la circularidad de los recursos. En la base de este sistema se encuentran los principios de la bioarquitectura y la construcción de edificaciones respetuosas con el medio ambiente que se integran en el entorno y ofrecen altos niveles de confort y calidad de vida a sus usuarios. Pero también tiene en cuenta aspectos tan importantes como la calidad de nuestros edificios valorando la calidad de la envolvente, el control de la ejecución o la comprobación del correcto funcionamiento del edificio al final de su construcción, todo ello para garantizar que el edificio se ha construido tal como se ha proyectado.

3.2 DGNB System ES, EL EQUILIBRIO DE LA SOSTENIBILIDAD

El sistema de certificación DGNB es el sistema de evaluación desarrollado por el GBC alemán que hemos adaptado a la realidad española desde GBCe como DGNB System ES. Se trata de una herramienta de planificación y optimización que permite a todas las partes implicadas en la construcción realizar proyectos basados en la sostenibilidad en su sentido más holístico. La construcción sostenible se puede llevar a la práctica de forma tangible, mensurable y comparable.

En consonancia con el concepto de desarrollo sostenible se basa en tres pilares de sostenibilidad, que hacen hincapié por igual en los factores económicos, ecológicos y socioculturales. También abarca los aspectos técnicos, los procesos y la calidad de las obras, así como la calidad del emplazamiento del edificio. Estas seis áreas constituyen la columna vertebral del sistema y lo distinguen de todos los demás sistemas de certificación del mercado. En lugar de evaluar medidas individuales, valora sistemáticamente todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción y evalúa su rendimiento global.

4 QUÉ APORTAN ESTOS SISTEMAS A LA VIVIENDA SOCIAL

4.1 AYUDA A LA PLANIFICACIÓN

En la promoción inmobiliaria, ya sea de nueva edificación, rehabilitación o puesta en el mercado de edificios existentes, se requiere de una planificación de las actuaciones y plan de gestión, que está condicionado por su viabilidad económica. En lo que respecta a los aspectos específicos del edificio, es habitual tener solo en cuenta factores relativos a las propias obras necesarias para construirlo o rehabilitarlo, pero es posible que no se tengan en cuenta los costes a futuro que implica o los riesgos que amenazan, también a futuro, el valor (la viabilidad) del inmueble.

Incorporar a la ecuación económica aspectos relacionados con el largo plazo integrando la perspectiva de ciclo de vida, en la que se consideran los riesgos climáticos, la escasez de recursos, la adaptabilidad a futuras condiciones o aumentar la durabilidad del edificio garantiza que las viviendas sociales podrán aportar mayores prestaciones, durante un tiempo mayor y a un coste inferior.

En España, la vivienda social, es una herramienta para aportar soluciones residenciales allá donde el libre mercado no llega por sus precios excesivos o la volatilidad de su valor. Por eso es especialmente importante a la hora de concebir los edificios de vivienda social esta previsión del largo plazo, evitando trasladar costes excesivos de mantenimiento y adecuación de la vivienda al "beneficiario".

La vivienda social, al igual que los edificios públicos, también tiene un papel ejemplarizante. Muestra que se pueden construir edificios de alta calidad con unos costes ajustados. En ese sentido, estas viviendas deben ser un referente en lo que a habitabilidad se refiere. Crear espacios saludables que garanticen el confort térmico, la calidad del aire, el confort acústico o una buena calidad lumínica permite mejorar, no solo las condiciones de vida de los usuarios, que no es poco, también permiten mejorar la calidad del parque edificado en general al mostrar cómo hacer buenos edificios y orientar la demanda en este sentido.

La vivienda social, inicialmente dirigida al modelo de propiedad, se está reorientando al mercado del alquiler. Es en este caso cuando, aún más, cobran sentido los objetivos de sostenibilidad que permiten reducir costes de mantenimiento y ampliar la vida útil del inmueble, a la vez que, no solo reduce los costes de desmantelamiento al haberse previsto desde el proyecto, los convierte en beneficios pues diseña el edificio como un banco de materiales futuro.

4.2 EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

La evaluación de rendimiento en cuanto a la sostenibilidad en parques de vivienda social permite hacer un diagnóstico de la contribución a los objetivos ambientales, sociales y económicos de la UE y desarrollar planes de mejora en función de estos resultados. El uso de un marco compartido, como Level(s), permite comparar y compartir datos e información entre administraciones y empresas de gestión, facilitando así identificar carencias y potencialidades. Por su parte, la Taxonomía, permite conocer el valor de los activos, cuantificándolo con una metodología compartida con los organismos financieros.

Los sistemas de certificación VERDE y DGNB, abren la perspectiva contemplando los aspectos recogidos en Level(s) y Taxonomía más otros criterios complementarios que amplían la ambición y mejoran el comportamiento final del edificio en todo su ciclo de vida. Estos sistemas, abarcan todos

los aspectos relacionados con la sostenibilidad, ambiental, social y económicos, analizando en torno a 40 criterios. Pero, además, teniendo en cuenta la calidad en todas las fases del diseño y construcción para garantizarnos que nuestro edificio se ha construido y funciona tal como se ha diseñado y cumple con todas las prestaciones de sostenibilidad establecidas. También aportan referencias indicando cual es la práctica habitual y la mejor práctica, esto, permite comparar los resultados obtenidos entre edificios de similares características y establecer objetivos de mejora. Tener un organismo certificador independiente garantiza la veracidad de la evaluación y nos da un marchamo de calidad.

5 REFERENCIAS

- [1] Varios autores, Dirección General de Comunicación (Comisión Europea), Plan de acción para la economía circular – Publication Office of the EU. <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/45cc30f6-cd57-11ea-adf7-01aa75ed71a1/> Visitado el 14 de septiembre de 2021
- [2] EU's plan for a green transition – Consilium. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-plan-for-a-green-transition/> Visitado el 14 de septiembre de 2021
- [3] Level(s). https://ec.europa.eu/environment/levels_en Visitado el 14 de septiembre de 2021
- [4] Autor corporativo: Council of the European Union, European Parliament. Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852&from=ES#d1e1840-13-1>
- [5] GBCe-Certificación VERDE. <https://gbce.es/certificacion-verde/> Visitado el 14 de septiembre de 2021
- [6] GBCe-Certificación DGNB. <https://gbce.es/certificacion-dgnb-system/> Visitado el 14 de septiembre de 2021

Agradecimientos Expresamos nuestro agradecimiento a todo el equipo de Green Building Council España (GBCe) que trabaja en pos de un entorno construido sostenible con entusiasmo y convicción.

Agradecemos también la complicidad y el apoyo al German Sustainable Building Council (DGNB) con quienes tenemos la suerte de compartir objetivos y proyectos.

Muy especialmente, agradecemos al conjunto de Evaluadores VERDE y Auditores DGNB el soporte que brindan a estas dos certificaciones para diseñar cada vez mejores edificios.

Certificación de sostenibilidad en viviendas con la herramienta CEACE: Certificado Ecológico Andaluz para la Construcción de Edificios. Según indicadores ambientales Huella de Carbono (HC), Ecológica (HE) e Hídrica (HH)

González-Vallejo, P. ⁽¹⁾, Alba-Rodríguez, MD. ⁽²⁾, Rivero-Camacho, C. ⁽³⁾,

Solís-Guzmán, J. ⁽⁴⁾, Marrero, M. ⁽⁵⁾

Universidad de Sevilla. (1) patriciagonzalezvallejo@gmail.com. (2) malba2@us.es. (3) crivero1@us.es.
(4) jaimesolis@us.es. (5) madelyn@us.es

Resumen

La herramienta CEACE tiene como objetivo principal certificar la sostenibilidad de la construcción de edificios, englobando aspectos ecológicos, económicos y sociales. Evalúa, desde el punto de vista medio ambiental, los indicadores Huella Ecológica, Huella de Carbono y Huella Hídrica de los recursos empleados en la construcción de edificios. Partiendo de datos del proyecto arquitectónico, de la Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA), y de la metodología específica de los indicadores ambientales aplicados al ciclo de vida de los edificios desarrollada por el grupo de investigación Arditec se obtiene la certificación CEACE. La herramienta se realiza en colaboración con la empresa a la que se transfiere, en este caso SGS.

Palabras claves: Certificado ecológico, construcción de edificios, indicadores ambientales, herramientas de certificación ambiental.

1 INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de la mejora del comportamiento ambiental de los edificios es necesario evaluar este aspecto a través de indicadores, de forma que se pueda calificar y cuantificar el peso de los impactos ambientales durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su demolición. Las herramientas que analizan dichos impactos generalmente siguen la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) [1,2]. Actualmente hay una tendencia a usar metodologías más simples, ya que la sociedad no científica puede entenderlas con facilidad además de su fácil aplicación en políticas medioambientales y toma de decisiones [3]. De entre éstas, las huellas ecológica (HE) [4], la de carbono (HC) [5] e hídrica (HH) son las más prominentes. Estos indicadores pueden adaptarse a las características únicas del sector de la construcción [6,7].

El presente trabajo de investigación y transferencia, propone el desarrollo de una herramienta certificadora de la sostenibilidad de la construcción de los edificios obteniendo el presupuesto ambiental del proyecto analizado y englobando los aspectos ecológico, económico y social. A partir de los datos de la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA) [8], del proyecto arquitectónico y de las metodologías de los indicadores ambientales: huellas ecológica (HE), de carbono (HC) e hídrica (HH), se determinan los impactos de los recursos empleados y residuos (RCD)

generados en la construcción de los edificios. CEACE aplica el modelo desarrollado por el grupo investigador ARDITEC en proyectos de investigación anteriores [9–11], la jerarquía y clasificación sistemática de la BCCA y la metodología específica de los indicadores ambientales planteados aplicados al sector de la edificación.

2 METODOLOGÍA

El modelo parte del presupuesto del proyecto, sustentado en la base de costes de la construcción de Andalucía (BCCA), de donde se extraen los datos necesarios para establecer la viabilidad económica de un proyecto. Partiendo de estos mismos elementos y conceptos se define el presupuesto ambiental. El análisis económico obliga a un estudio pormenorizado de los recursos del proyecto, y partiendo de ellos se obtiene el importe total de la ejecución de la obra. Todo ello se lleva a cabo, a partir de una base de costes de la construcción, como es la de Andalucía, BCCA, cuya estructura y clasificación sistemática son fundamentales para la evaluación del proyecto desde el punto de vista económico y el ambiental, ya que nos va a servir en ambos casos para la definición de las partes del proyecto de forma estructurada. Se empleará dicha organización de precios y sus descompuestos en recursos de materiales, mano de obra y maquinaria para poder cuantificarlos, ya que, los datos desglosados nos proporcionan sus consumos y rendimientos unitarios, lo cual es la base del modelo.

Todo ello proporciona un sistema estable y muy robusto que nos garantiza la viabilidad del modelo desarrollado y siendo imprescindible a la hora de analizar un proyecto desde la fase de diseño y poder tomar decisiones estudiando las diferentes alternativas de recursos y sistemas constructivos teniendo en cuenta el punto de vista económico y ambiental.

El presupuesto descompone los elementos básicos en: mano de obra, materiales y maquinaria, apoyándonos en una herramienta denominada Banco de cuantificación de recursos (BCRR), desarrollada igualmente por los participantes en el proyecto. Cada uno de esos elementos básicos supone el empleo de unos determinados recursos o la generación de unos determinados residuos, lo que permite evaluar esos impactos desde el punto de vista de los indicadores ambientales. El consumo de mano de obra genera, por un lado, gasto de alimentos por parte de los operarios, y la subsecuente generación de residuos sólidos urbanos (RSU) y por otra, el empleo de combustible derivado de la movilidad de los operarios (desplazamientos hasta el lugar en el que se ubica la construcción). Por su parte, los materiales de construcción, a través de los procesos de extracción, fabricación, transporte y puesta en obra, consumen combustible (transporte de los materiales a la obra) o energía (necesaria para la fabricación de los materiales y su puesta en obra)[12]. Para el análisis de la huella de los materiales se realiza el estudio cuantitativo de los materiales de construcción y cómo se traduce esa cantidad en recursos expresables en términos de HE, HC y HH, Figura 1. Como paso intermedio, se convierte esa cantidad en gasto de energía primaria, al igual que se hace con la electricidad o la movilidad. Igualmente, la maquinaria empleada en la obra consume combustible o electricidad, según la tipología de maquinaria considerada.

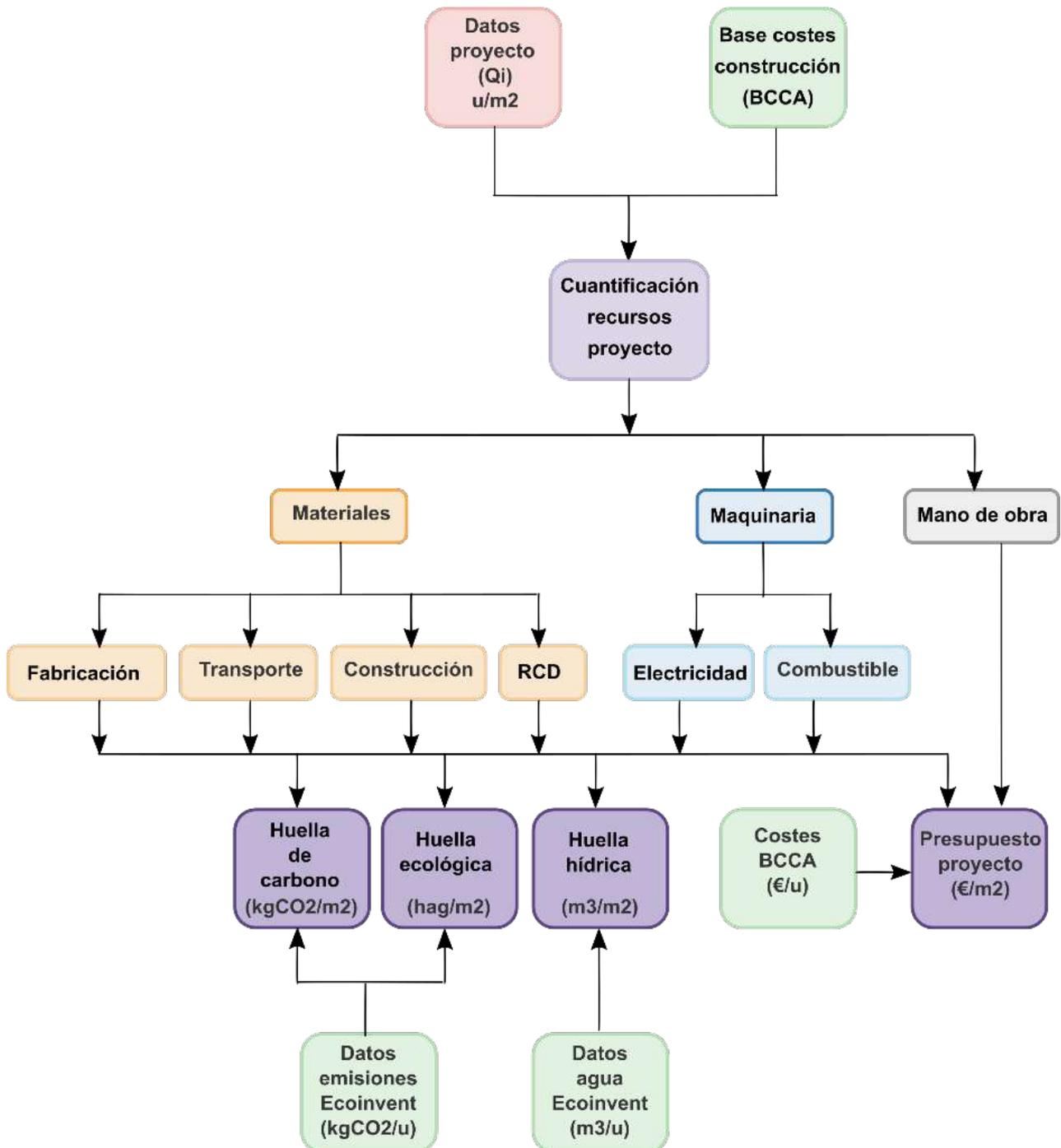


Fig. 1. Cuantificación de recursos

Finalmente, para obtener el Certificado CEACE se exportan los datos e informes del software a una herramienta en Excel que aporta opciones de materiales más sostenibles para poder mejorar los impactos del proyecto, obteniendo el baremo parcial y total, según los aspectos económicos, ambientales y sociales del proyecto evaluado. Para validar la herramienta CEACE, se transfieren los datos de los proyectos de la empresa de referencia SGS, como los materiales y sistemas constructivos más empleados. La metodología se representa en la Figura 2.

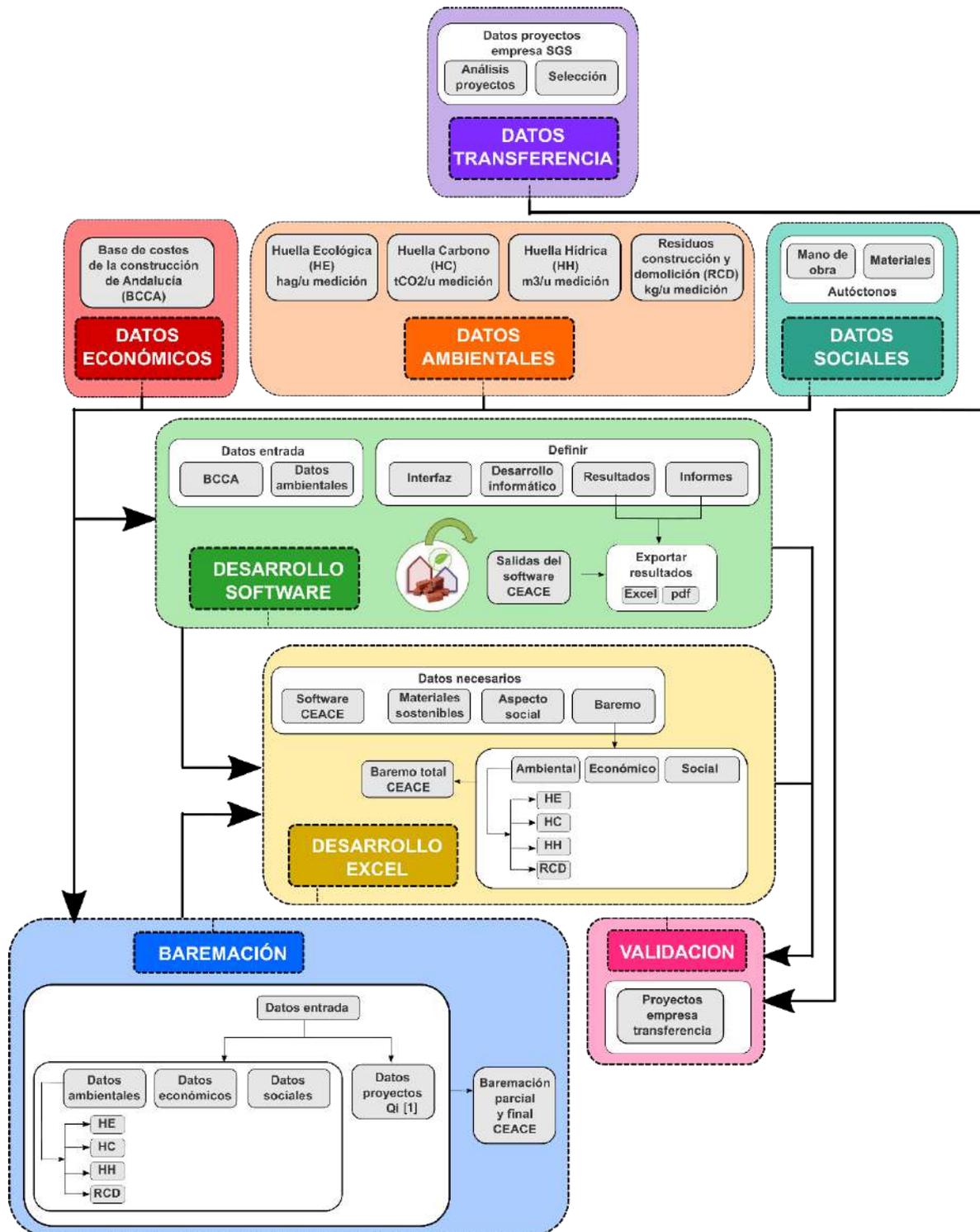


Fig. 2. Metodología del Certificado CEACE

3 RESULTADOS

A partir de la medición y presupuesto del proyecto arquitectónico realizado con la BCCA y los datos ambientales que se incluyen desde CEACE, se obtiene el presupuesto económico y ambiental del Proyecto (Figura 3). Los resultados económicos y ambientales obtenidos de la herramienta CEACE se introducen en el Excel complementario CEACE y se obtienen los resultados del impacto social. Este último en función de los datos introducidos por el usuario de mano de obra y materiales

de la zona, así como el empleo de materiales reutilizados o reciclados implicados en el Proyecto. Se establecen los baremos para cada indicador y se obtiene así el Certificado CEACE.

Los resultados económicos y ambientales se plantean con los mismos criterios de la clasificación sistemática de la BCCA y los documentos de mediciones y presupuesto de los proyectos. Se obtiene así el presupuesto detallado por capítulos, resumen de capítulos de proyectos, aportando además un análisis de los valores de mayor impacto.

Una vez terminada la herramienta (actualmente en desarrollo), el usuario podrá obtener el Certificado Ecológico Andaluz en la Construcción de Edificios CEACE, según los baremos propuestos a partir de la validación de los proyectos de la empresa de transferencia.

08	INSTALACIONES				
08C	CLIMATIZACIÓN				
08CA	Aire acondicionado				
08CAA	Equipos y elementos auxiliares				
08CAA00001	u PLENUM DE IMPULSIÓN DIRECTA 70x50 cm	144,35	€/u		
IC48800	1 u PLENUM IMPULSIÓN DIRECTA 70x50 cm	137,79	€/u		
		1.33e-2	6.11e-3	2.79e-1	5.04e-2
TO01400	0.3 h OF. 1ª CALEFACTOR O MECÁNICO	19,85	€/h		
		0	2.50e-4	0	0
WW00400	2 u PEQUEÑO MATERIAL	0,30	€/u		
		1.58e-4	7.27e-5	3.32e-3	6.00e-4

Fig. 3. Ejemplo de descompuestos de precio unitario simple (PUS) de la BCCA definido en la herramienta CEACE incluyendo datos ambientales y RCD de los precios básicos (PB)

4 CONCLUSIONES

A partir de la herramienta y Excel CEACE se obtiene el Certificado CEACE, que determina el presupuesto económico y ambiental del proyecto arquitectónico evaluado, además de aportar el análisis del impacto social del mismo.

Se puede así analizar desde los puntos de vista económico, ambiental y social, y obtener el certificado CEACE de un Proyecto sin necesidad de tener grandes conocimientos sobre indicadores ambientales. Todo ello a partir de las nociones necesarias para el desarrollo de la medición y presupuesto de un proyecto arquitectónico,

Dada la sencilla y fácil comprensión de estas herramientas, el procedimiento de certificación a través de CEACE será de fácil manejo para usuarios con capacitación técnica para la dirección y/o redacción de proyectos.

Otra ventaja de la herramienta CEACE es el acceso gratuito a la misma.

La herramienta certificadora CEACE puede aportar muchos beneficios en la evaluación de edificios desde las iniciativas pública o privada, creando tasas mediambientales que premien proyectos con mejores resultados desde los puntos de vista ambiental y social.

5 REFERENCIAS

- [1] I. Zabalza Bribián, A. Valero Capilla, A. Aranda Usón, Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential., *Building and Environment*. (2011) 1133–1140.
- [2] T. Malmqvist, M. Glaumann, Environmental efficiency in residential buildings – A simplified communication approach., *Build Environ*. 44 (2009) 937–947.
- [3] J.C. Bare, P. Hofstetter, D.W. Pennington, H. a. U. Haes, Midpoints versus endpoints: The sacrifices and benefits, *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 5 (2000) 319–326. doi:10.1007/BF02978665.
- [4] M. Wackernagel, W.E. Rees, *Our Ecological footprint, reducing Human Impact on the Earth*, Industrial Ecology. (1996).
- [5] B.P. Weidema, M. Thrane, P. Christensen, J. Schmidt, S. Løkke, Carbon Footprint. A Catalyst for Life Cycle Assessment?, *Journal of Industrial Ecology*. 12 (2008) 3–6.
- [6] J. Solís-Guzmán, M. Marrero, A. Ramírez-de-Arellano, Methodology for determining the ecological footprint of the construction of residential buildings in Andalusia (Spain)., *Ecological Indicators*. 25 (2013) 239–249. doi:10.1016/j.wasman.2009.05.009.
- [7] P. González-Vallejo, A. Martínez-Rocamora, J. Solís-Guzmán, R. Llácer Pantión, M. del P. Mercader Moyano, M. Marrero, Ecological Footprint of Manpower in Construction in Spain, Mexico and Chile. Food Consumption., *Comunicación En Congreso. III International Congress on Construction and Building Research*. Escuela Técnica Superior de Edificación. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. (2015).
- [8] M. Marrero, A. Ramírez de Arellano Agudo, The building cost system in Andalusia: Application to construction and demolition waste management., *Construction Management and Economics*. 28 (2010) 495–507.
- [9] P. González-Vallejo, J. Solís-Guzmán, R. Llácer, M. Marrero, La construcción de edificios residenciales en España en el período 2007-2010 y su impacto según el indicador Huella Ecológica, *Informes de La Construcción*. 67 (2015) e111. doi:10.3989/ic.14.017.
- [10] M.D. Alba-Rodríguez, A. Martínez-Rocamora, P. González-Vallejo, A. Ferreira-Sánchez, M. Marrero, Building rehabilitation versus demolition and new construction: Economic and environmental assessment, *Environmental Impact Assessment Review*. 66 (2017). doi:10.1016/j.eiar.2017.06.002.
- [11] P. González-Vallejo, R. Muntean, J. Solís-Guzmán, M. Marrero, Carbon footprint of dwelling construction in Romania and Spain. A comparative analysis with the OERCO2 tool, *Sustainability (Switzerland)*. 12 (2020). doi:10.3390/SU12176745.
- [12] P. González-Vallejo, C. Muñoz-Sanguinetti, M. Marrero, Environmental and economic assessment of dwelling construction in Spain and Chile. A comparative analysis of two representative case studies, *Journal of Cleaner Production*. 208 (2019). doi:10.1016/j.jclepro.2018.10.063.

Financiación: Esta comunicación ha sido financiada por financiado por la Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía a través de la convocatoria PAIDI 2020: Actividades de Transferencia 2017.

La Casa-Patio de El Puche en Almería

José Francisco García-Sánchez

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería. Universidad de Granada.
josefrancisco@coaalmeria.com

Resumen

El barrio de 'El Puche' (1970-1982) en Almería es uno de los proyectos de arquitectura social que se construyeron en España con la voluntad de dar cobijo a las familias afectadas por los desastres climatológicos cuyas precarias viviendas, situadas en lugares vulnerables, requerían de nuevas soluciones habitacionales.

El artículo aborda un análisis crítico del tipo 'casa-patio' del Sector Centro del barrio de 'El Puche' como modelo de vivienda social que sigue siendo vigente como ejemplo de casa energéticamente sostenible, ambientalmente responsable y espacialmente emocionante. Pero también analiza la vigencia del modelo de trazado urbano tanto en su forma de agrupación —construyendo un paisaje de volúmenes abstractos— como en el diseño de nuevos micro-espacios públicos que interpretan las distintas escalas urbanas adecuadas al clima mediterráneo.

Palabras claves: casa-patio, El Puche, Almería, vivienda social, espacio público.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Con motivo de las inundaciones que sufrió la ciudad de Almería debido a las lluvias torrenciales caídas entre los meses de diciembre de 1969 y enero de 1970 se produjo el derrumbamiento y desalojo de numerosas viviendas y cuevas de las proximidades de su centro histórico, a los pies de la Alcazaba, en el barrio popular de La Chanca. Con la voluntad de dar cobijo a las familias afectadas, el Gobierno aprobó, entre otras medidas —y mediante el Decreto 94/1970 de 24 de enero [1]— la construcción de 1.100 nuevas viviendas [2].

El Instituto Nacional de la Vivienda (INV) adquirió la finca denominada 'Cortijo El Puche' de unas 22 has, ubicada al norte de la carretera de Níjar entre la Fábrica del Ingenio y el río Andarax. El nuevo barrio estaba formado por 1.423 viviendas que se disponían en uno de los tres sectores en los que estaba dividido. En el Sector Norte (1970-1982) y en El Sector Sur (1976-1980) se construyeron 500 y 427 viviendas respectivamente. Entre ambos se situaba el Sector Centro (1971-1977) —objeto de estudio de este artículo— formado por 496 casas-patio de un solo nivel que construían un tapiz de muros blancos y celosías, proyectado por los arquitectos Santiago de la Fuente y Antonio Vallejo Acevedo [2].

El artículo aborda un análisis crítico del tipo 'casa-patio' del Sector Centro de 'El Puche' como un modelo de vivienda social. Esta tipología atemporal, heredada de la *domus* romana y desarrollada en todo el Mediterráneo, sigue siendo vigente como modelo de casa energéticamente sostenible, ambientalmente responsable y espacialmente emocionante. También será objeto de análisis la composición modular del barrio y su vinculación con los *mat-buildings* que se proyectaron en todo el mundo durante las décadas de 1960 y 1970.

2 ANTECEDENTES Y ORDENACIÓN

El Proyecto de 'El Puche Centro' (o *Puche Viejo*) se firmó en mayo de 1970, y las obras se desarrollaron entre 1971 y 1977. El sector tiene una extensión de 72.760 m² y está dividido por la Calle Sevillanas: una vía perpendicular al río Andarax, en sentido Este-Oeste, que originalmente acababa en *cul-de-sac* en el extremo del río. Desde esa arteria de tráfico rodado, se inicia la red peatonal de estrechas calles —con una anchura de 2,375 m— y con un recorrido paralelo al río: 8 calles al Norte y 6 al Sur que delimitan las manzanas de vivienda (Fig. 1a y 1d).

El Instituto Nacional de la Vivienda (INV) —y a modo de primeras actuaciones en este sentido— consideró que dentro de las viviendas de protección oficial debía incluirse un tipo destinado a resolver el alojamiento de familias cuyo anterior *hábitat* hiciera necesario una fase o etapa de adaptación al modo de vivir urbano, antes de incorporarse a las viviendas que encajan en la promoción oficial normal. Por ello se optó por este tipo 'casa-patio' que de forma introspectiva, volcaba la vivienda hacia el interior.

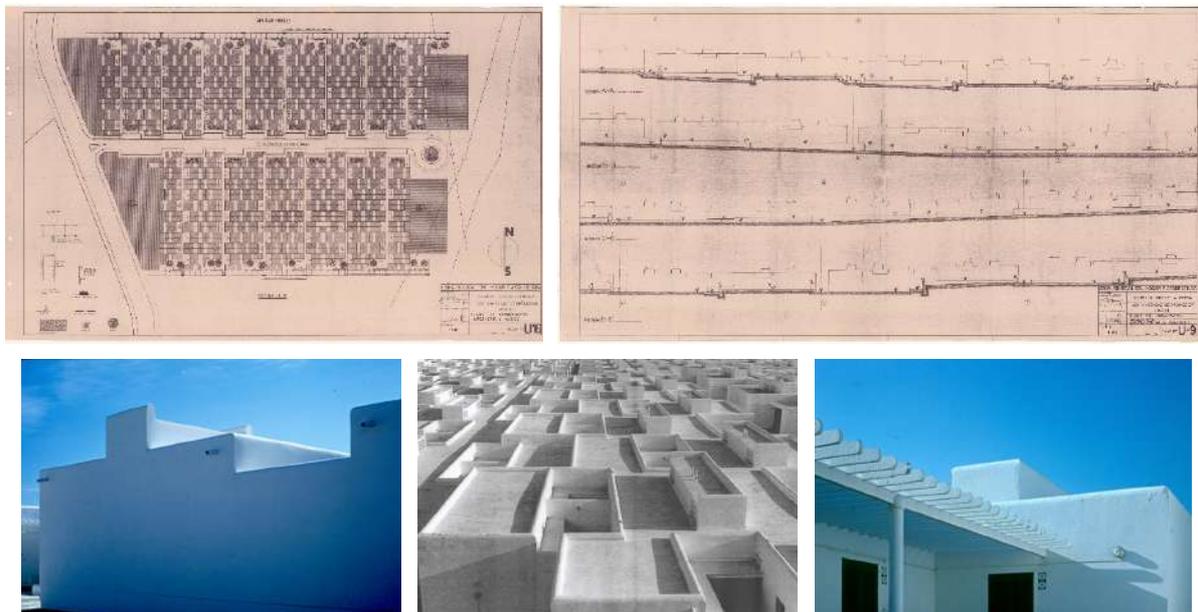


Fig. 1 a) Plano de agrupación del barrio de 'El Puche Centro'. b) Alzados generales del barrio de 'El Puche Centro'. c) Fotografía exterior y d) Fotografía de las cubiertas e) Fotografía del Micro-espacio público formado por cuatro unidades de viviendas. Fuente: Archivo del Ayuntamiento de Almería y Archivo SDLF.

Las limitaciones que se tuvieron en cuenta para proyectar estas viviendas fueron por un lado económicas y, por otro, la derivadas de tener que ajustarse a la mínima superficie construida para un programa familiar medio. Ambas fueron definidas, de acuerdo con la Dirección del INV: a) El máximo coste del m² construido sería el 90% del módulo, es decir, 1.800 pesetas/m² (10,82 euros/m²). b) El programa familiar medio compuesto de cuarto de estar, comedor, cocina, tres dormitorios y cuarto de aseo, y su superficie total construida debía ser de unos 60 a 62 m².

Finalmente, la superficie construida de la casa-patio tipo medida entre ejes de cuadrícula es de 61,26 m². La superficie total construida para el conjunto de las 496 viviendas suman 30.615,62 m².

3 CASA-PATIO. VIVIENDA TIPO

Desde el primer momento, los arquitectos Santiago de la Fuente y Antonio Vallejo defendieron la vivienda unifamiliar de una planta, siendo conscientes de que económicamente no era una decisión

muy eficaz. Esta determinación la tomaron en atención a las condiciones de vida de los futuros ocupantes de las viviendas.

«No hay que olvidar en ningún momento la procedencia anterior urbana —cuevas de La Chanca— y el nivel económico de los futuros ocupantes de estas viviendas de promoción social. Así es fácil suponer que, al menos en una generación, el automóvil será una posesión inalcanzable para la mayoría de ellos, y por tanto el transporte colectivo será lo habitual, y a lo sumo como propiedad, la motocicleta o la bicicleta» [3].

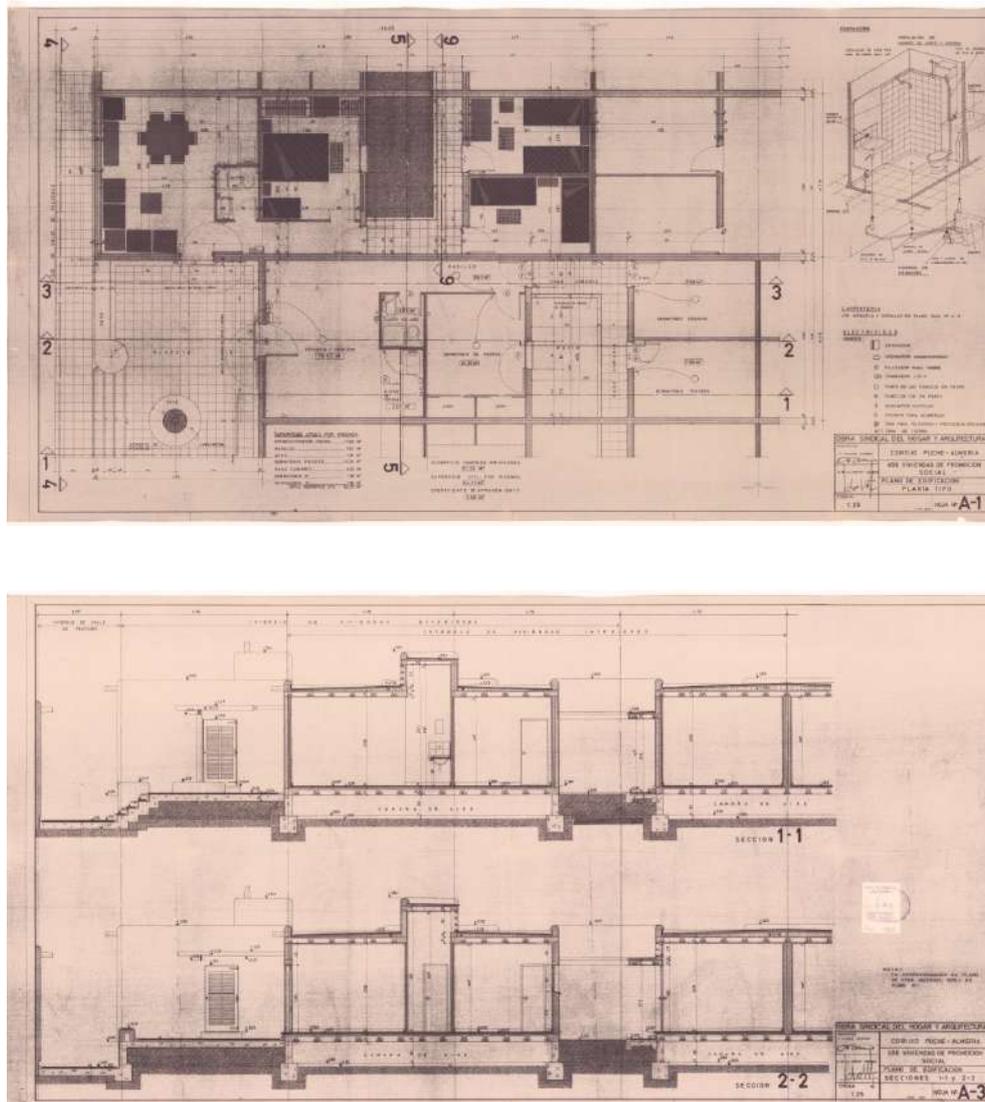


Fig. 2 a) Planta de la 'casa-patio' de 'El Puche Centro'. b) Secciones de la 'casa-patio'. Fuente: Archivo del Ayuntamiento de Almería.

Una vez definido este principio, se dedicó toda la atención en encontrar un módulo único que permitiera diferentes agrupaciones y que tuviera, como objetivo inicial, la posibilidad de encajar en la limitación económica establecida. La vivienda-tipo (casa-patio) que se propuso se desarrolla en una planta rectangular de proporción 1x3, cuyo módulo es un cuadrado de 4,75 de lado. Cada casa incluye en su interior un patio privado con paso cubierto, con muchas posibilidades de utilización,

además de las naturales de ventilación e iluminación inherentes a su conexión con el ambiente exterior. Por un lado, y es una invariante en la construcción mediterránea, el patio hace posible las corrientes de aire por diferencia de presión y temperatura de sus paredes, algo muy deseable en climas cálidos; por otro lado, se logra que la vivienda se vuelque totalmente hacia el interior y con ello se ocultan las condiciones de vida particulares de cada familia que no se deseen exponer (Fig. 1d y 2).

El plano de la cubierta, horadado por los patios, recuerda a algunas imágenes que Bernard Rudofsky incluyó en el Catálogo y en la Exposición '*Architecture Without Architects*' [4] celebrada en el MoMA de New York en 1964: por ejemplo, las casas-patio enterradas situadas cerca de Tungkwan (Henan) en China.

Según se destaca en la memoria del proyecto: «No es baladí considerar el efecto de desprestigio social que puede representar la diferencia de aseo y mantenimiento de unas viviendas con otras, lo que se salva de puertas para dentro» [...] «La observación de otros grupos de viviendas de la propia ciudad de Almería, de patios abiertos a fachada donde se almacenan enseres varios, donde la ropa se tiende anárquicamente, donde la 'finura' de vida se acusa claramente, nos llevó a situar el patio en el centro de la vivienda» [3].

La casa-patio, de superficie útil 54,71 m², consta de un cuerpo de edificación donde se sitúan el cuarto de estar (SC) que incorpora la cocina (C) en un nicho (17,08 m²), el cuarto de baño-aseo (A) (1,95 m²) y el dormitorio principal o de padres (DP) (10,30 m²). Sigue el patio (J) (6,53 m²) al que abren todos los dormitorios, y que bajo cubierto (5,49 m²) —pero no estanco— puede cruzarse hasta llegar a los dos dormitorios de los hijos (D1 y D2) (7,98 m² cada uno) que constituyen el segundo cuerpo de construcción. La superficie total del patio, incluyendo la zona cubierta y descubierta, se mide en 12,02 m². Sobre la cocina y el aseo (HVC y HVA), un cuerpo elevado a modo de lucernario incorpora una celosía de piezas prefabricadas de hormigón orientadas de forma opuesta que iluminan y ventilan cada una de las dos estancias —la situada sobre el aseo está permanentemente ventilada, y la de la cocina presenta un cerramiento que permite la estanqueidad (Fig. 2b y Fig. 3).

Otros tres huecos altos, también formados por piezas cuadradas prefabricadas de hormigón, se sitúan sobre las puertas de los dormitorios secundarios (HVD1 y HVD2) y sobre la puerta del pasillo (HVP), es decir, todas las puertas que abren al patio. De este modo, el patio interior, ayudado por los huecos del lucernario —aseo y cocina— y por los situados en los dormitorios y el pasillo, permiten una ventilación cruzada de toda la vivienda disminuyendo la temperatura interior durante los meses calurosos [2] (Fig. 2b y Fig. 3).

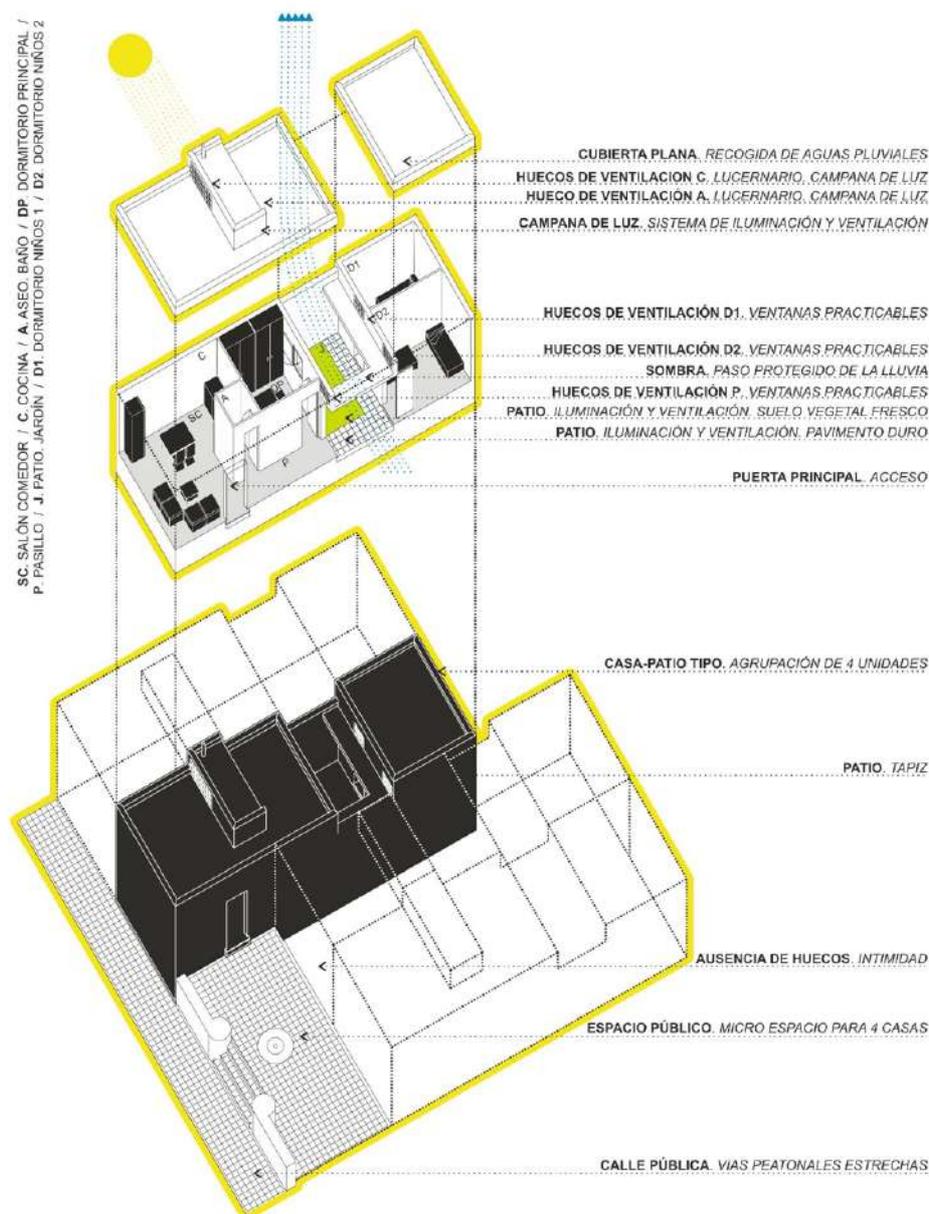


Fig. 3 Volumetría explosionada de la 'casa-patio' del barrio 'El Puche Centro'. Fuente: Elaboración propia.

Los arquitectos escriben en la memoria esta curiosa justificación de la posición de los dormitorios: «Esta disposición de los dormitorios de hijos, separados por el patio, tiende a equilibrar la promiscuidad que expresaban las encuestas socioculturales realizadas entre las familias a las que se destinan estas viviendas» [3]. Se trata de la decisión más discutida del proyecto, ya que el cuarto de los padres ventila por una ventana hacia el patio que está situada justo enfrente de la puerta de los dormitorios de los hijos.

Como propuesta, y para evitar esa promiscuidad que anuncia la memoria, pero sobre todo a favor de la intimidad, tal vez se debió desplazar ambos huecos, y que las miradas no tuvieran la posibilidad de cruzarse. También se señala en la memoria: «El clima de Almería y la adaptación corporal a la vida a la intemperie de los futuros ocupantes de las viviendas de promoción social, permiten suponer acertada la decisión de relacionar los dormitorios de los hijos con la zona de vida común al aire libre, aunque a cubierto» [3].

4 AGRUPACIÓN. ORGANIZACIÓN. ESPACIO PÚBLICO

Se trata de una vivienda completamente volcada hacia el interior que, repetida y agrupada, genera una atractiva volumetría exterior por la repetición de tapias blancas ciegas de distinta altura, según estén vinculadas a la vivienda, al patio o a los lucernarios (Fig. 1). Dentro de las múltiples agrupaciones que eran posibles en la trama de 4,75x4,75 m con la planta tipo de 4,75 x 14,25 metros (1x3 módulos) se adoptó la que formaban cuatro viviendas de modo que dos de ellas quedan en saliente, abrazaban a otras dos en entrante, con un desfase de 4,75 m en el plano de sus fachadas. Se diseñaba así una placeta, protegida por tres lados desde la que se accede a cuatro viviendas, que tenía la voluntad de servir como lugar de encuentro, convivencia y de contacto social. Se suponía que el hecho de que cada placeta fuera propia de cuatro viviendas, permitiría que la limpieza y el ajardinamiento de estos recintos de uso público fuera posible. Además, la disposición se organizaba para que frente a cada placeta quedara un muro ciego de la otra alineación. Estos espacios se completaban con pérgolas que producían sombra, bancos (*poyos*) donde sentarse, además del ajardinamiento con elementos que favorecían el atractivo de su uso [2] (Fig. 3 y Fig. 4b).

5 CONCLUSIONES

En septiembre de 1974, Alison Smithson publicó un artículo donde se preguntaba *How to recognise and read mat-building?* [5]. En el texto se deslizaba la idea de que un *mat-building* requería de la presencia de un sistema de agrupación, de unas estrategias de repetición y de un modelo de crecimiento [2]. En este sentido, la composición de 'El Puche Centro' puede vincularse con otras obras y proyectos —desarrollados durante la década de 1960— donde se investigaba en torno a los sistemas de organización modulares. Es el caso del Concurso Internacional PREVI (1966) en Lima (Perú) promovido por la ONU, que buscaba la resolución de conjuntos de viviendas de bajo presupuesto y de «baja altura y alta densidad» [6]. En ese concurso, tanto las propuestas de Aldo van Eyck como las de los españoles Antonio Vázquez de Castro y José Luis Íñiguez de Onzoño, exploraban las posibilidades de agrupación de diferentes tipos de casas-patio. Estos últimos arquitectos, también realizaron el proyecto de viviendas con patio para profesores de la Universidad de Riyadh (1980) donde también se investigaba sobre unas estrategias de agrupación [7]. En este mismo sentido, encontramos referencias semejantes en muchos de los proyectos de Georges Candilis, Alexis Josic y Shadrach Woods, como por ejemplo en el Concurso para el hábitat semiurbano (1960) en Argelia [8], o en Las Villas-Patio (1964) en Toulouse-Le Mirail (Francia) [9]. Por todo ello, el barrio de 'El Puche Centro' presenta algunas de estas características que permiten definirlo como un *mat-building* [5].

La 'casa-patio' que se tomó como modelo en el barrio de 'El Puche Centro' de Almería se ha demostrado además como un tipo vigente de vivienda social desde una idea ampliada de sostenibilidad ambiental y energética, pero también económica. Y que puede reivindicarse como un modelo contemporáneo para situaciones de emergencia. La forma de agrupación —construyendo un paisaje volúmenes abstractos— (Fig. 2b y c) y el diseño de los nuevos micro-espacios públicos, son también un ejemplo de trazado urbano que interpreta con acierto las distintas escalas adecuadas al clima mediterráneo.

6 REFERENCIAS

[1] Decreto 94/1970 de 24 de enero, Ministerio de Vivienda, BOE, núm. 21, 23/01/1970.

- [2] J.F. García-Sánchez, El barrio de El Puche en Almería: sistemas de agrupación, repetición y crecimiento, in: M.A. Chaves Martín (Ed.), Ciudad, Arquitectura y Patrimonio, Universidad Complutense de Madrid, CSIC, 2016, pp. 229-241.
- [3] S. de la Fuente, A. Vallejo-Acevedo, Memoria del Proyecto: El Puche Centro. Proyecto de 496 viviendas de promoción social y urbanización interior en el «Cortijo Puche» de Almería, Madrid, 1970.
- [4] B. Rudofsky, Architecture Without Architects, MoMA: The Museum of Modern Art, New York, 1964.
- [5] A. Smithson, How to recognize and read mat-building. Mainstream architecture as it developed towards the mat-building, Architectural Design, 9, 1974.
- [6] F. García-Huidobro, D. Torres-Torriti y N. Tugas, 'El tiempo construye!: EL Proyecto Experimental de Vivienda (PREVI) de Lima: génesis y desenlace, Gustavo Gili, Barcelona, 2008.
- [7] A. Vázquez de Castro y R. Aroca, Sistema Integral. Tabibloc serie 20: de la industrialización de la construcción (prefabricación ligera). Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1980.
- [8] J. Joedicke, Candilis- Josic-Woods. Una década de Arquitectura y Urbanismo, Gustavo Gili, Barcelona, 1968.
- [9] G. Candilis, A. Josic y S. Woods, Toulouse le Mirail. El nacimiento de una ciudad nueva, Gustavo Gili, Barcelona, 1976.

Cartuja Qanat, un proyecto para recuperar la vida en la calle en un contexto de cambio climático

MCarmen Guerrero Delgado⁽¹⁾, José Sánchez Ramos⁽²⁾, Teresa Rocío Palomo Amores⁽⁴⁾, Daniel Castro Medina⁽³⁾, Alberto Cerezo Narváez⁽⁵⁾, Servando Álvarez Domínguez⁽⁶⁾

(1) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. jsr@us.es (2) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla mgdelgado@us.es (3) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. dcastro@us.es (4) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. tpalomo@us.es (5) Dep. Ingeniería Mecánica. Universidad de Cádiz alberto.cerezo@uca.es (6) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. salvarez@us.es

Resumen

El proyecto CartujaQanat tiene como objetivo recuperar el uso confortable del espacio público mediante soluciones innovadoras tanto para la dinamización social como para el acondicionamiento de espacios abiertos. Las soluciones diseñadas por el equipo técnico proponen un sistema de acondicionamiento natural de espacios abiertos para crear condiciones de confort aceptables en las épocas calurosas. Esta comunicación sintetiza los principales aspectos científicos del trabajo realizado para ese tratamiento de espacios concretos dentro del espacio público. 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

Palabras claves: climate change, mitigation, thermal comfort, outdoor spaces, natural sinks.

1 INTRODUCCIÓN

El concepto original de la EXPO'92 [1] tuvo como propósito principal que los espacios abiertos fueran el componente diferencial y de cohesión entre los distintos pabellones del recinto. La función de los espacios abiertos no se limitó a una simple transición entre los distintos pabellones, sino que eran espacios con personalidad propia que favorecían su uso como lugares de ocio al aire libre en los que se realizan numerosas actividades. Para ello, fue necesario el desarrollo de técnicas de control climático innovadoras [2] con el objetivo de combatir las altas temperaturas que tienen lugar en la ciudad de Sevilla en la época estival, permitiendo esto que los asistentes al recinto pudieran permanecer en el exterior de los pabellones y realizar numerosas actividades en una situación de confort térmico.

Las estrategias de control climático desarrolladas dependían de numerosos factores y de las distintas características de cada espacio al aire libre y su función. A mayor duración de la estancia mayor intensidad de acondicionamiento. Se utilizaban de manera progresiva actuaciones que incluían confinamiento, control solar, enfriamiento de superficies y enfriamiento del aire de muy diversas formas, entre ellas los popularizados posteriormente sistemas de micronización.

Con el objetivo de recuperar el espíritu de los trabajos de acondicionamiento climático que se desarrollaron para EXPO'92, nace el proyecto CartujaQanat, en el que se introducen nuevas tecnologías, materiales y herramientas de diseño modernas e innovadoras. Desde el punto de vista social, el proyecto pretende ser un dinamizador, permitiendo que los ciudadanos puedan disfrutar de espacios abiertos durante los meses cálidos, en los que las altas temperaturas imposibilitan prácticamente cualquier actividad.

El proyecto tiene lugar en la Avenida Thomas Alba Edison, en la Isla de la Cartuja (Sevilla), en el cual se está construyendo un nuevo espacio semiconfinado y rehabilitando otro existente, un anfiteatro situado en la propia avenida y que data de la EXPO'92. El nuevo espacio conocido como zoco y el anfiteatro, se acondicionarán de manera natural para ofrecer condiciones de confort durante los meses más calurosos, obteniéndose un salto térmico de hasta 10°C menos respecto la temperatura exterior a los espacios abiertos acondicionados. Como fluido caloportador se utilizará el agua, la cual se almacena en dos Qanat, y es enfriada durante la noche gracias al aprovechamiento nocturno de los sumideros mediambientales [3]. Durante el día esta agua se utiliza para enfriar el aire a introducir en ambos espacios [4].

2 NUEVO CONCEPTO DE ESPACIOS ABIERTOS

Como se ha comentado anteriormente, se trata de una experiencia innovadora de diseño urbano que pretende mejorar el confort ambiental mediante técnicas naturales a través del control del ruido, de la calidad del aire y del confort térmico. Los principios de diseño del sistema integrado pueden ser descritos en la Tabla 1.

Criterios	Actuaciones genéricas	Técnicas específicas
Reducción de la radiación solar	Obstrucción de la radiación directa y difusa. Obstrucción de la radiación reflejada	- Coberturas Confinamiento Tratamientos de superficies adyacentes
Reducción o inversión intercambio radiante de larga longitud de onda	Reducción temperaturas de superficies circundantes	Suelos: pavimentos fríos, laminas de agua Coberturas: riego, laminas de agua Superficies verticales: cascada, cortina de agua
Reducción o inversión intercambio convectivo	- Reducción de temperaturas del aire - Movimiento de aire enfriado	- Confinamiento - Enfriamiento sensible - Enfriamiento latente - Encauzamiento de brisas - Chorros de agua

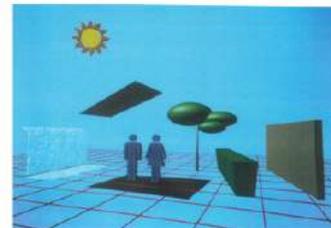
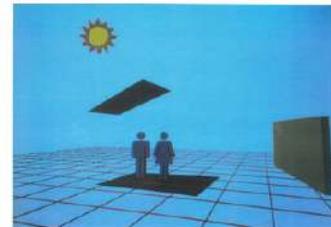


Tabla 1 Principios de diseño. Fuente: Propia

El anfiteatro es un espacio utilizado durante el periodo de la EXPO'92 como quiosco de espectáculos. Tiene forma semicircular de aproximadamente 28m de diámetro y tiene capacidad para 200 personas. Se sitúa en una depresión respecto al nivel de la avenida para minimizar la entrada de aire exterior y el confinamiento se completa con un muro diametral que cierra el escenario y los cipreses que rodean la zona de gradas.

El zoco puede ser un buen ejemplo del trabajo realizado durante el diseño del piloto, al cual se le ha aplicado un amplio catálogo de técnicas de control climático estudiadas en el marco del proyecto para mejorar la habitabilidad de espacios abiertos. El zoco es un espacio de nueva creación con forma rectangular de 750 m². Puede compartimentarse en subespacios según múltiples patrones para permitir la realización simultánea de diferentes actividades. Se sitúa a 2 m en depresión respecto al nivel de la avenida para minimizar la entrada de aire exterior. El confinamiento se lleva a cabo con barreras semitransparentes en las dos dimensiones principales que permiten reducir la entrada de aire hasta un 3% de la situación sin confinamiento.

Las estrategias de control climático empleadas en el zoco y anfiteatro se pueden agrupar según tres criterios y diferentes tecnologías. El criterio 1 es reducción de la radiación solar. El criterio 2 es la

reducción de la temperatura superficial Finalmente, el criterio 3 es la reducción de la temperatura de aire mediante técnicas de confinamiento y producción de aire frío.

La Figura y tabla 2 sintetizan las estrategias sobre el anfiteatro. A su vez, la Figura y tabla 3 lo hacen sobre el zoco.



CRITERIOS	TECNICAS ESPECÍFICAS		
Reducción de la radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura de PVC (1) 	<ul style="list-style-type: none"> Barreras vegetal de cipreses alrededor del perímetro (2) 	<ul style="list-style-type: none"> Muro diametral en banda oeste (3)
Reducción de la temperatura superficial	<ul style="list-style-type: none"> Riego discontinuo de la cobertura que se enfría mediante la evaporación de agua en la superficie. 		
Reducción de la temperatura del aire	<ul style="list-style-type: none"> Confinamiento por depresión asistido por la barrera vegetal. 	<ul style="list-style-type: none"> Impulsión de aire frío producido por medios naturales 	

Fig. 2 Anfiteatro: técnicas de acondicionamiento. Fuente:Propia

En el anfiteatro, el aire se enfría usando agua del estanque (4) y de los Qanats. El aire se distribuye en el espacio a través del frente del escenario y los peldaños de las gradas. La forma del espacio y su nivel de confinamiento hace posible la creación de un lago de aire a baja temperatura en la zona donde se encuentran los ocupantes. Las condiciones de confort son de 27°C en aire y 27°C en la cobertura. Los caudales de aire exterior se han calculado mediante técnicas CFD, estimándose 5 renovaciones hora a 37°C de temperatura de aire exterior y de 8 renovaciones hora a 22°C de temperatura de aire a introducir en el espacio para garantizar el acondicionamiento.



Criterios	Técnicas e específicas		
Reducción de la radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura artificial opaca (1) 	<ul style="list-style-type: none"> Barreras vegetales en lado este (2) 	<ul style="list-style-type: none"> Barreras de lamas en lado oeste (3)
Reducción de la temperatura superficial	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura con parte inferior incorporando paneles radiantes que mantienen la temperatura superficial por debajo de los 24°C en el día tipo (4). 		
Reducción de la temperatura del aire	<ul style="list-style-type: none"> Confinamiento por depresión asistido por las barreras 	<ul style="list-style-type: none"> Pre-enfriamiento del aire que penetra a través de la barrera 	<ul style="list-style-type: none"> Impulsión de aire frío producido por medios naturales.

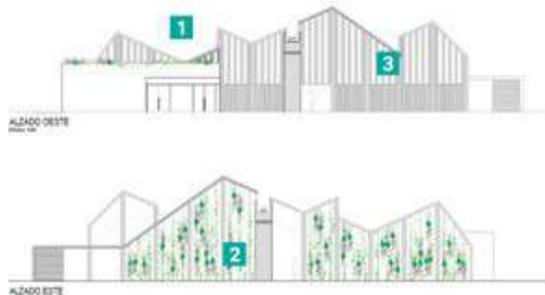


Fig. 3 Zoco: técnicas de acondicionamiento. Fuente:Propia

En el zoco, el aire se enfría usando el agua de los Qanats. La forma del espacio y su nivel de confinamiento hace posible la creación de un lago de aire, con una entrada de aire exterior reducida y una impulsión de aire fresco considerable. Las condiciones de confort consideradas en diseño son de 27°C en aire y 24°C en cobertura. Los caudales de aire exterior se han calculado mediante técnicas CFD en 9 renovaciones hora a 37°C y en 7 renovaciones hora preenfriadas mediante las barreras a 28°C. Estos caudales de aire se mezclan en la zona acondicionada con 21 renovaciones hora procedentes de los conductos enterrados a 25°C y 11 renovaciones hora a 24°C mediante conductos sumergidos. Asimismo, la cubierta del zoco opera como elemento radiante mediante un intercambiador de tubos embebidos en unas placas de cemento. Estos son los parámetros de operación que permiten conseguir las condiciones de confort requeridas.

3 SISTEMA NATURAL DE ACONDICIONAMIENTO

Para el diseño de la solución final, han sido experimentadas y simuladas multitud de soluciones en base a un catálogo de tecnologías contempladas. Como resultado óptimo, se obtiene el esquema de principios que muestra la Figura 5.

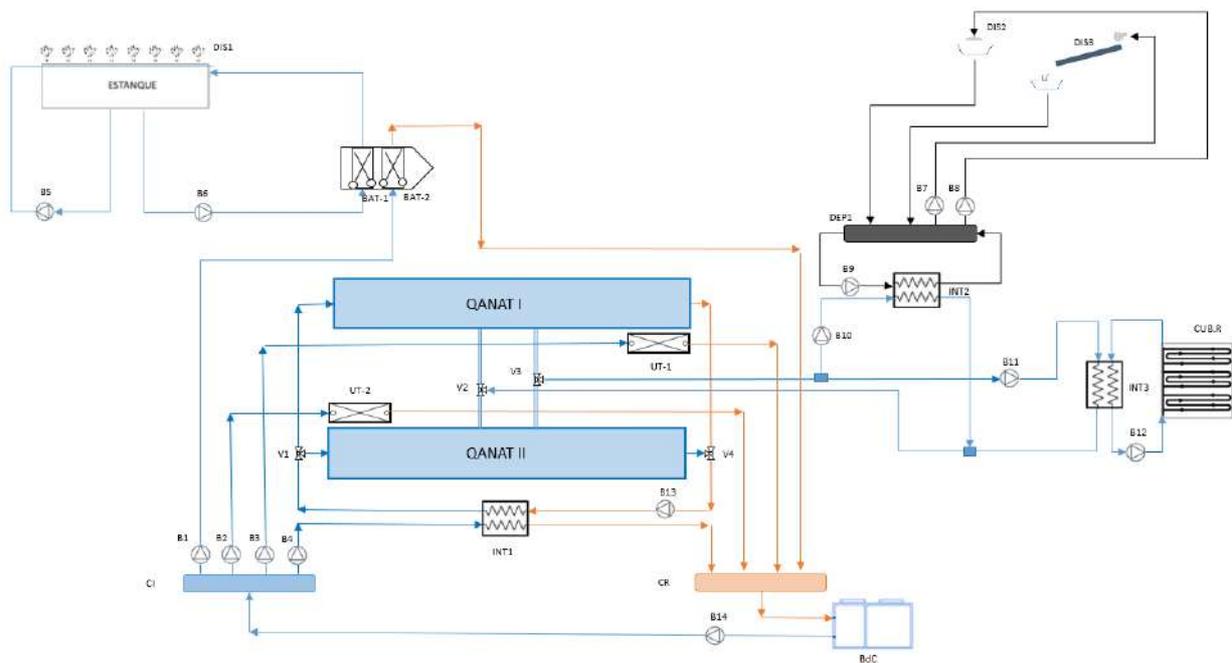


Fig. 5 Esquema hidráulico CartujaQanat. Fuente: Propia

Los modos de funcionamiento de los que consta la instalación para el acondicionamiento natural de las estancias son:

- **Modo 1.** Enfriamiento nocturno del agua de los Qanats: El proyecto CartujaQanat destaca por el uso de disipación térmica natural, gracias al uso de sumideros de calor medioambientales. Para ello, se dispone de dos sistemas de disipación, uno colocado sobre el acueducto, el cual lo conforman numerosas boquillas colocadas a lo largo del mismo encargadas de enfriar el agua mediante el efecto evaporativo. Por otro lado, se dispone de un sistema dual e innovador como el falling film sobre paneles fotovoltaicos, encargados de producir la energía eléctrica de la instalación durante el día, el cual consiste en lanzar el agua sobre la superficie de estos obteniéndose un gran enfriamiento evaporativo-radiante mediante el uso del cielo como sumidero de calor.

- **Modo 2.** Conductos enterrados: El nuevo concepto de Qanat integra unos conductos enterrados especialmente diseñados para el enfriamiento de aire durante el día. El terreno de los conductos es regenerado durante la noche mediante el modo 5. El aire de los conductos enterrados es impulsado de manera estratégica al zoco. En el caso de que el enfriamiento no fuese suficiente se dispone de una unidad terminal alimentada por agua de los Qanats (modo 6).
- **Modo 3.** Conductos sumergidos: El volumen de acumulación de los Qanats dispone de 4 conductos sumergidos a dos niveles de profundidad. El aire introducido por los conductos superiores circula de izquierda a derecha, mientras que por los inferiores lo hace de derecha a izquierda. Con esto se consigue una mejor distribución del aire impulsado en el espacio acondicionado.
- **Modo 4.** Cubierta radiante: Instalada en el zoco, tiene como objetivo mantener la temperatura de la cubierta prácticamente constante sobre los 26-27° C que garantiza de esta forma el confort térmico de los asistentes.
- **Modo 5.** Regeneración de los conductos enterrados: El aire proveniente del exterior durante la noche está a menor temperatura que el terreno por lo que su recorrido a través de los conductos el terreno le cede calor, enfriándose este. Si la temperatura del exterior no es lo suficientemente baja como para enfriar el terreno, se dispone de un sistema regenerativo por Qanat el cuál realiza un preenfriamiento evaporativo del aire a introducir.
- **Modo 6.** Enfriamiento terminal: A la salida de los conductos enterrados se dispone de una batería alimentada por agua de los Qanats.
- **Modo 7.** UTA anfiteatro: El acondicionamiento del anfiteatro viene dado por la impulsión de aire enfriado a través de la unidad de tratamiento de aire. Las baterías reciben el agua del estanque enfriado mediante el modo 8, enfriando el aire a su paso y distribuido en el anfiteatro de forma uniforme desde el frontal.
- **Modo 8.** Sistema de disipación estanque: El sistema de disipación del estanque consta de un conjunto de boquillas sobre la superficie del mismo a una cierta altura, las cuales impulsan el agua a alta presión consiguiéndose de esta forma la evaporación de parte de la gota y por tanto, el enfriamiento del agua del estanque.

A nivel tecnologías destacan los qanats. La reinterpretación del Qanat realizada para este proyecto como elemento de almacenamiento de agua fría y producción de aire frío. Los Qanats utilizados tienen 40m de longitud y se aíslan térmicamente del exterior usando rellenos de baja conductividad y un tratamiento con vegetación de la superficie. 140 m³ de agua (70m³ por Qanat) se enfrían cada noche de forma natural desde 25°C a 19°C. Esta agua se usa para: enfriar 48600 m³/h de aire usando conductos enterrados y sumergidos (modo 2 y 3); y enfriar la superficie inferior del zoco usando paneles radiantes no inerciales de alta densidad tipo Thermatop modo 4).

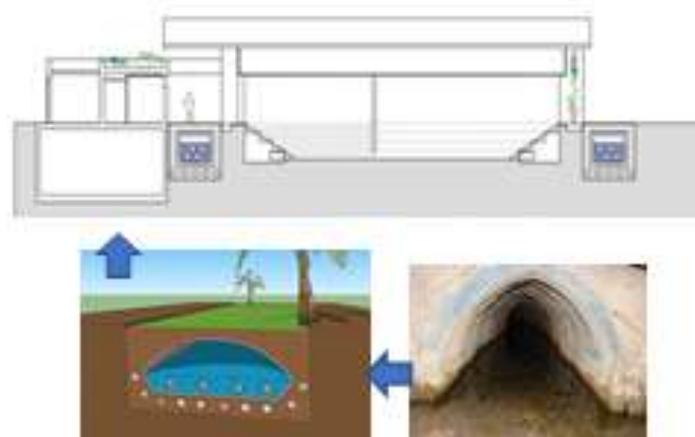


Fig. 6 Esquema hidráulico CartujaQanat. Fuente:Propia

4 CONCLUSIONES

El elemento más destacado del trabajo es la viabilidad de diseñar espacios abiertos acondicionados de manera natural con un control inteligente. Estos espacios, además de ser dinamizadores sociales que rehabilitan el espacio, se convierten en estructuras productoras de energía eléctrica. Es por ello que se considera una pieza fundamental que las entidades públicas trabajen en esta línea para una re-urbanización ambiciosa. El proyecto genera un proceso de rediseño de los espacios urbanos como intersección de innovaciones sociales, culturales y digitales, que se combinan con elementos innovadores basados en la naturaleza para proporcionar un nuevo paradigma de como regenerar las ciudades. En este marco, ecologizar y renovar los espacios públicos abiertos es una de las soluciones más fáciles y efectivas para construir ciudades sostenibles, resilientes, saludables y felices al mismo tiempo

Finalmente, esta experiencia innovadora se encuentra en la actualidad en construcción. Su licitación y ejecución han sido minuciosamente estudiados y simulados bajo el marco de diferentes actividades de investigación. Este trabajo ha permitido la combinación de tecnologías como Qanats, conductos enterrados, conductos sumergidos, soluciones radiantes, enfriamiento de agua mediante el cielo y su evaporación, y enfriamiento de aire. El conocimiento generado mediante este trabajo será objeto de replicabilidad en una herramienta pública.

5 REFERENCIAS

- [1] Guerra Macho J, Cejudo López JM, Molina Félix JL, Álvarez Domínguez S, Velázquez Vila R. Control climático en espacios abiertos: Evaluación del proyecto EXPO'92, Sevilla. Sevilla, Spain: 1994.
- [2] Velazquez R, Alvarez S, Guerra J [Seville U (Spain)]. Climatic control of outdoor spaces in EXPO 92 1992.
- [3] Alvarez S, Maestre IR, Velazquez R. Design methodology and cooling potential of the environmental heat sinks. *Int J Sol Energy* 1997;19:179–97. doi:10.1080/01425919708914336.

- [4] Guerrero Delgado McC, Sánchez Ramos J, Pavón Moreno McC, Tenorio Ríos JA, Álvarez Domínguez S. Experimental analysis of atmospheric heat sinks as heat dissipators. Energy Convers Manag 2020;207:112550. doi:10.1016/j.enconman.2020.112550.

Financiación: Esta investigación ha sido co-financiada por el proyecto europeo "CartujaQanat. Recovering the Street Life in a Climate Changing World (Grant agreement UIA03-301) bajo el soporte del Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER.

Agradecimientos: Al equipo técnico de EMASESA sin los cuáles no hubiese sido posible alcanzar el nivel de desarrollo tecnológico de los diseños y obras realizados.

BLOQUE 2. RETOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS
EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA,
ENERGÍAS RENOVABLES, INDUSTRIALIZACIÓN Y
RESILIENCIA EN LA VIVIENDA SOCIAL

Sesión 1. La vivienda social de consumo casi nulo. De reto a realidad

De los edificios de energía casi nula a los edificios centrados en las personas: evolución natural del reto

Carmen Devesa Fernández

Clúster de Hábitat Eficiente (AEICE). cdevesa@aeice.org

1 INTRODUCCIÓN: DESIGUALDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO. DOS RETOS LIGADOS. UN DESAFÍO GLOBAL

Seguramente, los dos mayores retos a los que se enfrenta la humanidad son el cambio climático y la desigualdad. Y, además, ambos retos están íntimamente relacionados, ya que son las personas desfavorecidas y en riesgo de exclusión social quienes son más vulnerables y sufrirán las peores consecuencias del cambio climático. Además, en ambos retos se centran una buena parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas: 13, acción por el clima; 11, ciudades y comunidades sostenibles; 7, energía asequible y no contaminante; 1, fin de la pobreza; 10, reducción de las desigualdades.

Estos desafíos tienen una dimensión mundial o "macro": el África subsahariana, América Latina y el Caribe, y Asia Meridional son las regiones del planeta más vulnerables ante el cambio climático. También una dimensión doméstica o "micro": los barrios más desfavorecidos, dentro de nuestras ciudades y pueblos.

No es tanto que los hogares más desfavorecidos, como los países más pobres, estén más expuestos al cambio climático (que, en algunos casos, así es), sino que más bien son los menos resilientes; esa palabra de moda, casi manida, pero perfectamente descriptiva de una realidad o necesidad: la de adaptarse y recuperarse de los cada vez más frecuentes fenómenos climáticos extremos, olas de calor y de frío, lluvias torrenciales, incendios devastadores, etc. Y son los países y los hogares más pobres los que tienen menos capacidad de recuperarse tras estas catástrofes naturales.

2 LA NECESARIA ATENCIÓN AL RETO DESDE EL SECTOR HÁBITAT: LA VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE Y SALUDABLE

Una de las respuestas obligadas **desde el sector del hábitat** es clara y da título a este bloque: **vivienda social de energía casi nula**:

- Social, para combatir la desigualdad.
- De energía casi nula, tal como define a este tipo de edificios la correspondiente Directiva de Eficiencia Energética, para combatir el cambio climático.

A partir de aquí, surgen varias reflexiones, que no solo implican abordar las dos lecturas citadas, sino hacerlo desde un cambio de perspectiva, que implica la superación de la visión tradicional y de los estándares mínimos.

Resulta imprescindible ampliar el foco desde el consumo de energía a la sostenibilidad, porque el desempeño energético no es el único aspecto ambiental asociado a la construcción, y junto al cambio climático hay otros retos ambientales íntimamente ligados como son el agotamiento de los recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad.

Pero si hablamos de sostenibilidad, debemos volver a ampliar el alcance y considerar su triple dimensión: sostenibilidad ambiental, social y económica.

Por tanto, sería mucho más correcto hablar de la vivienda social sostenible como respuesta a los grandes retos:

- Sostenible desde un punto de vista ambiental y no solo energético: que preserve los ecosistemas y la biodiversidad y que adopte un modelo productivo circular, en vez de lineal, que no comprometa los recursos de las generaciones futuras ni ponga en peligro la salud del planeta, y por extensión la nuestra.
- Sostenible desde un punto de vista social: que garantice la cohesión de la población y el adecuado desarrollo de la persona en todas sus facetas y actividades en un sentido amplio e integral.
- Sostenible desde un punto de vista económico, de manera que la sostenibilidad ambiental y social sean rentables.

Las ciudades del futuro serán, necesariamente, sostenibles para poder afrontar enormes retos como el citado cambio climático, el agotamiento de los recursos o el empobrecimiento de la biodiversidad. Pero, sobre todo, serán sostenibles porque el medio ambiente impacta directamente en la salud de las personas, y por tanto su deterioro nos pone en peligro.

Cómo impacta el medio ambiente en la salud:

- Vivimos en entornos contruidos; el 90% del tiempo lo pasamos dentro de edificios.
- Los elementos que constituyen esos entornos influyen en nuestra salud, entendida no como ausencia de enfermedad o dolencia, sino como un estado de completo bienestar físico, mental y social.
- Nos impactan la iluminación, la acústica, la calidad del aire y las condiciones higrotérmicas, la calidad del agua, los materiales, el electroclima, la biofilia y la ergonomía, movilidad y accesibilidad (o, si vamos un poco más allá, la conectividad o la "interactuación" que se incluye en el título del reto: acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, personas, agentes, fuerzas, funciones, etc.). Se trata de elementos cuya influencia desgranar trabajos como la publicación *Edificios y salud* de AEICE, CGATE y GBCe, desarrollada de forma conjunta por más de 70 expertos, y clarificadores respecto a las interrelaciones de unos y otros factores.

Existe amplio desarrollo de normativa, más o menos exigente, que trata de evitar el daño físico: la enfermedad o dolencia física, pero no necesariamente se tiene en consideración ese concepto global de bienestar, que incluye también lo mental y lo social.

En consecuencia, resulta imprescindible diseñar y construir entornos (edificios, espacios públicos) que vayan más allá de la normativa, que cuiden del bienestar total de las personas.

Y para hacerlo hay tres claves:

- Pasar de la tradicional visión patogénica de los edificios y entornos a la salutogénica; es decir, concebir los entornos contruidos como entes con capacidad y recursos para promover la salud de forma positiva y activa.
- Cambiar el discurso de la rentabilidad económica, porque lo cierto es que los edificios y entornos saludables son rentables: porque se reducen los gastos sanitarios, las bajas por

enfermedad, aumenta la productividad y el rendimiento académico, y además, se revalorizan los bienes inmuebles, los barrios, y las ciudades.

- Dialogar y colaborar entre disciplinas y sectores, pero de forma real y práctica.

2.1 EL ENFOQUE MULTIESCALAR Y MULTIDISCIPLINAR COMO CLAVE PARA UNA RESPUESTA EFICAZ

Debemos considerar o aplicar las citadas claves con una visión multiescalar: territorio, ciudad, barrio, edificio, vivienda para llegar a soluciones verdaderamente efectivas, e incluir en la respuesta a la llamada “triple hélice”: industria, academia y gobierno, que interactúan y colaboran en su misión de fomentar el desarrollo socioeconómico, desde una perspectiva transdisciplinar.

Esta triple hélice es exactamente lo que representamos los clústeres: asociaciones o agrupaciones en las que las empresas, las entidades del conocimiento (universidades, centros tecnológicos) y las administraciones públicas y responsables políticos compartimos una visión: afrontar los retos de la sociedad, y, por ende, del sector, desde la innovación colaborativa. Ése es nuestro ADN: la innovación y la colaboración de toda la cadena de valor del hábitat, desde los recursos endógenos hasta el fin de vida de los entornos construidos, incluyendo diseño, construcción, mantenimiento, y deconstrucción y *upcycling*.

Y desde esa visión, en AEICE, clúster de Hábitat Eficiente de Castilla y León, hace tiempo que dimos el salto de los “entornos construidos sostenibles” a los “entornos centrados en las personas”. Por un lado, a través del trabajo transdisciplinar de innovación colaborativa, que nos ha permitido profundizar en una y otra cuestión, avanzando desde un primer análisis de las necesidades, claves y potencialidades de los EECN, a los citados ECP y las rentabilidades más allá de lo económico que llevan aparejadas⁴. Por otro lado, a través de un foro de debate intersectorial: de hábitat, salud y cuidados, que posibilita salvar la brecha entre disciplinas para llegar a lecturas cohesivas y más eficaces, como el Congreso Life Hábitat de Ingeniería, Arquitectura, Salud y bienestar, que fue pionero al abordar la temática de forma interdisciplinar en su primera edición de 2020, paradójicamente a escasas semanas del inicio del confinamiento, y que en 2022 celebrará su segunda edición presencial, ampliando el debate al contexto de las ciudades medias y los núcleos rurales.

2.2 LA VIVIENDA PROTEGIDA EN RÉGIMEN DE ALQUILER COMO OPORTUNIDAD

Hemos expuesto tres claves y una herramienta para afrontar el doble reto, pero además existe una oportunidad clave para atajarlo que no sólo reside en un contexto que nos obliga a actuar, sino en un cambio de perspectiva en lo referente a la oferta de la vivienda protegida en España. Frente al tradicional enfoque de atención prioritaria a la vivienda protegida de compraventa, y con interés preferente en muchos casos por otro tipo de políticas sociales, el Anteproyecto de Ley por el Derecho a la Vivienda plantea entre sus medidas e instrumentos el “impulso de la vivienda protegida en alquiler a precio limitado”.

Esta segunda modalidad abre una vía esencial para trabajar con mayor efectividad sobre el doble desafío al que venimos apuntando: frente al parque protegido de compraventa, que implica que la

⁴ Ambas líneas han sido objeto también de distintas publicaciones a disposición pública en <https://www.aeice.org/repositorio/>.

vivienda ofrecida en condiciones ventajosas no vuelve a estar disponible en esos mismos términos para ayudar a nuevos ciudadanos aunque la persona o familia beneficiaria pasados unos años ya no esté en situación de vulnerabilidad, la vivienda social en régimen de alquiler estaría de nuevo disponible. Ello permitiría no solo la adecuación en términos de sostenibilidad y de atención a la persona desde la fase de construcción, sino reacondicionarla en caso de ser necesario más adelante (eficiencia energética, optimización en términos de accesibilidad con medidas no previsibles en la actualidad, etcétera).

Los mecanismos para hacer de ello una vertiente eficaz introducen indudables complejidades que requieren una valoración integral de riesgo/beneficio, pero no deben llevar a obviar la oportunidad que esta nueva vía representa.

3 CONCLUSIÓN: CUIDADO DEL MEDIOAMBIENTE Y DE LAS PERSONAS COMO FIN, INNOVACIÓN COLABORATIVA COMO MEDIO. VIEJOS-NUEVOS EJES DE LA VIVIENDA SOCIAL

En consecuencia, la clave para atajar el doble reto desde la vivienda social no reside -o no solo- en la puesta a disposición de una multiplicidad de parques inmobiliarios de esta naturaleza, que se han demostrado en muchas ocasiones limitados tanto en lo referente al propio planteamiento de la oferta como en su capacidad para dar respuesta ante contextos como el que representa la pobreza energética. También en apostar por nuevos enfoques y mecanismos capaces de atajar las dificultades reales que semejante desafío comporta. Al derecho a la vivienda como prioridad deben sumarse por la imprescindible atención desde el diseño a la salud de sus ocupantes, y la puesta en marcha de planteamientos que permitan la eficiencia en términos energéticos en un momento en que ésta se plantea como realidad ineludible, pero también la sostenibilidad económica y social. La vivienda protegida en régimen de alquiler representa por ello una oportunidad a valorar.

Y, para lograrlo, es fundamental el enfoque interdisciplinar. Si se consigue llegar a tales soluciones, pero desde los sobrecostes y los sobreesfuerzos, no tendremos más que una solución sobre el papel y de corto recorrido a efectos prácticos. Resulta imprescindible por tanto desarrollar planteamientos basados en una coherencia que sólo puede alcanzarse desde la suma de conocimientos, llegando a rentabilidades tanto en lo económico (en algunos casos de medio o largo plazo), como inmediatas en lo que concierne a aspectos como el bienestar.

La Comunidad Habitacional

Cierto Estudio

1 INTRODUCCIÓN

“La comunidad habitacional” es la propuesta, que junto a Franc Llonch, presentamos para el Concurso “Illa Glories”.

2 CONCURSO

Este fue un concurso internacional en el que se otorgaban cuatro premios. Con cerca de 100 propuestas presentadas, conseguimos pasar a la segunda ronda y ya en la fase final, ganar el primer premio. La segunda, tercera y cuarta posición también obtuvieron la adjudicación de desarrollar los otros tres bloques que definimos en nuestra propuesta urbana de 4 bloques. No quiero dejar de nombrarles, porque estamos convencidas que gran parte de los éxitos conseguidos en este proyecto son gracias al trabajo de todos y cada uno de los cuatro equipos. Ellos son el equipo formado por Haz Arquitectes, Bayona Valero, Cantallops Vicente y Ensenyat Tarrida, el tándem formado por Pau Vidal y Estudio Vivas Arquitectos y el estudio sevillano SV60 Arquitectos.

3 DEL ESPACIO COLECTIVO AL ESPACIO DOMESTICO

Creemos en la vivienda colectiva y por eso apostamos por una estrategia de accesos a las viviendas que fomenten el sentimiento de comunidad. Estos pasos dan acceso a los dos patios de manzana que son compartidos por las cuatro unidades de proyecto, ello promueve la relación entre las diferentes comunidades, que a través de los patios comparten espacios de ocio equipados con bancos, juegos infantiles y estacionamiento de bicicletas. La relación vecinal se fomenta a través de las generosas pasarelas que conectan todas las plantas y todos los bloques y culminan en las cubiertas comunitarias, estas se han dotado también de vegetación, espacio de ocio además de apoyo a tareas como es tender la ropa.

El espacio de las pasarelas, a caballo entre la comunidad y el entorno doméstico, tiene unas dimensiones generosas y está orientado a sur para fomentar su uso. Su condición de balcón colectivo lo convierte en un lugar seguro pero a su vez respeta la intimidad de las viviendas gracias a los vacíos que evitan el acercamiento a la fachada interior. Lejos de plantear un recorrido lineal, la pasarela se dilata en el acceso a las viviendas, allí la cocina sale a su encuentro, denotando la importancia de lo doméstico en la comunidad. A partir de ahora, este espacio exterior también forma parte del hogar, es un lugar donde salir a charlar, leer, comer o sencillamente relajarse. ¡La conquista del espacio común!

4 AGREGACIÓN DINÁMICA

En pro a acoger distintas maneras de vivir y dar respuesta a las necesidades cambiantes de los habitantes, se diseña un sistema de agregación de la vivienda dinámico. Nuestra propuesta plantea un tablero neutral de habitaciones donde, conceptualmente, los límites de cada piso no están preestablecidos, ello permite que distintas configuraciones sean posibles. Gracias a la duplicidad de accesos y al esquema de suma de habitaciones, cada planta del edificio podría tener una

conFiguración distinta. Por tanto, las tipologías no están cerradas, y la simple acción de abrir o cerrar una puerta genera una nueva tipología.

5 ILLA GLÒRIES, UNA MANZANA SOSTENIBLE

El proyecto ataca cuatro aspectos principales: la eficiencia energética, el ciclo del agua, el ciclo de vida de los materiales y la salubridad del edificio.

Para ello hemos contado con la colaboración y asesoramiento de Societat Orgànica. Hemos implementado un sistema de climatización centralizado por bloques basado en la aerotermia con soporte de energía solar. Además, se asegurará el máximo aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor en invierno. A su vez, se han asegurado todos los sistemas pasivos, como ventilación cruzada, protección solar, patios con vegetación que reducirán el efecto "illa de calor". 60 % de la mancha del edificio será verde. En cuanto a la estructura, construiremos el edificio en madera, por lo que reduciremos al máximo la huella ecológica del bloque, pesará menos, por lo que necesitaremos menos volumen de hormigón en la cimentación.

Para terminar, quiero decir que estamos a punto de iniciar la obra, prevista para enero 2022. Ha sido un proyecto complejo, en el que hemos aprendido disfrutado y sufrido a partes iguales. Creemos que el resultado será modélico y referente porque ha sido una promoción diseñada a cuatro manos, por la aplicación de soluciones sostenibles de referente y por la incorporación de la perspectiva de género en el diseño arquitectónico desde el inicio. Nosotras como proyectistas, tenemos la voluntad de generar calidad arquitectónica, por supuesto priorizar el confort de nuestros habitantes y ofrecer armonía estética del conjunto a la ciudad.

Carabanchel 34: las primeras 25 viviendas públicas de la EMVS de Madrid bajo el estándar Passivhaus

Miguel Díaz Martín, César Ruiz-Larrea, Antonio Gómez, Gorka Álvarez.

Estudio Ruiz Larrea & Asociados

Resumen

Carabanchel 34 es el primer proyecto de vivienda pública promovido por la de la Empresa Municipal de la Vivienda Suelo de Madrid (EMVS), construido bajo el estándar PASSIVHAUS, lo que hace que se trate de un edificio de consumo casi nulo (ECCN), con una reducción de la demanda y el consumo energético de casi un 60%. Este certificado es el más exigente del mercado en materia de eficiencia energética y confort.

Palabras claves: sostenibilidad, Passivhaus, eficiencia energética, puentes térmicos, hermeticidad.

1 DATOS GENERALES DE PROYECTO

Promotor	Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS).
Proyecto y dirección de obra	Ruiz-Larrea & Asociados S.L. (César Ruiz-Larrea Cangas, Antonio Gómez Gutiérrez, Gorka Álvarez Ugalde, Miguel Díaz Martín).
Emplazamiento:	Avda. del Euro 49. Ensanche de Carabanchel. Madrid.
Uso característico edificio	Residencial Colectivo
Nº de viviendas	25 (5/1D, 15/2D, 5/3D)
Zona Climática	Zona D3 (Madrid)
Obra Nueva / Rehabilitación	Obra Nueva
Superficie Total Construida	2947,57 m ² (2606,02 m ² s/r y 341,55 m ² b/r)
Fase del Proyecto:	Construcción finalizada septiembre de 2019
Otros:	Vivienda social en régimen de alquiler VPPA

2 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 ANTECEDENTES

El edificio forma parte del conjunto edificatorio "Carabanchel 34" conformado por 50 viviendas y aparcamiento semi-automático desarrollado en 2 fases y proyectado por el equipo de arquitectura Ruiz-Larrea & Asociados S.L. El proyecto inicial fue fruto de un concurso público convocado por la EMVS bajo el nombre de Manubuild, con el objetivo de apostar por conseguir el máximo soleamiento en los espacios estanciales de día de las viviendas, conFigurando el edificio de una manera industrializada mediante la seriación y la repetición.

En la primera fase, "Carabanchel 34 Fase I", se desarrolla bajo sistemas industrializados de construcción y buscando la máxima eficiencia energética. Así se construye el primer bloque de 25 viviendas, además del bajo rasante completa para albergar el aparcamiento semiautomático.

En la segunda fase "Carabanchel 34 Fase II", objeto de este concurso, se desarrollan las restantes 25 viviendas en un nuevo bloque sobre la estructura existente.

2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El programa de necesidades planteado es un edificio residencial multifamiliar de 25 viviendas de 1, 2 y 3 dormitorios y zonas comunes. Las viviendas del bloque se diseñan con criterios bioclimáticos y de sostenibilidad, organizándose en torno al núcleo de comunicación vertical (escalera y ascensor de cabina accesible), que da acceso a un corredor de distribución orientado a norte, lo que permite hacer que todas las viviendas sean pasantes con doble orientación norte-sur.

Las viviendas de 1 dormitorio disponen de zona de día formada por cocina, tendedero y comedor, y la zona de noche que la integran un baño y un dormitorio. Las de 2 dormitorios tienen una zona de día formada por cocina, tendedero y dos espacios de estar-comedor y la zona de noche que la integran un baño y dos dormitorios. Por último, las viviendas de 3 dormitorios disponen de zona de día formada por cocina, tendedero y estar-comedor y la zona de noche que la integran un dormitorio principal con baño incorporado, dos dormitorios y un baño.

Los huecos de las estancias están formados por huecos de composición vertical en su orientación sur incluyendo elementos de protección solar y huecos de composición horizontal en su orientación norte más los accesos a los tendederos. Las plazas de garaje provienen de la construcción de la Fase I por lo que ya existen en el sótano dos del aparcamiento semiautomático robotizado.

3. MEMORIA CONSTRUCTIVA

Dentro de los objetivos planteados como filosofía de proyecto, se identifica el uso de energías más limpias y ahorros energéticos y, en aras de asegurar la funcionalidad, seguridad y habitabilidad de los edificios, se han planteado soluciones constructivas sostenibles y ecoeficientes para promover la reducción del consumo energético y la pérdida de energía de la vivienda dentro de los parámetros marcados por el estándar Passivhaus. Además, se han tenido en cuenta criterios de ecoconstrucción para que los materiales empleados dispusieran de DAP: la calidad del ambiente y del aire interior en los acabados libres de COV y diseñados para que la temperatura interior de los cerramientos esté por encima de 17°C y en la gestión y reutilización del agua mediante el uso de equipos de alta eficiencia hídrica.

3.1 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO Y SISTEMA ESTRUCTURAL

El edificio se apoya sobre la estructura existente del proyecto de "Carabanchel 34 Fase I", que se ejecutó hasta la planta baja, y se calculó para el levantamiento en la Fase II. Así estaba construido el sótano -2, (aparcamiento), el sótano-1 (cuartos técnicos y soportal), y la planta baja con las esperas de arranque de los pilares del edificio objeto.

Los elementos portantes verticales están constituidos por pilares de hormigón armado, y en la fachada norte con una estructura de acero compuesta por un emparrillado metálico de pilares y

vigas mediante perfiles laminados de tipo HEB-300, cuyos elementos colaboran como elementos portantes de la estructura del edificio. Los forjados son bidireccionales de hormigón con casetones perdidos de hormigón aligerado, con un canto de 25+5 cm y un nervio de 12,5 cm con un intereje de 82,5 cm. En el torreón de la cubierta hay una losa de hormigón de 20 cm.

3.2 SISTEMAS DE ENVOLVENTES Y ACABADOS

3.2.1 Envoltente térmica

- Sistema de cubierta: sistema tradicional acabado en grava. Aislamiento térmico de XPS con borde mecanizado a media madera, con un $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$, y formado por 2 planchas contrapeadas de espesor de 100 y 80 mm. $U_{cubierta} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Sistema de fachada: soporte base formado por fábrica de ladrillo de $\frac{1}{2}$ pie con acabado enfoscado exterior $e = 15\text{mm}$, guarnecido interior de yeso $e = 15\text{-}20\text{mm}$, y trasdosado de cartón yeso 46/400/15 relleno con aislamiento térmico de lana roca $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$. Sobre este soporte base se realiza un tipo de fachada que varía según la orientación del edificio.
 - a. Sistema SATE (orientación norte y medianerías): fachadas tipo SATE de distintos espesores, que tienen un $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ con fijaciones de ruptura de puente térmico tipo Ejothem H2 con un $\lambda = 0,001 \text{ W/k}$. Fachada medianera y galería interior: $e = 120 \text{ mm}$ con una $U_{SATE} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Fachada interior en zona de escalera: $e = 100 \text{ mm}$ con una $U_{SATE} = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$.
 - b. Sistema fachada ventilada (orientación sur): acabado en panel metálico de chapa minionda sobre subestructura metálica con rotura de puente térmico mediante la colocación de fundas térmicas de espuma de PP de célula cerrada de $e = 10\text{mm}$ en las fijaciones y anclajes de sustentación. Lámina de viento de poliéster no tejido, impermeable, transpirable al vapor de agua y estanco al aire para garantizar la eficacia del aislamiento térmico con juntas. Aislamiento con panel único de doble densidad con un $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$ con fijaciones de ruptura de puente térmico Ejothem H2 con un $\lambda = 0,001 \text{ W/k}$. Fachada sur: $e = 100 \text{ mm}$ con una $U_{vent} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Carpinterías exteriores: carpintería certificada Passivhaus para clima templado con una transmitancia del conjunto del hueco de carpintería-vidrio para obtener unos valores de $U_w = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$. El marco es un sistema de carpintería de PVC de (triple junta) con una $U_f = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Acristalamiento de vidrio triple con cámara con valores de $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, con distanciador de vidrio de plástico y con ruptura de puente térmico. En la orientación norte la composición es de 4/12/4/12/4 relleno de argón 90% con un valor de $g = 0,53$, y en la orientación sur 3.3./12/4/12/3.3 relleno de argón 90% con un valor de $g = 0,49$. Todos los vidrios tendrán bajo emisivo y control solar en función de la orientación. La puerta de acceso se realiza con el mismo tipo de perfil para obtener unos valores de $U_p = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ y además garantizar la estanqueidad de la envolvente. Se opta por soluciones de carpintería de PVC-U de triple cámara con refuerzo de acero cincado, juntas EPDM y panel térmico tipo Cosmotherm de 28 mm y $U_p = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ o vidrio de doble cámara 3+3/12/4/12/3+3 con una $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, bajo emisivo y acabado satinado.
- Protección solar de huecos: sistema motorizado de cortinas enrollables en cajón con accionamiento eléctrico con guiado de cremallera lateral resistente al viento. En la

orientación sur el tejido es de tipo blackout trend light blanco: transmisión 76% / absorción 12% G tot 0,02 / opacidad 100 en color RAL 9010; y en la orientación norte es de tipo trend light antracita: transmisión 7% / absorción 93% G tot 0,05 / opacidad 100 en color RAL Antracita 7016.

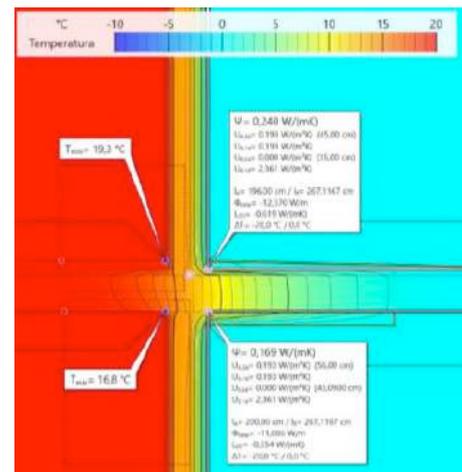
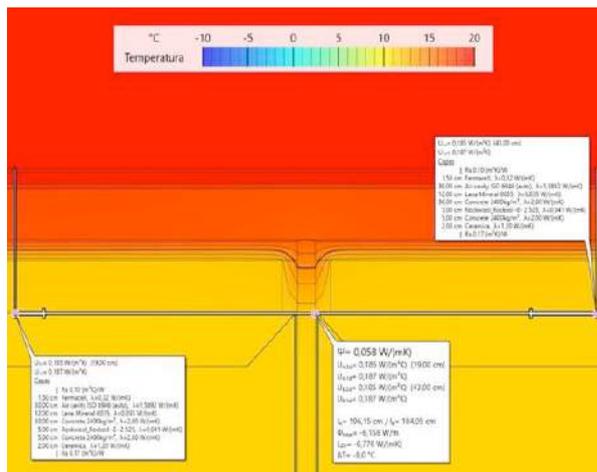
3.2.2 Hermeticidad

El sistema constructivo realizado con fábrica de ladrillo y hormigón, define la línea de hermeticidad del edificio, con una capa de yeso $e=15-20$ mm, en el trasdós de la fábrica de ladrillo. Por ello, se han implementado sistemas de sellado con cintas de estanqueidad con adhesivos (de alto rendimiento sin disolvente, ni COV ni sustancias de elevado punto de ebullición plastificante, ni cloro y ni formaldehído) para los sistemas de carpintería-marco interior, carpintería-marco exterior, soporte-marco interior y yeso forjado de hormigón; y membranas líquidas herméticas para los sistemas de sellado de pasos de instalaciones.

3.2.3 Puentes térmicos

Tratamiento los puentes térmicos del edificio de acuerdo a las condiciones establecidas en los criterios de confort y salubridad de los edificios pasivos para mantener una diferencia de temperatura entre ambiente interior y superficie interior de la ventana $\leq 4,2$ K y una temperatura superficial mínima de 17°C .

Pasarelas exteriores: forjado superior exterior de XPS con un $e= 50$ mm y forjado inferior exterior de lana de roca con un $e= 120$ mm en cara inferior en una franja de 130 cm. B) Pilares de planta baja-primera: lana de roca en una franja vertical de 600 mm y un $e= 120$ mm. C) Muros de planta baja-primera: lana de roca a 2 caras en una franja vertical de 450 mm y un $e= 120\text{mm}$. D) Fachada ventilada: fundas térmicas en anclajes y cara superior de forjado de XPS de un $e= 50\text{mm}$, e inferior en franjas de 500 mm y un $e= 120$ mm. E) Insuflación de aislante térmico en patinillos técnicos de bajantes.



3.3 SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO Y ACABADOS

Como consecuencia de la aplicación del standard PASSIVHAUS en las viviendas, se produce una reducción de la demanda sustancialmente en casi un 60% sobre un edificio que cumple únicamente con las prestaciones del CTE.

3.3.1 Refrigeración y acabados

Sistema de aire acondicionado frío-calor de alta eficiencia energética compuesto por la instalación de una unidad exterior ubicada en cubierta y una unidad interior tipo Split en el salón de las viviendas con una capacidad de 3,5 kW de potencia en frío y 3,7 kW de potencia en calor. El control de la temperatura se realiza mediante un termostato ubicado en la estancia principal. Este sistema aporta un alto nivel de confort con un nivel sonoro mínimo, evitando el impacto estético de los equipos de aire acondicionado. En calefacción el PHI aconseja disponer de un suministro auxiliar de calefacción, y se instala en los baños un radiador toallero eléctrico con una potencia de 750 W.

3.3.2 Ventilación

Ventilación de confort con recuperación de calor de alta eficiencia con equipos individuales por vivienda en colocación vertical, integrado en el mobiliario de cocina, con un rango de caudal entre 90-145 m³/h con filtros F7 en admisión y G8 en retorno de equipo, obteniendo aire fresco para favorecer el bienestar, maximizar el confort, el ahorro energético y la ausencia de moho y bacterias. Equipos con certificado de componente Passivhaus, con un recuperador de calor de una eficiencia 82% (>75%), consumo eléctrico de 0,27 Wh/m³ y unas fugas de 1,05 % (<3%). Red de conducto de admisión y expulsión de aire realizado con tubo de polipropileno extruido de 155 mm (e=15mm). Sistema de distribución en estrella a partir de silenciadores independientes en retorno e impulsión por tubo en polietileno HDPE de diámetro 75 mm. La difusión se realiza con bocas de ventilación con efecto Coanda.

3.3.3 Iluminación

Zonas comunes con iluminación tipo LED y detectores de presencia. Las viviendas no se entregan con iluminación, por lo que se entregará a los usuarios un manual indicando la eficiencia energética recomendada para los electrodomésticos de las viviendas, así como para los tipos de luminarias.

3.3.4 Automatización y Control

Centralitas de control de regulación solar con valores de lectura de diferentes sondas de temperatura (Kol1 en captadores; Sp1 y Sp2 en acumulador solar) que actuará sobre las bombas y válvulas correspondientes.

3.4 ENERGÍAS RENOVABLES IN SITU O EN EL ENTORNO

La energía renovable utilizada es la solar térmica para el cumplimiento del apartado de DB-HE4 de ACS. Se instalan 8 captadores solares en 2 filas, con una superficie de captación cada uno de 2,51 m² y disipador estático de 9 kW por fila. Se apoya por medio de una caldera de condensación de 60 kW, con un intercambiador de placas y dos interacumuladores térmicos de 1.000 l.

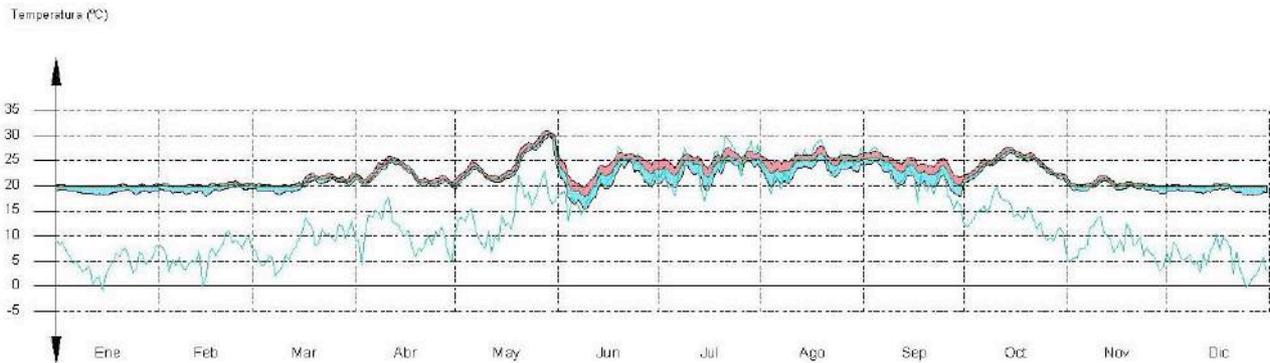
3.5 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

Los valores resultantes del PHPP son los que se muestran a continuación:

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética																	
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Criterios alternativos</th> </tr> <tr> <th>Criterio</th> <th>alternativos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>	Criterios alternativos		Criterio	alternativos	15	-	-	10	15	15	-	11	¿Cumplido?²
Criterios alternativos																	
Criterio	alternativos																
15	-																
-	10																
15	15																
-	11																
Calefacción	Superficie de referencia energética	m²	1368,5														
	Demanda de calefacción	kWh/(m²a)	8	≤													
	Carga de calefacción	W/m²	8	≤													
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m²a)	9	≤													
	Carga de refrigeración	W/m²	7	≤													
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤													
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤													
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,3	≤													
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m²a)	97	≤													
	Demanda PER	kWh/(m²a)	94	≤													
Energía Primaria Renovable (PER)	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado)	kWh/(m²a)	9	≥													

² Celda vacía: Falta dato; - Sin requerimiento

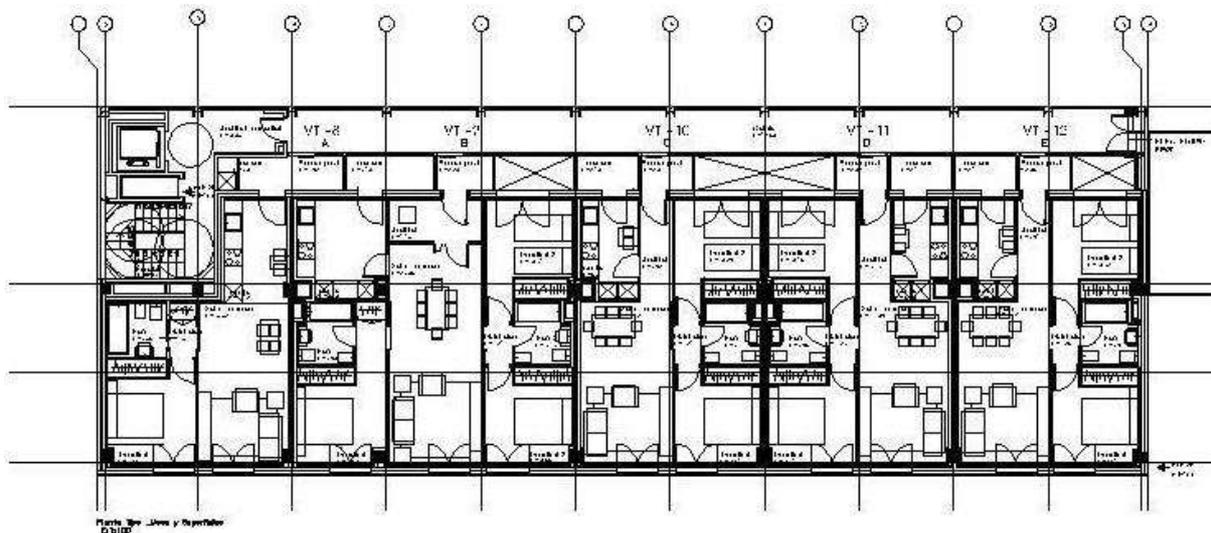
La evolución de la temperatura interior en las zonas modelizadas del edificio objeto se muestran en la siguiente gráfica, que muestran la evolución de las temperaturas mínimas, máximas y medias de cada día, junto a la temperatura exterior media diaria en cada zona:



Evolución temperatura mínima máxima y media diaria con la exterior media diaria.

INDICADORES	
Demanda calefacción:	8,00 kWh/m²año
Demanda refrigeración:	9.00 kWh/m²año
Aporte renovables:	17.808,50 kWh/año
Emisiones CO ₂ edificio:	7,29 kgCO ₂ /m²año
Otros (indicadores):	Test medio Blower Door n50= 0,25 1/h

3.6 PLANO DEL PROYECTO



NUEVOS PROYECTOS, NUEVOS PARADIGMAS. El caso de las 85 VPO en el sector PISA, Cornellá de Llobregat

Josep Maria Borrell i Bru

Instituto metropolitano de Promoción de Suelo y Gestión Patrimonial del Área Metropolitana de Barcelona (IMPSOL).
jborrell@amb.cat

Resumen

Las viviendas de Cornellà están construidas alrededor de un patio central comunitario desde donde se accede a cuatro núcleos de escalera y que dan acceso a las 85 viviendas en 5 plantas.

Las estrategias medioambientales han permitido obtener una Calificación Energética A. Destaca la reducción de la demanda energética, el uso de aerotermia, el uso de placas fotovoltaicas para los servicios comunitarios y la incorporación de materiales reciclados y reciclables, sanos y saludables, como la estructura de madera.

Las viviendas, inclusivas y diseñadas teniendo en cuenta la perspectiva de género, rompen con las jerarquías y con el reparto de roles y de poder tradicional. Eliminan los espacios de pasillos incrementando los de las estancias, donde todas éstas tienen dimensiones similares, flexibilizando los usos y permitiendo la adaptación a los cambios. Así mismo, la cocina se convierte en un espacio central abierto y favoreciendo el uso por más de un usuario.

Autores: Peris+Toral Arquitectes

Dirección de ejecución: Joan March

Constructor: Vias y Construcciones

Promotor: AMB/IMPSOL

Palabras claves: AMB, IMPSOL, VIVIENDA, INNOVACIÓN, SOSTENIBILIDAD.

1 LA ESTRATEGIA DE LOS PROYECTOS. CAMBIO DE PARADIGMA

- ¿Lo que la sociedad quiere o lo que creemos que necesita?

De entender la vivienda como un producto para un destinatario, a entenderla como un bien de interés general donde más personas la usan, pero la sociedad es beneficiada.

- Calidad arquitectónica y eficiencia energética como principio básico (NZEB)

Maximización de las alturas y de la calidad de los espacios

Reducción de la demanda: ventilación cruzada como principio básico

Mínima dependencia mantenimiento posterior

Reducción huella ecológica

Incorporación materiales sanos y saludables

Flexibilización del programa

Reducción del aparcamiento

Apuesta por los espacios intermedios y comunitarios

- Viviendas adaptables y flexibles

Flexible: Se ajusta a las necesidades cambiantes, tanto social como tecnológicas.

Adaptable: Capacidad de albergar usos y funciones sociales diversas, sin modificaciones de los espacios.

- Viviendas inclusivas y diseñadas con perspectiva de género

Rompen con las jerarquías espaciales y con la repartición tradicional de roles y de poder.

Incorporan la diversidad de usos requeridos en las diferentes etapas de la vida de los ocupantes considerando las tareas de los cuidados.

Tienen en cuenta espacios de almacenamiento, así como los necesarios para la cadena de lavado, alimentación, basura, reciclaje.

Espacios comunitarios seguros e inclusivos, evitando rincones sin visibilidad, considerando que la percepción de seguridad está relacionada con las miradas sobre los espacios abiertos.

- Innovación tipológica y tecnológica
- Autosuficiencia financiera

2 LA ESTRATEGIA DE LOS CONCURSOS

2.1 CONCURSO A 2 VUELTAS QUE SE RIGEN POR EL PRINCIPIO DEL ANONIMATO.

2.1.1 Fase selección

- Entrega de una Propuesta-Idea en formato DIN A3 con Lema
- Mínima documentación administrativa
- Valoración de la Propuesta-Idea sobre el global de los requerimientos (sobre 100 puntos):

Contextualización y coherencia del conjunto con el entorno existente

Calidad de agregación, funcionamiento y tipología del edificio de viviendas

Calidad espacial, racionalidad, funcionalidad y eficiencia de la propuesta tipo de viviendas

Estrategia de ahorro energético y ciclo de vida, grado de inclusividad y perspectiva de género

Innovación tipológica y tecnológica

2.1.2 Fase adjudicación (remunerada)

- Entrega de la Propuesta Técnica en 2 paneles formato DIN A2 con Lema
- Valoración de la Propuesta-Idea sobre los requerimientos:

Contextualización y coherencia del conjunto con el entorno existente (20 puntos)

Calidad de agregación, funcionamiento y tipología del edificio de viviendas (20 puntos)

Calidad espacial, racionalidad, funcionalidad y eficiencia de la propuesta tipo de viviendas (20 puntos)

Estrategia de ahorro energético y ciclo de vida, grado de inclusividad y perspectiva de género (20 puntos)

Innovación tipológica y tecnológica (20 puntos)

2.2 Intervención de un jurado formado íntegramente por arquitectos/as, incorporando 1/3 de arquitectos/as de reconocida solvencia profesional designados por el COAC.

2.3 Sin requisitos mínimos de solvencia técnica para la autoría de la propuesta

2.4 Sin baja económica

3 VIVIENDAS SOCIALES EN CORNELLÀ

3.1 85 VIVIENDAS, 543 ESPACIOS Y 2172 ESQUINAS

Para los 10.000 m² de superficie edificada del nuevo edificio ubicado en Cornellà de Llobregat (Barcelona), que consta de 85 viviendas sociales distribuidas en 5 alturas, se han utilizado un total de 8.300 m² de madera KMO procedente del País Vasco.

El diseño de una matriz de habitaciones comunicantes y el uso de la madera en favor de las posibilidades de industrialización del edificio, la mejora de la calidad de la construcción y la notable reducción de los plazos de ejecución y las emisiones de CO₂, son los ejes de este nuevo edificio de viviendas.

La edificación se organiza alrededor de un patio que articula una secuencia de espacios intermedios. En planta baja, un pórtico abierto a la ciudad anticipa la puerta del edificio y filtra la relación entre el espacio público y el patio vecinal que actúa como una pequeña plaza para la comunidad. En lugar de entrar directa e independientemente desde la fachada exterior a cada vestíbulo del edificio, los cuatro núcleos de comunicación vertical se sitúan en las cuatro esquinas del patio, de manera que todos los vecinos confluyen y se encuentran en el patio-plaza, conformando un espacio seguro desde la perspectiva de género. Se accede a las viviendas a través del núcleo y de las terrazas privadas que conforman la corona exterior que da al patio. El edificio se organiza en 114 espacios por planta, de dimensiones semejantes, que eliminan pasillos tanto privados como comunitarios para obtener el máximo aprovechamiento de la planta. Los espacios servidores se disponen en el anillo central mientras el resto de habitaciones de uso y tamaño indiferenciado, de unos 13m², discurren en fachada ofreciendo distintos modos de habitar. Otra terraza en la corona exterior completa la secuencia espacial, el enfilado de espacios interconectados por grandes aberturas, permeables al aire, la mirada y el paso.

Las 85 viviendas se distribuyen en cuatro agrupaciones y un total de 18 viviendas por planta. Alrededor del núcleo se articulan cuatro o cinco viviendas, de manera que todas las tipologías tienen ventilación cruzada y doble orientación.

Las viviendas constan entre cinco, seis o siete módulos, según sean de dos o tres habitaciones. La cocina abierta e inclusiva se sitúa en la habitación central, actuando como pieza distribuidora que sustituye a los pasillos, a la vez que permite visibilizar el trabajo doméstico y evitar roles de género. La dimensión de las habitaciones, además de ofrecer una flexibilidad basada en la ambigüedad de uso y en la indeterminación funcional, permite una crujía estructural óptima para la estructura de madera. Al tratarse de vivienda social, para lograr la viabilidad económica se ha optimizado el volumen de madera necesario por m² de construcción hasta llegar a 0,24m³ por m² de superficie construida.

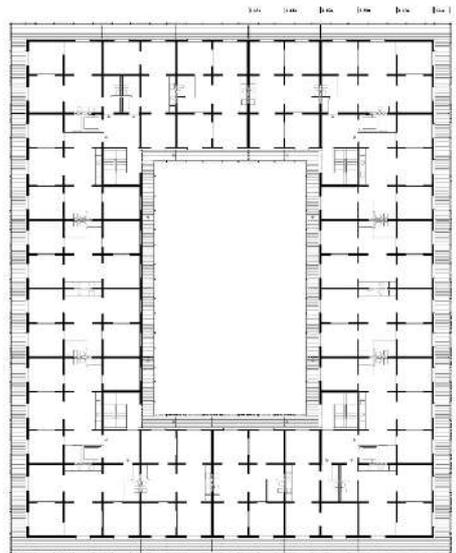


Fig. 1 Planta tipo del conjunto

3.2 VENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Material de la biosfera, reducción de emisiones de CO₂; regulador higrótérmico; reducción del peso de la estructura i como resultado menos cimentación; reducción del tiempo de construcción, etc.

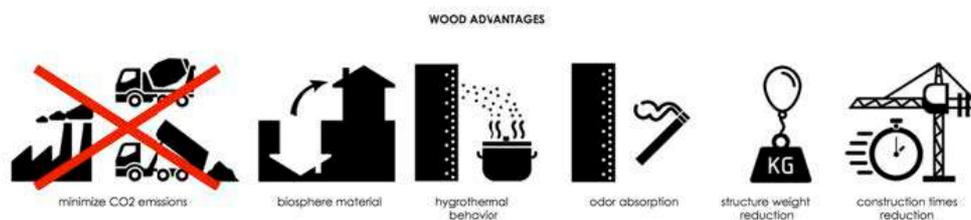


Fig. 2 Ventajas de la construcción en madera

3.3 DIFICULTADES DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA

3.3.1 Resistencia al fuego

La dificultad del fuego es la más sencilla de resolver. Hay dos estrategias, la primera consiste en dejar un grosor de sacrificio de madera. Aproximadamente cada centímetro de sacrificio son 30

minutos de protección. La segunda consiste en revestir la madera. En el caso del grosor laminado cada capa de 15 mm confiere aproximadamente 30 min de protección.

En este edificio se requiere un REI90. En el caso de los forjados, donde estructuralmente son necesarios 120 mm de espesor, se han añadido 30 mm de madera de sacrificio en la cara expuesta, utilizando un total de 150 mm de madera. En el caso de la fachada, hay un revestimiento de dos placas de yeso laminado (60 min) y 10 mm de sacrificio de madera. Los pilares y jácenas laminada cumplen su resistencia al fuego por masividad.

3.3.2 Coste económico

Al tratarse de un edificio de protección oficial, ha sido necesaria una optimización de la estructura con el fin de hacer competitiva la solución estructural en madera.

La primera decisión del proyecto es trabajar con luces estructurales pequeñas, de 360 cm, coincidiendo con el tamaño de las habitaciones. Después, las losas de 14 m de CLT se han dispuesto con varios apoyos para compensar momentos y, en este sentido, el voladizo de los balcones ayuda a compensar el momento de las crujías de los extremos.

En el caso de los pilares y las vigas laminadas y para optimizar el cálculo, se ha diseñado un elemento de unión que permite la continuidad de las vigas y los pilares de forma que trabajen de forma hiperestática. La unión entre las vigas se realiza a 1/5 de la luz entre pilares ya que es el punto en el que el momento es cero y así no altera la compensación de momentos.

En nuestro caso, para los 8.300 m² de superficie del proyecto, distribuidos en 5 alturas, se han utilizado un total de 2.000 m³ de madera. Lo que supone 0,24 m³/m² de superficie construida.

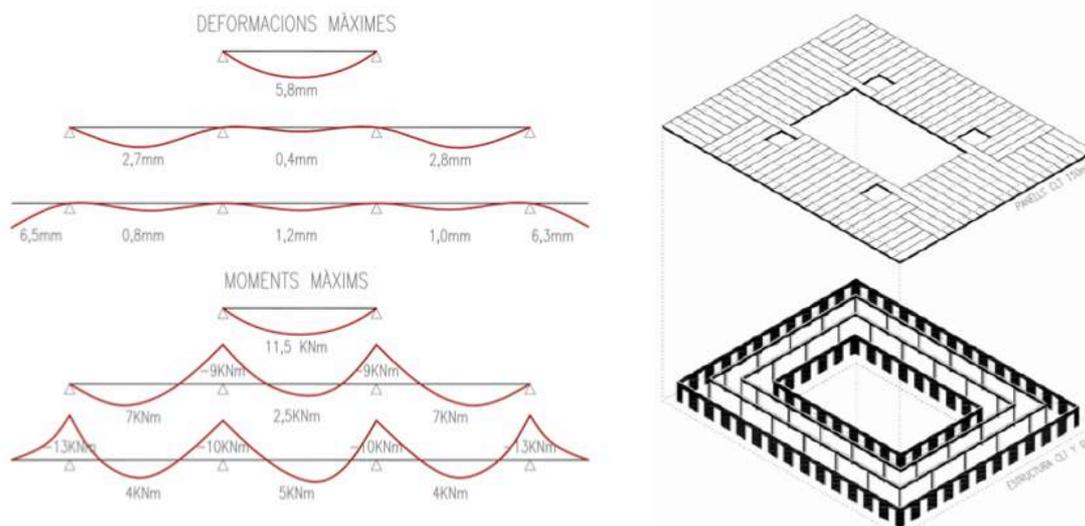


Fig. 3 Esquema de momentos y estructura

3.3.3 Comportamiento acústico - (ruido entre vecinos)

La mayor dificultad a resolver en un edificio de viviendas plurifamiliar de madera es el ruido entre diferentes unidades de uso. Dar una solución a cada elemento de forma aislada es relativamente sencillo, en el mercado existen soluciones de catálogo que cumplen los requerimientos normativos,

pero la dificultad está en conseguir que la solución funcione de forma conjunta cuando se considera el ruido por flanco.

Al tratarse de un sistema ligero de construcción en madera no tiene sentido resolver el ruido aéreo por medio de la ley de masas como se ha resuelto tradicionalmente. Por esta razón se recurre a la ley de Hooke (sistema masa – muelle – masa) para resolver el aislamiento acústico con un sistema ligero.

En el caso del forjado se utilizan tres capas por encima del forjado de CLT visto: 60 mm de arena (masa), 30 mm de lana de roca (muelle) y 50 mm de mortero autonivelante (masa). Respecto a la medianera, se utiliza una solución de cinco placas de yeso laminado y en fachada un trasdosado de dos placas de yeso laminado, pared de carga 100 mm de CLT y trasdosado exterior de chapa grecada con lana de roca.

Para resolver los flancos, se ha utilizado una estrategia geométrica. Para evitar la transmisión directa a través del forjado, se han colocado juntas acústicas entre las losas de CLT, por lo que nunca distintas unidades de uso comparten una losa de CLT.

Para resolver la transmisión indirecta del ruido de flanco se garantiza que en el recorrido que realiza el ruido entre dos unidades de uso diferentes siempre existan, como mínimo, dos aristas. Cada vez que el ruido pasa por una arista, es decir da un giro de 90°, el ruido pierde el 30% de su intensidad. Con esta solución geométrica se logra dejar la estructura de madera vista aprovechando sus capacidades higrotérmicas, de inercia y absorción de olores.

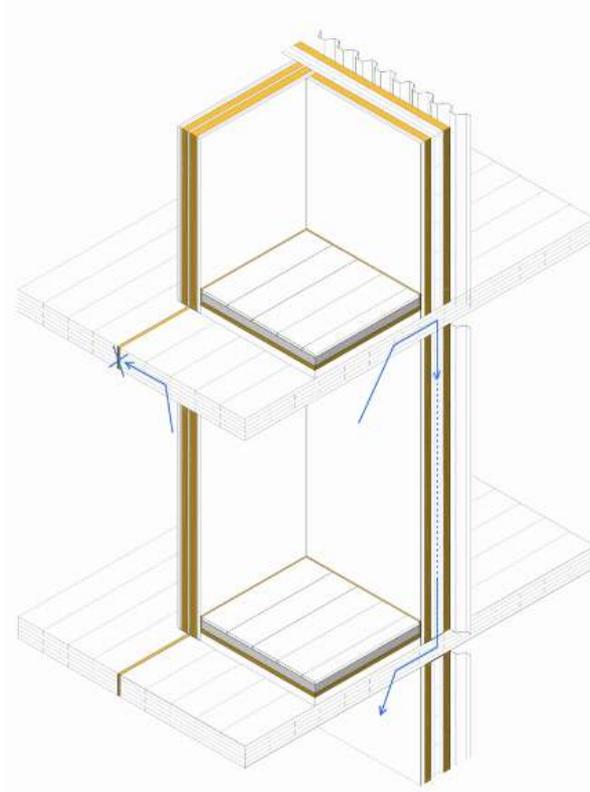


Fig. 4 Esquema estrategia geométrica

3.4 ENVOLVENTE

Las fachadas de las viviendas disponen de dos capas: una primera capa formada por una fachada de muro de madera contralaminada CLT con acabado exterior de perfil en forma de greca de acero galvanizado lacado color blanco; y una segunda capa, exterior, formada por una malla electrosoldada plegada formando barandilla y un conjunto de elementos que se le van sumando a esta capa en función de las necesidades. Todas las uniones son mecanizadas y no se han utilizado ningún tipo de andamio para su montaje.

Esta segunda capa exterior está formada por un perfil T60 fijado en el canto de forjado mediante una pletina de 8 mm de espesor fijada mecánicamente en cada planta a la losa de madera contralaminada y por una malla electrosoldada de varilla de acero galvanizado tipo GALFAN, de varillas verticales de dimensiones Ø3 mm cada 25 mm y horizontales de Ø6 mm cada 270 mm con un pliegue superior para la formación de la barandilla y otro pliegue inferior que le aporta rigidez.

3.4.1 Fachada exterior

La fachada exterior que da a calle se reviste por la parte interior de la barandilla de malla electrosoldada con una malla de sombreado. Este revestimiento funciona a la vez de protección de los rayos solares que puedan incidir sobre la fachada de chapa grecada y para la protección visual e intimidad del uso exterior de la terraza frente a las visuales de los vecinos. La fijación se realiza inferiormente con ganchos regulables de acero inoxidable en la barandilla de malla electrosoldada y superiormente con bises en el forjado de madera contralaminada y unos muelles para mantener una tensión constante.

Por otra parte, se dispone de la persiana Barcelona actuando como protección solar de las aberturas de las viviendas.

3.4.2 Fachada interior

La cerrajería de barandilla está formada con las mismas capas de la fachada exterior con la diferencia de que en la planta quinta, los montantes de perfiles T60 sirven de soporte de una marquesina de vidrio vitrificado de rayas blancas compuesto por dos lunas de 5 mm transparentes.

Por otro lado, las aberturas del patio interior disponen de una contraventana de aluminio lacado color blanco formado por una chapa perforada que permite, por un lado, regular el grado de intimidad de las viviendas y por otro, absorber la reverberación del patio.

En definitiva, todo este conjunto de capas hace de la fachada, sobre todo la exterior, una fachada cambiante. Todas las uniones son mecanizadas; no se ha utilizado ningún tipo de andamio para su montaje ya que se ha montado íntegramente desde el interior y donde casi todos los elementos están en seco para favorecer su industrialización, por lo que se han adaptado los sistemas de control.

En cuanto a plazos de ejecución, la obra ha terminado en 17 meses (teniendo en cuenta la afectación de la pandemia) y con un PEC (sin IVA) de 980 €/m² sobre rasante y 600€/m² bajo rasante.

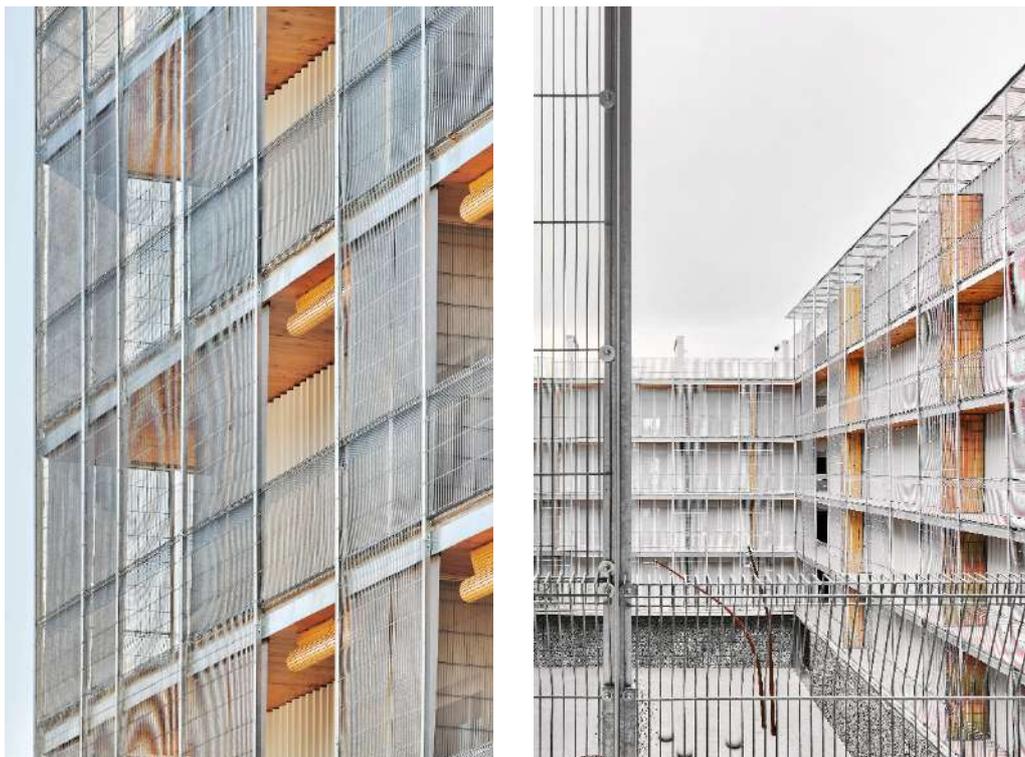


Fig. 5 Fachada exterior e interior. Fotografía José Hevia

Autores: Peris+Torral Arquitectes
Constructor: Vías y Construcciones

Dirección de ejecución: Joan March
Promotor: AMB/IMPSOL

Solarhaus. Edificio de energía positiva en bloque de 38 viviendas protegidas con instalación de autoconsumo en Ripagaina (Navarra)

Francisco José Serna ⁽¹⁾, Marta Sampedro ⁽²⁾

Departamento de Energética Edificatoria CENER. (1) fserna@cener.com. (2) msampedro@cener.com

Resumen

Los avances tecnológicos en los últimos años, y las últimas políticas en eficiencia energética y energías renovables encaminadas a la descarbonización de las ciudades, hacen pensar, sin ningún tipo de duda, que el futuro de la energía a medio plazo pasa por la transformación de los consumos energéticos de las mismas hacia un origen muy mayoritariamente eléctrico, en todos los ámbitos, dejando los combustibles fósiles para usos residuales o industrias específicas donde la utilización de sistemas eléctricos sea inviable. Por otro lado, y a falta de tener una definición oficial por parte de la UE del estándar de edificio de energía positiva, cabe pensar que el modo más rentable en un futuro inmediato de conseguir dicho estándar, pase mayoritariamente, por el diseño de edificios "todo eléctricos" donde exista un aporte de energía solar fotovoltaica muy considerable. Además, las nuevas políticas energéticas en España (y en Europa) relacionadas con el sector eléctrico, van en la línea de la implantación del autoconsumo, y en especial el autoconsumo compartido. En esta línea, se desarrolla el proyecto SOLARHAUS, que la promotora Construcciones Domeño, está haciendo realidad en el barrio de Ripagaina (Pamplona).

Palabras claves: Edificios energía positiva, Aerotermia, Solar Fotovoltaica, Autoconsumo, Eficiencia energética.

1 INTRODUCCIÓN

Se está viviendo un cambio de modelo energético a nivel mundial, con mayor intensidad en unos sectores que en otros. En el sector de la edificación la tendencia tanto normativa como tecnológica, está motivando que los edificios de energía casi nula estén empezando a implantarse en el mercado. Sin embargo, a pesar de su incipiente incorporación, ya hay una tendencia clara por ir más allá, promoviendo el desarrollo y ejecución de edificios de energía positiva. Es precisamente, en este contexto, en el que se desarrolla la promoción que aquí se presenta.

La promoción Solarhaus estará ubicada en el barrio de Ripagaina de Pamplona, y consta de dos bloques de viviendas, uno en régimen de VPT y otra en régimen libre, con un total de 76 viviendas, y se ha diseñado para que se genere al menos la misma energía que la necesaria para satisfacer las necesidades de calefacción, ACS y electricidad para zonas comunes (no hay refrigeración), mediante una solución tecnológica fundamentada en la idea del edificio "todo eléctrico". Esta nueva promoción supera sobradamente los requisitos establecidos para los edificios de consumo de energía casi nulo que se son de obligado cumplimiento con el nuevo CTE 2019.

Estos edificios han sido promovidos y construidos por Construcciones Domeño, cuenta con la colaboración del Departamento de Energética edificatoria de CENER (Centro Nacional de Energías

Renovables), la participación de NAVEN como Ingenieros y han sido proyectados por el estudio de Arquitectura Tabuenca y Saralegui.

2 DEFINICION PEB (Positive energy building)

Actualmente no hay definición oficial del estándar PEB por parte de la Comisión Europea, aunque hay una variedad de propuestas diferentes en toda Europa, que hace que sea difícil de entender lo que realmente se está caracterizando como un PEB.

Se pueden tener en cuenta, diferentes niveles de ambición, desde incluir solo la energía para satisfacer los mínimos niveles de confort del edificio, hasta incluir la energía embebida en los materiales de construcción, y todos los consumos energéticos del mismo. En función del grado de ambición que se desee adoptar al estándar, el GBPN[1] propone la siguiente clasificación:

Caso ideal (Edificio de Huella energética cero)	Edificio que produce mas energía de origen renovable que la que consume en todos sus conceptos, donde el exceso de energía compensa la energía embebida en los materiales usados en su construcción.
Caso Ambicioso (Edificio energía positiva total)	Edificio que produce mas energía de origen renovable que la que consume en todos sus conceptos
Caso Holístico (Edificio energía positiva)	Edificio que produce mas energía de origen renovable que la que consume en satisfacer las condiciones apropiadas de confort térmico
Caso con aspiraciones (Edificio de energía cero)	Edificio que produce al menos la misma energía de origen renovable que la que consume en satisfacer las condiciones apropiadas de confort térmico
Caso Base (Edificio de energía casi cero)	Edificio que produce casi la misma energía de origen renovable que la que consume en satisfacer las condiciones apropiadas de confort térmico

Tabla 1 Propuesta de GBPN de clasificación de edificios de energía positiva.

Asimismo, deberían fijarse unos límites que establezcan, el origen y la tipología de las fuentes de energía renovable, para que puedan ser admitidos en la definición del estándar; así el JRC[2] propone la siguiente distinción, donde se considera razonable incluir sólo las energías renovables "On-site" (Zona sombreada en azul), para el cómputo, en este caso, del estándar ECCN :

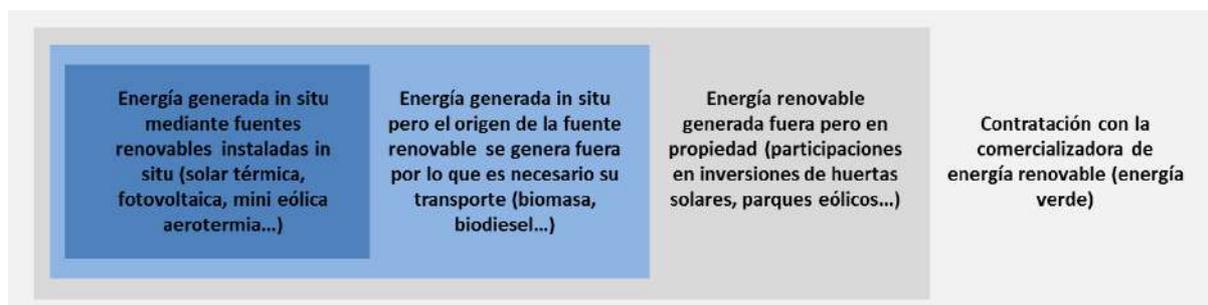


Fig. 1 Tipologías de las posibles fuentes de energía renovable.

Por último, es fundamental establecer el indicador energético con el que se va a evaluar el estándar. En relación a los edificios EECN, la UE[3] recomienda a los estados miembros utilizar al menos un indicador de energía primaria para la evaluación de este estándar, expresado en kWh/(m²/año), y en concreto, el de **energía primaria neta**, entendida como la energía primaria necesaria para satisfacer las necesidades energéticas del edificio, menos la autoconsumida y la exportada a la red proveniente de las fuentes de energía renovable in situ [4].

3 ESTRATEGIA ENERGÉTICA

“DOMEÑO SOLARHAUS”, es una promoción de viviendas que consume casi exclusivamente energía eléctrica, la cual es suministrada por una gran instalación solar fotovoltaica situada en la cubierta, dimensionada, en principio, para generar al menos, la misma cantidad de energía que los edificios van a consumir en calefacción, ACS y los servicios comunes de los mismos (ventilación, iluminación, ascensores...).

Para poder cumplir con estos exigentes objetivos, se ha realizado un gran esfuerzo en el diseño, tanto desde el punto de vista de envoltente como de sistemas, con un altísimo grado de eficiencia en todos sus elementos.

3.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN

Como sistema de generación de energía eléctrica se ha propuesto una instalación fotovoltaica en la cubierta de sus dos edificios, priorizando la producción de electricidad frente a la rentabilidad económica. Durante la fase de proyecto, con el objetivo de obtener la máxima energía generada posible, y utilizando el software de dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas PVsol 2018, se analizaron diferentes conFiguraciones, en las que se emplearon diferentes inclinaciones de los paneles, diferentes tamaños y potencias y diferentes disposiciones geométricas, teniendo en cuenta, entre otros factores, la superficie útil disponible, las sombras de los elementos en cubierta (shunts y casetones de ascensores), así como la normativa urbanística aplicable.

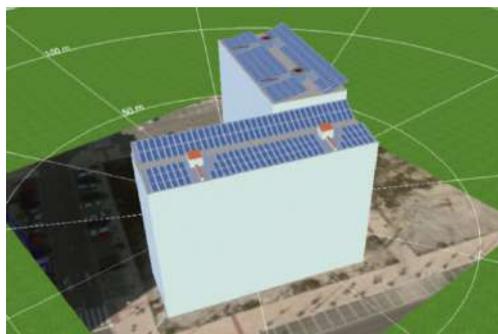


Fig. 2 Modelo de proyecto de instalación fotovoltaica. PVsol premium2018

Con esta conFiguración se conseguía una instalación de 99.3kWp con una producción estimada al año de 126.800 kWh.

Por otro lado, para satisfacer las necesidades de calor de los vecinos (calefacción y ACS), se ha propuesto el uso de bombas de calor aire-agua de muy alta eficiencia. Normalmente, los elementos exteriores de estas bombas de calor se sitúan en unos casetones situados en las cubiertas de los edificios. En este caso, al haber priorizado la instalación del campo solar en la cubierta, se ha optado por reubicar los sistemas de climatización, recurriendo a una solución novedosa, muy ventajosa desde un punto de vista de eficiencia energética, que es situarlas en los garajes. Con esta conFiguración, el sistema utilizará el calor existente en el flujo de aire necesario para la ventilación del garaje, antes de expulsarlo al exterior, con lo que se está mejorando la eficiencia de estos equipos respecto a si estuvieran en la cubierta del edificio (el aire del garaje está algo más atemperado que el aire exterior). No obstante, a pesar de que el sistema principal es eléctrico, para asegurar la fiabilidad del sistema, sobre todo en condiciones climáticas muy adversas donde las

bombas de calor podrían ver disminuida su capacidad de suministro, el sistema se refuerza con una caldera de gas natural de alta eficiencia, por si fuera necesaria su utilización en dichas situaciones.



Fig. 3 Esquema de instalación propuesta. Estimación de consumos. Fuente: Construcciones Domeño

Dado que la energía eléctrica que se genera es gratuita, se priorizará su autoconsumo, haciendo funcionar las bombas de calor en los momentos de máxima producción y utilizando, siempre que se pueda, los excedentes fotovoltaicos para calentar los depósitos de inercia, como si fuera un sistema de acumulación de energía intradiario. El sistema contará para ello, con dispositivos de control inteligente que garanticen el funcionamiento optimizado tanto desde un punto de vista energético como económico.

3.2 COMPORTAMIENTO PASIVO. CONFORT

Desde el punto de vista del comportamiento pasivo del edificio, SOLARHAUS consigue ir más allá del estándar de edificios de consumo casi nulo, incorporando un elevado índice de aislamiento en su envolvente, vidrio triple en todas las orientaciones, un tratamiento especial de puentes térmicos y recuperadores de calor individuales de muy alta eficiencia, que junto con una cuidada puesta en obra (sobre todo en aspectos de hermeticidad) dotarán a los edificios de un comportamiento térmico excelente.

El sistema de ventilación cuenta con recuperadores de calor individuales de aire de doble flujo y caudal variable y ajustable. Este sistema extrae el aire viciado del interior de las viviendas, extrayendo previamente la energía contenida en él, e incorporándola al aire nuevo y limpio procedente del exterior. Además, de la reducción significativa del CO₂ del aire interior, el sistema incorpora filtros del tipo f7 que reduce elementos externos contaminantes que filtran el 100% del polen, el 100% de las esporas de moho, el 75% de los virus y el 90% de las bacterias. Se estima que estos recuperadores de calor, pueden llegar a disminuir las demandas energéticas en calefacción hasta un 40%.

4 BALANCE ENERGETICO

El cálculo de los consumos energéticos esperados del edificio es complejo, ya que depende de muchos factores (climatología, grado de ocupación de las viviendas, regulación de los sistemas de climatización, pérdidas en la instalación, comportamiento del usuario...). Los programas de certificación y de simulación energética de edificios, suelen tener en cuenta todas estas variables, pero suelen fijar unos valores estándar (o normativos según los casos) para poder homogeneizar resultados y poder obtener comparativas o bien establecer un calificación energética en los

programas de certificación. En algunos programas estos valores pueden ser modificados por el evaluador pero en otros no (normalmente en los programas de certificación hay variables que no pueden ser modificadas). La realidad es, que rara vez coinciden los valores fijados por los programas con los valores reales de estas variables. Así, la climatología varía todos los años, produciendo veranos, e inviernos más o menos rigurosos; la regulación no siempre es la idónea y las pérdidas en las instalaciones varían enormemente en función del diseño y de la ejecución; la ocupación de las viviendas es muy dispar (sobre todo en promociones muy nuevas), y el comportamiento del usuario en relación al uso de los sistemas de climatización y del agua caliente sanitaria, no es fácilmente predecible. Por ello, en este caso, teniendo en cuenta que uno de los objetivos del proyecto era establecer el grado de autonomía energética de los edificios de la promoción SOLARHAUS, se ha optado por utilizar como punto de partida, datos reales de monitorización (consumos reales basados en facturas, tanto de gas como de electricidad) de promociones anteriores y en simulaciones energéticas calibradas con estos datos reales, mediante el software Energy Plus. Este procedimiento permite obtener resultados más fiables en cuanto a las previsiones futuras de consumos energéticos de las viviendas. Los resultados obtenidos de las simulaciones calibradas pueden verse en la siguiente Figura:

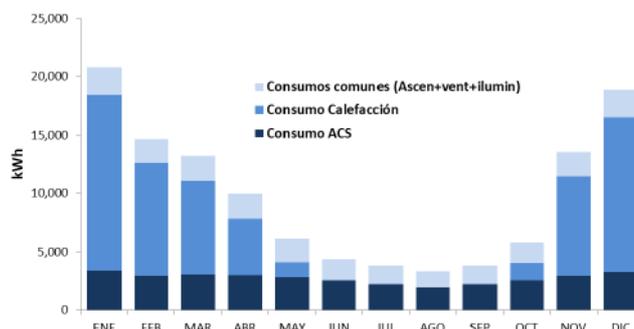


Fig. 4 Estimación consumos eléctricos anuales de los edificios según servicios.

Por tanto, se estima que los consumos teóricos y de producción de energía anuales para los nuevos edificios SOLARHAUS sean:

- Consumo eléctrico en ACS: 33.127 kWh al año \approx 4.9 kWh/m²
- Consumo eléctrico de calefacción: 61.976 kWh al año \approx 9.2 kWh/m²
- Consumo de ventilación Garajes + consumo portales: 23.273 kWh al año \approx 3.5kWh/m²

El total de estos consumos anuales estimados ascienden a 118.376kWh/año. Teniendo en cuenta que la producción anual estimada de energía eléctrica, proveniente del campo fotovoltaico asciende a 126.800 kWh, el superávit energético, en términos globales superaría los 8.000kWh (sin contar el consumo energético para otros usos, como electrodomésticos, equipamiento o iluminación en las viviendas).

Analizando conjuntamente los datos de generación y consumo eléctrico, mediante la aportación de los valores horarios de los consumos eléctricos obtenidos de las simulaciones calibradas de ENERGY PLUS, en el software PVsol 2018, se obtienen una estimación de los diferentes flujos de energía que se van a producir en los edificios (energía se autoconsumida, exportada a la red, adquirida de la red...). En la siguiente imagen se puede observar estos flujos de energía en términos mensuales:

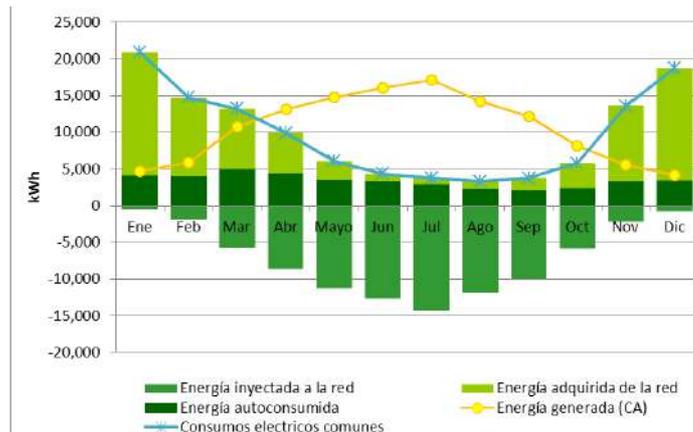


Fig. 5 Caracterización flujos energía eléctrica.

De los datos mostrados anteriormente, se extrae que el porcentaje de energía autoconsumida está alrededor del 32.5%, exportándose a la red el 67.5% restante. Puede parecer que el dimensionamiento del sistema fotovoltaico sea excesivo, pero hay que recordar que el objetivo de este proyecto es el de alcanzar el estándar PEB, y no el de obtener la máxima rentabilidad a la instalación fotovoltaica.

5 GESTIÓN ENERGÉTICA

En esta tipología de edificios, donde existe una sala de calor centralizada y un sistema de producción fotovoltaica de una potencia considerable, la gestión energética de la instalación, así como de los excedentes fotovoltaicos es clave para poder obtener la máxima rentabilidad de la instalación, y poder reducir la factura eléctrica con el consiguiente ahorro económico para los propietarios.

Desde el punto de vista de la generación de energía térmica en la sala centralizada, la instalación cuenta con sistemas de control inteligente, que actúan sobre los sistemas de producción de agua caliente, para optimizar los recursos y obtener mayores ahorros energéticos y económicos. Desde el punto de vista de la generación de energía eléctrica, el proyecto está ligado íntimamente a la normativa regulatoria en materia de autoconsumo. De este modo, tras la aprobación del Real Decreto 244/2019, se abren las puertas para la implantación de este tipo de actuaciones con diferentes modalidades de autoconsumo (e incluso autoconsumo compartido).

6 REFERENCIAS

- [1] Global Buildings Performance Network. "Defining Positive Energy – A Spectrum Approach"
- [2] JRC. Development of NZEBs concept in Member States, Joint Research Centre (JRC)—European Commission
- [3] Recomendación (EU) 2016/1318 de la Comisión de 29 de Julio de 2016. Punto 2.2
- [4] Recomendación (EU) 2016/1318 de la Comisión de 29 de Julio de 2016. Punto 2.1.1

Sesión 2. Innovación y resiliencia de la vivienda social y su entorno urbano. Oportunidades y barreras

La vivienda social en la era digital. Modelos colaborativos

Elisa Valero Ramos ⁽¹⁾, Lucia de Molina Benavides ⁽²⁾

Universidad de Granada. (1) info@elisavalero.com. (2) luciadmb@gmail.com

Resumen

La era digital ha supuesto una revolución en la forma de habitar a nivel mundial. La aparición de internet ha posibilitado mecanismos colaborativos en diversos ámbitos y la llegada del teletrabajo se ha impuesto durante la pandemia del COVID 19. Por otro lado, la crisis ecológica planetaria es una llamada a la responsabilidad medioambiental de todos los ciudadanos, especialmente de aquellos implicados en el desarrollo urbano.

En este contexto pensar en vivienda social en día implica un cambio de paradigma que responda a los nuevos retos de la sociedad. Las nuevas tecnologías digitales pueden posibilitar modelos colaborativos que atiendan a la diversidad y la sostenibilidad integral. Se analizan las cooperativas de La Borda y Entrepacios.

Palabras claves: Vivienda social, Arquitectura colaborativa, Cohousing, Sostenibilidad,

1 INTRODUCCIÓN

En una sociedad marcada por la cultura ultralight, el individualismo, la hiperconexión y la globalización, es necesario plantearse que significa habitar hoy y cómo dar respuesta a ello con los recursos disponibles. Nómadas digitales, arquitectura colaborativa, pandemias y herramientas digitales son pinceladas que esbozan una nueva cultura del habitar.

En los últimos veinte años la política de vivienda social en Andalucía ha ido evolucionando para adaptarse a las necesidades de cada momento. De la creación de nueva vivienda con promociones de autoconstrucción a la intervención en barriadas obsoletas en los últimos años. La pérdida de población en las ciudades medias andaluzas y en los pueblos de interior son una llamada de atención para promover un desarrollo integral que comprenda aspectos económicos, sociales y medioambientales.

La atención a la realidad social, viva y cambiante, ha sido una invitación a volver la mirada hacia el reciclaje urbano y en estos momentos quizás no sea bastante. Lo que en su día puedo significar crecer, ocupar nuevos territorios y construir nuevas promociones, en muchas ocasiones ya no lo signifique más. El reciclaje es un primer paso, pero no suficiente.

Nuevos retos

La crisis medioambiental es una llamada urgente a la responsabilidad social y la coherencia. Hay que consumir menos recursos. No hay plan B, porque no hay planeta B. Como ciudadanos estamos llamados a consumir menos, como técnicos nuestra preocupación debe pasar de la estética a la ética sin solución de continuidad.

Menos construir significa menos destruir a todas las escalas. Una actitud de rebeldía frente al consumismo exacerbado impuesto por la cultura del usar y tirar.

- En el territorio, implica la atención a la pequeña escala, frente a nuevas implantaciones trabajar sobre el tejido urbano existente sin consumo de nuevo suelo. En núcleos urbanos que pierden población una atomización de las intervenciones que lleven a la recuperación de lo existente. Rehabilitar puede ser una respuesta contemporánea al problema de la vivienda social en muchos casos.
- En la arquitectura, implica el reciclaje arquitectónico, entender el crecimiento no como algo meramente cuantitativo, sino cualitativo, crecer en calidad es mejorar las condiciones de vida con intervenciones precisas que resuelvan los problemas minimizando el consumo de recursos. En el caso de los polígonos residenciales facilitar la accesibilidad puede implicar que las personas mayores puedan seguir viviendo en sus viviendas.
- En la construcción implica la investigación en nuevos materiales y nuevas tecnologías para reducir la huella de carbono. Una mayor sobriedad y exigencia en el consumo de recursos naturales.

Nuevas herramientas

La era digital ha introducido herramientas que permiten cambiar las reglas del juego en el modo de habitar. La posibilidad del teletrabajo supone entender la vivienda con una mayor permanencia y en algunos casos con libertad geográfica en lo que respecta a la ubicación.

Las redes sociales han abierto camino para una economía colaborativa que también es aplicable en la arquitectura. Las iniciativas de ciudadanos que necesitan vivienda asequible ha dado lugar a cooperativas de vivienda social en España y del mismo modo, en Europa las iniciativas de cohousing se extienden con éxito.

LA VIVIENDA COLABORATIVA

La vivienda colaborativa en la era digital supone un nuevo modelo de habitar basado en una colaboración de los vecinos, prolongada a lo largo de todas las etapas del proyecto. Gracias a las nuevas tecnologías, los usuarios, cada vez más, pueden involucrarse y participar de manera activa en procesos como la gestión del suelo, el diseño arquitectónico, o el uso y mantenimiento del edificio. De esta manera, la colaboración entre los miembros de la comunidad comienza con la administración, continua con los arquitectos y técnicos para que, finalmente, se mantenga abierta y permanente entre los residentes, fortaleciendo su cohesión.

1.1 COOPERATIVA LA BORDA EN BARCELONA

La cooperativa La Borda se ubica en el barrio industrial de Can Batlló, en Barcelona. El proyecto surge como una alternativa de vivienda social. Esta cooperativa está formada por una comunidad intergeneracional y diversa, de alrededor de 60 personas, cuya finalidad es alcanzar un modelo de vivienda asequible, sostenible y respetuoso con el medio ambiente, que garantice la inclusión social y la recuperación del tejido urbano obsoleto.

En este proyecto la colaboración es un factor clave en la cohesión de su comunidad. A través de numerosas asambleas, la cooperativa autogestiona y toma decisiones con respeto a su financiación, diseño del programa arquitectónico, sistema constructivo y, por último, uso y mantenimiento.

El modelo de gestión y financiación se lleva a cabo mediante la cesión de uso, donde la cooperativa colabora con la administración en la adquisición del terreno. En este caso, el Ayuntamiento cede el solar para su uso durante 75 años, y la propia cooperativa es la que desarrolla el proyecto de vivienda y cede el uso y disfrute de las viviendas mediante el pago de una cuota mensual. A través del blog de la comunidad, se posibilita donaciones y contribuciones por parte de socios externos para la autopromoción.

En cuanto a su diseño, se realiza de manera participativa. El proyecto lo conforman 28 viviendas y diversos espacios comunitarios organizados en torno a un patio central y con acceso a través de una corrala, como punto de encuentro de los habitantes. En este modelo, las zonas comunes no presentan un programa definido, ya que se espera que sus usuarios las vayan adaptando con el tiempo acorde a sus necesidades. Así, se encuentran salas polivalentes convertidas en coworking, talleres, sala de fiestas o sala de cuidados, además de terrazas comunitarias. Por otro lado, los espacios comunes situados en planta baja contienen instalaciones, como un aseo o cocina, para poder realizar actividades al exterior. En este nivel se encuentran también un aparcamiento para bicicletas, trasteros, un espacio acondicionado para invitados y una tienda autogestionada por la cooperativa que genera cohesión con el barrio.

En lo que respecta a la sostenibilidad ambiental, el proyecto implementa estrategias pasivas que permiten el aprovechamiento máximo de los recursos existentes y una reducción de la demanda energética. Soluciones como la madera contralaminada para la estructura o la reutilización de los residuos de la obra contribuyen a la reducción del impacto ambiental. De cara a una optimización de las instalaciones a futuro, el edificio se diseña como un sistema abierto y regulable por la comunidad, donde los miembros, a través de apps, colaboran para alcanzar el confort climático desde un consumo energético casi nulo.

Finalmente, se observa como por el uso común de los espacios, aumenta la cohesión y se generan sentimientos de comunidad y pertenencia. Los espacios comunes en planta baja, abiertos al barrio, permiten una relación directa con el espacio urbano y dan lugar a actividades que contribuyen a la recuperación del mismo. Como resultado, se obtiene un proyecto sostenible desde sus aspectos económico, ambiental y social, donde la colaboración, partiendo de la escala de habitante, se extiende hasta iniciativas ciudadanas (fig. 1).



Fig. 1 Cooperativa La Borda en Barcelona. La colaboración en todas las etapas del proyecto.

1.2 COOPERATIVA ENTREPATIOS EN MADRID

La Cooperativa Entrepatios se encuentra en el distrito de Usera, en el barrio de Orcasur, en Madrid. En este caso, la comunidad es intergeneracional y formada por 52 personas de entre ellas 32 adultos y 20 niños. El proyecto nace de la necesidad de vivienda asequible frente a un mercado inmobiliario que dificulta el acceso a los vecinos del barrio.

En este caso, la colaboración juega de nuevo un papel fundamental en su desarrollo. Tras numerosos talleres monográficos, se toman decisiones acerca del proyecto de carácter económico, arquitectónico y ambiental, recogidos en los estatutos de la cooperativa. En esta etapa, la tecnología digital e internet facilitan la colaboración y la comunicación.

El modelo de financiación y gestión del proyecto es de nuevo la cesión de uso, un tipo de tenencia no especulativa que facilita el acceso a la vivienda a personas con dificultades económicas. Tras diversos intentos de colaboración con la administración pública sin éxito, la cooperativa decide finalmente optar por la autofinanciación y adquisición del terreno por la vía privada. Una vez adquirido el suelo, a través de una aportación inicial, la cooperativa inicia la construcción del edificio gracias a la concesión de un crédito por parte de una banca solidaria, facilitando la Figura de la cooperativa el acceso a personas desempleadas o mayores de 60 años. Posteriormente, el edificio en funcionamiento se mantiene gracias a una cuota mensual de cada miembro de la comunidad.

El proyecto se diseña de manera participativa y consta de 17 viviendas con zonas comunes no acondicionadas, adaptables a las necesidades de los habitantes en el futuro. De esta manera, en planta baja se encuentran una sala polivalente equipada únicamente con cocina y baño, un local comunitario y un patio abierto que da acceso a la vía pública y conecta con una corrala exterior que lleva a las viviendas. En el ático y sótano, los espacios compartidos también son flexibles y se usan como salas de reuniones o talleres. Por último, la cubierta se deja abierta para una terraza comunitaria y un huerto.

En la fase constructiva, la comunidad también participa en la toma de decisiones medioambientales. Se emplean estrategias de Passivhaus así como materiales y sistemas constructivos sostenibles. Por otro lado, la comunidad, a través de apps, realiza un seguimiento continuo del consumo y su regulación contribuye a una reducción del mismo y, por tanto, a un ahorro energético, manteniendo siempre el confort climático en el interior del edificio.

Una vez en funcionamiento la cooperativa, la comunidad fortalece la cohesión entre sus miembros y genera un compromiso social, económico y ambiental que va más allá del propio edificio, promoviendo proyectos sociales para el barrio (fig. 2).



Fig. 2 Cooperativa Entrepatios en Madrid. La comunidad colabora y participa en la elección del solar, diseño y gestión.

2 CONCLUSIONES

Atender a la sostenibilidad como condición primera, en todos sus aspectos y contribuir a reducir la huella medioambiental de la construcción es un reto de la contemporaneidad en el que la vivienda social tiene un importante papel.

Las herramientas digitales que han modificado los modos de habitar y de relacionarse en las dos últimas décadas, y especialmente con la introducción del teletrabajo en la crisis del COVID 19 abren nuevas posibilidades en el campo de la vivienda.

La economía colaborativa llevada a la arquitectura ofrece sistemas de gestión basados en el principio de subsidiariedad. En estos casos, resulta fundamental el papel de las administraciones para establecer las reglas del juego que garanticen unas condiciones justas y adecuadas que hagan posible llevar a cabo los nuevos modelos de vivienda social.

Modelos de gestión dirigidos a fomentar la iniciativa del ciudadano y atender a la diversidad que se añaden a los ya existentes sin sustituirlos en su totalidad ya que, en muchas ocasiones, las personas más necesitadas de cuidado carecen de capacidad o recursos para llevar a cabo los procesos que implican.

La vivienda social se enfrenta hoy como siempre al reto de dar respuesta a las necesidades de una sociedad cambiante optimizando los recursos existentes para impulsar un verdadero desarrollo integral que reduzca el descarte y la exclusión social de los más vulnerables.

3 REFERENCIAS

C. García, E. Valero, Intervención en barriadas residenciales obsoletas: manual de buenas prácticas, Abada, Madrid, 2016.

ID22: Institute for Creative Sustainability, CO Housing Inclusive: Self-Organized, Community-Led Housing for All, Jovis Verlag GmbH, Berlin, 2017.

I. Bouzguenda, C. Alalouch, N. Fava, Towards Smart sustainable cities: A Review of the Role Digital Citizen Participation Could Play in Advancing Social Sustainability, J. Sustainable Cities and Society. 50 (2019) 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101627>

L. de Molina, E. Valero, La vivienda colaborativa en la era digital como proceso sostenible, J. Dearq. 31 (2021). DOI: <https://doi.org/10.18389/dearq31.2021.03>

L. de Molina, E. Valero, Habitar en la era digital: Modelos colaborativos y su respuesta en tiempos de crisis, J. Rita. 14 (2020) 94-101. DOI: [https://doi.org/10.24192/2386-7027\(2020\)\(v14\)\(04\)](https://doi.org/10.24192/2386-7027(2020)(v14)(04))

Lacol y La Ciudad Invisible, Habitar en comunidad: La vivienda cooperativa en cesión de uso, Fundación Arquia-Los Libros de la Catarata, Madrid, 2018.

909 re:u reciclaje urbano y vivienda eficiente, E. Valero, Glosario de reciclaje urbano, General de Ediciones de Arquitectura, Valencia, 2014.

Estrategias para reforzar la resiliencia frente a catástrofes en viviendas. La experiencia en la Comunitat Valenciana

B. Serrano-Lanzarote

Universitat Politècnica de València, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE). apserlan@mes.upv.es.

Resumen

El presente artículo recoge la experiencia del Instituto Valenciano de la Edificación en materia de caracterización, gestión y mitigación del daño frente a inundaciones en edificios de viviendas en la Comunidad Valenciana.

A raíz de diferentes catástrofes sufridas en el territorio valenciano, en la última década, se ha constatado la necesidad de tener protocolos de inspección y análisis de los edificios afectados que permitan una correcta evaluación y alcance de los daños ocasionados. Se ha demostrado que estos procedimientos garantizan una forma de trabajo sistemática, homogénea y objetiva y facilitan la deseada vuelta a la normalidad. Además, también se ha observado la importancia de gestionar los informes elaborados a través de sistemas avanzados, con conexión a internet, para todos los agentes implicados en dicho proceso, y se pueda garantizar una gestión eficiente, ágil y eficaz.

Por último, y basado en toda la experiencia recogida y los daños observados, se presenta una metodología para evaluar la vulnerabilidad de las viviendas frente a inundaciones y se proponen una serie de medidas para reforzar su resiliencia frente a futuros episodios.

Palabras claves: resiliencia, vulnerabilidad, inundaciones, vivienda, mitigación

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de las Unidades Básicas contempladas en el Plan Territorial de Emergencia de la Comunitat Valenciana [1], está la Unidad de Evaluación de Daños y Recuperación, que se organiza en diversos grupos, en función del tipo de tarea a realizar. Uno de ellos es el Grupo de edificaciones cuya función es la evaluación de los daños ocasionados por catástrofes en edificios y que está compuesta por personal técnico de la Conselleria competente en materia de Arquitectura y Vivienda, arquitectos y otros técnicos profesionales del sector de la vivienda representados por los colegios profesionales, los técnicos del Instituto valenciano de la Edificación, en adelante IVE, y los inspectores pertenecientes al registro de inspectores.

El Instituto Valenciano de la Edificación, como entidad creada para la investigación y desarrollo en el sector de la edificación, entre sus actividades lleva a cabo la elaboración de procedimientos, protocolos y guías de inspección, evaluación e intervención para la rehabilitación de edificios existentes con lesiones ocasionadas por catástrofes (sismo, inundaciones, incendios, etc.) y, por ello, dispone de medios humanos y materiales necesarios para desarrollar trabajos relacionados con la evaluación de daños por catástrofes en edificios.

En el año 2010 el IVE elaboró un estudio de vulnerabilidad sísmica y el correspondiente análisis de riesgo en la Comunitat Valenciana [2], siguiendo las indicaciones establecidas en el correspondiente

pliego de licitación de la Dirección General de Prevención, Extinción de Incendios y Emergencias, de la Generalitat Valenciana. Este documento formaba parte del Plan frente al Riesgo Sísmico en la Comunidad Valenciana, [3].

El IVE, en colaboración con las Consellerias con competencias en vivienda y gestión de emergencias, ha elaborado los siguientes documentos técnicos que son los que deben utilizar los/as técnicos/as que forman parte del Grupo de Edificaciones de la Unidad de Evaluación de Daños y Recuperación (UEDR), siempre a instancias y por encargo de los Servicios de Coordinación de Emergencias de la Generalitat Valenciana:

- Ficha de evaluación rápida de daños por sismos, inundaciones e incendios en edificios [4]
- Ficha de evaluación detallada de daños por sismos, inundaciones e incendios en edificios [5]
- Guía para la inspección y evaluación de daños en edificios por inundaciones (Documento Reconocido por GVA, con código DRB 08/09) [6]

Por último, estos procedimientos constituyen la materia que se imparte en los cursos de formación que la Conselleria de Vivienda y la Agencia de Seguridad y Emergencias (AVSRE) viene coorganizando desde 2010 con el objeto de formar técnicos en el campo de la inspección de edificios por catástrofes. Ello ha permitido generar un listado de técnicos que podrían mobilizarse en caso de ocurrencia de una catástrofe en el marco de la unidad básica de evaluación de daños y recuperación contemplada en el Plan Territorial de Emergencia de la Comunitat Valenciana. Además, el IVE organiza cursos de formación para los técnicos que componen dicha Unidad de Evaluación de Daños y Recuperación.

En base a la experiencia en la materia el IVE ya ha prestado servicios de inspección técnica de las edificaciones afectadas, a través de la Unidad de Evaluación de Daños y Recuperación o entidades similares, en las siguientes catástrofes o simulacros: Inundaciones del Verger, Els Pobles y Dénia en 2007; Sismo de Lorca, 2011; Simulacro sísmico Buñol, 2014; Incendio de Gandía, 2018; Simulacro sísmico Torrevieja, 2018; Inundaciones en la Comarca de la Vega Baja, 2019.

2 LA EXPERIENCIA EN GESTIÓN DE EMERGENCIAS EN LAS INUNDACIONES DE LA VEGA BAJA (ALICANTE)

Durante los días 11, 12, 13 y 14 de septiembre de 2019 tuvo lugar un temporal de lluvias causado por una DANA, concentrado en la comarca de la Vega Baja, Comunitat Valenciana, que provocó cuantiosos daños en edificios de viviendas y a los usuarios de las mismas (ver Figura 1). El acrónimo DANA hace referencia a una Depresión Aislada en Niveles Altos, también llamado gota fría. Está provocado por el choque de una masa de aire frío en altura con aire caliente de la superficie, que da lugar a chubascos y tormentas intensas. En la Figura 2 se puede observar que llegaron a registrarse precipitaciones por encima de los 500 l/m².



Fig. 1. Imagen aérea del municipio de Dolores, uno de los más afectados por la DANA 2019.

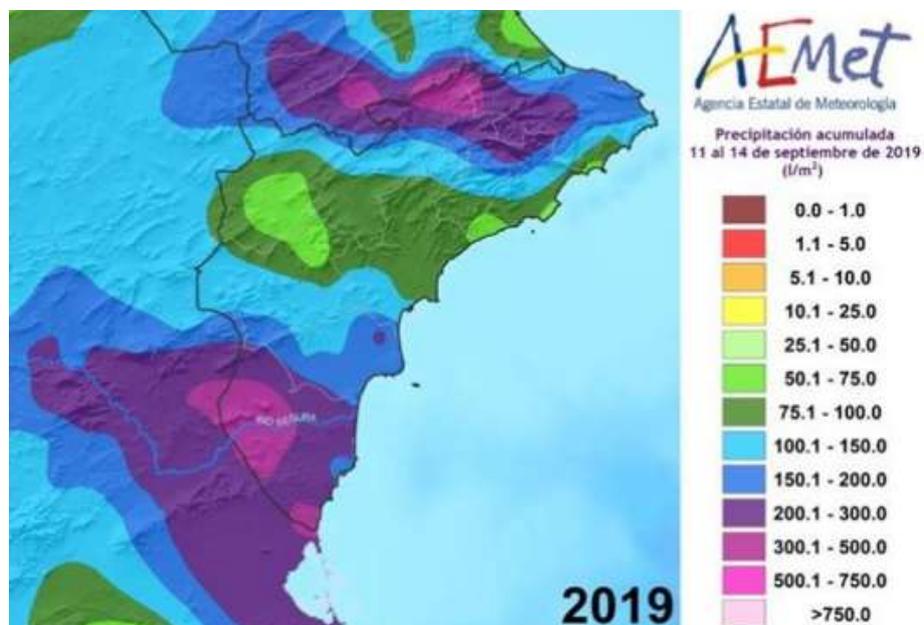


Fig. 2. Precipitación acumulada del 11 al 14 de septiembre de 2019. (Agencia Estatal de Meteorología, 2019)

La comarca de la Vega Baja está contemplada como zona inundable en el PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana) [7].

El 17/09/2019, contactan con IVE desde la Agencia de Seguridad y Respuesta a las Emergencias con el objeto de realizar las correspondientes tareas de inspección y evaluación de daños sufridos en los bienes inmuebles de los municipios afectados por la DANA, así como, detectar posibles situaciones que conlleven riesgo para la seguridad de las personas en las propiedades afectadas.

El trabajo se plantea para ser coordinado desde la Unidad de Evaluación de Daños y Recuperación en el marco del Plan Territorial de Emergencias [1].

La previsión inicial de edificios a evaluar fue de 2.405 repartidos en municipios de la Vega Baja. No obstante, a medida que avanzaban estos trabajos se detectó la necesidad de evaluar edificios ubicados en otras comarcas que también sufrieron las consecuencias de la DANA. Esto ha supuesto la inspección y evaluación de un total de 3.081 edificios.

2.1 ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN DE LOS EQUIPOS DE INSPECCIÓN

2.1.1 Preparación equipo de inspectores

Se tiene la primera reunión de equipo de coordinación IVE en el que se nombraron 4 expertos, de la UPV, en evaluación de daños por catástrofes, para coordinar los 4 grupos de inspectores que se crearon. Estos 4 coordinadores han gestionado el trabajo de una media de 13 inspectores y 785 expedientes cada uno.

A su vez se contactó con colegios profesionales para ampliar el listado de inspectores además de los que forman parte de la propia unidad de evaluación de daños. Realmente se contactó con 72 técnicos, y para tener algunos en reserva, y finalmente participaron 51 en la campaña de la DANA 2019. Una movilización sin precedentes en toda España, tanto en número como en la eficiencia de la propia gestión.

2.1.2 Protocolos y procedimientos

Como se ha comentado con anterioridad, la Comunidad Valenciana ya tenía elaborados dichos protocolos y eran conocidos por los inspectores, tanto en la fase de formación, como en el desarrollo de los simulacros realizados previamente.

En cuanto al procedimiento de inspección y evaluación llevado a cabo, el sistema contempla la elaboración por parte del inspector de una ficha rápida, IER [4], el mismo día que se realiza la inspección del edificio, y una ficha detallada, IED, [5] con la evaluación del daño sufrido por el edificio analizado, incluso con una evaluación económica del mismo.

a)

		I, Estructuras	II, Cubiertas	III, Instalaciones
Estructuras (E)	Cimientos			
	Columnas			
	Entablados			
Cubiertas	Cubiertas			
	Faldones			
	Capiteles exterior			
Zonas comunes	Paramentos			
	Pasillos			
	Fabrorrebas			
Instalaciones	Eléctricas			
	Saneamiento agua			
	Evacuación de agua			
	Gas y calefacción			
	Protección contra incendios			
Muebles	Azulejos			
	Valado perimetral			
	Pavimento			
	Barandillas			
	Reducción de vibración de agua			
	Alfombras			
Muebles				
Piscina				

b)

Fig. 3. Imagen de los protocolos de inspección rápida a) y detallada b) (IVE, 2019)

Así mismo en caso de que en la inspección inicial se estime oportuno la necesidad de tomar alguna medida preventiva como acordonamiento, apuntalamientos, colocación de redes o marquesinas, etc, el sistema prevé la realización, por parte de un experto en la materia, de una serie de actas para definir las medidas preventivas y verificar, en su caso, que se han ejecutado adecuadamente.

Se prepararon todos los ficheros y plataformas para la gestión on line de los trabajos. Es estratégico que todas las personas involucradas trabajaran en una única plataforma: coordinadores, técnicos municipales y de la Conselleria, inspectores, ...

Para la gestión ágil y eficiente de las inspecciones, los resultados de los informes elaborados se han cartografiado mediante un sistema GIS y se encuentra disponible en un servicio web de mapas como se muestra en la siguiente Figura:



Fig. 4. Mapeado de los resultados de las inspecciones de edificios afectados por la DANA 2019.

2.1.3 Principales resultados

En esta campaña, se han inspeccionado 3.081 edificios, (9.226 viviendas) de los cuales 3.045 se ubican en 26 municipios de los 28 que componen la comarca de la Vega Baja y 36 edificios distribuidos en 18 municipios de los pertenecientes a las comarcas de La Vall d'Albaida, El Comptat, Baix Vinalopó y La Costera.

Respecto al tipo de daño que presentan: Edificios colapsados: 19; Edificios con daños graves: 821; Edificios con daños leves: 1.967

Respecto al acceso al edificio: Acceso Permitido: 2.555; Acceso NO Permitido: 153; Acceso Restringido: 373

El significado de estos tres casos es el siguiente:

- PERMITIDO: Ausencia de daños estructurales. Presencia de manchas de humedad, daños en carpinterías y revestimientos.
- RESTRINGIDO: Fábricas en equilibrio inestable, daños en instalaciones con riesgo para los usuarios, fugas insalubres red saneamiento, etc.
- NO PERMITIDO: Colapso de elementos estructurales, descalce de la cimentación, deformaciones de forjados por acumulación de agua, etc.

Estimación económica de daños producidos: Destrucción total de la vivienda: 1.656.490,00 €; Edificios con daños estructurales: 3.180.891,88 €; Edificios con daños no estructurales: 15.542.157,69 €; Daños elementos comunes: 1.168.549,71 €.

TOTAL EDIFICIOS AFECTADOS: 21.548.089,28 €

- Daños en urbanización anexa: 55.704.871,48 €

TOTAL EDIFICIOS AFECTADOS CON URBANIZACIÓN: 77.252.960,76 €

3 LINEAS PARA REFORZAR LA VULNERABILIDAD FRENTE A INUNDACIONES

Las líneas consideradas han quedado incluidas en la Guía para reforzar la resiliencia de los edificios frente a inundaciones del IVE [8]

Este documento pretende ofrecer una herramienta para materializar la reducción de la vulnerabilidad de los edificios existentes frente a inundaciones, a través del desarrollo de fichas sencillas y prácticas de “medidas para la prevención de daños por inundaciones en edificios existentes”, donde se proponen pautas y soluciones que se pueden acometer para minimizar las pérdidas ocasionadas por las inundaciones. Está destinada principalmente a los propietarios, usuarios o responsables de edificios existentes de uso residencial vivienda o parte de estos (viviendas, locales de uso comercial, etc.), que están situados en zonas con inundaciones recurrentes, y que no han sido diseñados para mitigar la probabilidad de sufrir daños de un determinado nivel a los que puedan estar sometidos.

El documento consta de un primer apartado, donde se abordan aspectos generales de los fenómenos de inundaciones, y dos bloques diferenciados. En el primero, se desarrolla el procedimiento para la estimación de la probabilidad de que un edificio existente sufra daños, en función del tipo de vulnerabilidad global del edificio existente y del nivel máximo de agua esperado. En el segundo bloque se presentan las medidas de prevención de daños en “elementos constructivos” y “equipamientos y servicios” de edificios existentes, a través de una serie de fichas de aplicación práctica.

Para los elementos constructivos se propone las siguientes categorías de medidas: Evitar, Resistir y Tolerar (Figura 5).

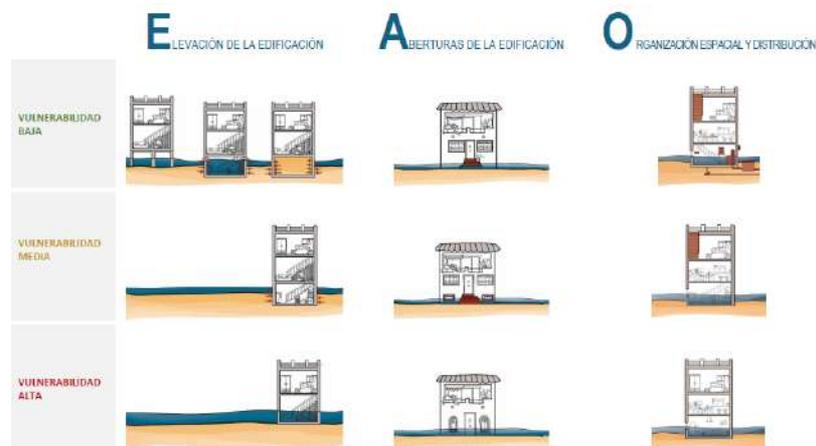


Fig. 5. Esquema de criterios para evaluar la vulnerabilidad en edificios atendiendo a la elevación, aberturas de la edificación y organización espacial y distribución.

Para los equipamientos y servicios se proponen las categorías de medidas: Elevar, Reubicar, Proteger y Modernizar (Figura 6.)

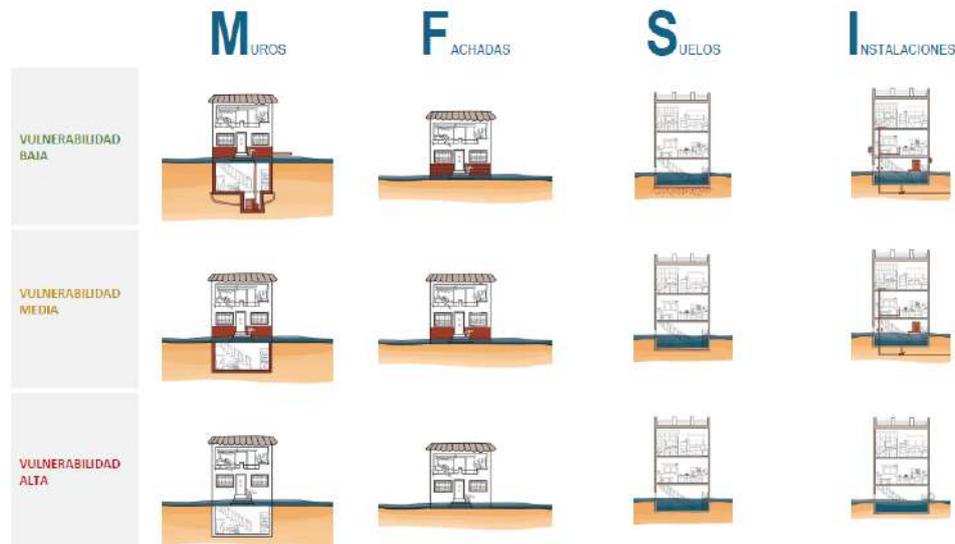


Fig. 6. Esquema de criterios para evaluar la vulnerabilidad en edificios atendiendo a los diferentes elementos constructivos.

4 CONCLUSIONES

Existe un gran número de viviendas ubicadas en zonas caracterizadas como inundables. Es inviable reubicarlas en nuevas zonas sin riesgo.

Es vital elaborar estudios para conocer y cuantificar el riesgo de daño previsto para las personas y los edificios ubicados en zonas con cierta peligrosidad.

El disponer de protocolos de inspección y evaluación de daños se ha mostrado como una herramienta eficaz para poder cuantificar los impactos sociales, residenciales y económicos de forma ágil y sistemática. Así mismo, la utilización de sistemas inteligentes de gestión por internet y de georreferenciación ha facilitado enormemente el desarrollo de las correspondientes tareas.

Tener constituida una Unidad de Evaluación de Daños en edificios con técnicos inspectores que han recibido formación sobre evaluación sobre daños por catástrofes ha sido crucial a la hora de abordar los trabajos de forma eficiente, pues son materias que no se imparten en las universidades.

Por último, es importante que la población afectada tenga información de los riesgos que implica vivir en zonas inundables, de forma fácilmente entendible, sin tecnicismos, pero rigurosa. Deben entender el concepto de vulnerabilidad de sus viviendas, poder estimarlo y tomar las correspondientes medidas para reducirlo. Las Administraciones deberían lanzar campañas al respecto y programadas de ayudas para que la ciudadanía pueda implementar esas medidas en sus viviendas, especialmente, las personas más vulnerables que suelen ser siempre las más afectadas.

5 REFERENCIAS

- [1] DECRETO 119/2013, de 13 de septiembre, del Consell, por el que aprueba el Plan Territorial de Emergencia de la Comunitat Valenciana, DOGV núm. 7111, 16.09.2013.

- [2] B. Serrano-Lanzarote, R. Temes-Córdovez, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Valenciana. *Informes de la Construcción*, 67(539), doi.org/10.3989/ic.13.182.
- [3] DECRETO 44/2011, de 29 de abril, del Consell, por el que aprueba el Plan Especial frente al Riesgo Sísmico en la Comunitat Valenciana, DOGV núm. 6512, 03.05.2011.
- [4] B. Serrano-Lanzarote, A. García-Prieto Ruiz, Ficha de evaluación rápida de daños por sismos, inundaciones e incendios en edificios, ed., Instituto Valenciano de la Edificación, Valencia, 2020.
- [5] B. Serrano-Lanzarote, A. García-Prieto Ruiz, Ficha de evaluación detallada de daños por sismos, inundaciones e incendios en edificios, ed., Instituto Valenciano de la Edificación, Valencia, 2020.
- [6] B. Serrano-Lanzarote, A. García-Prieto Ruiz, Guía para la inspección y evaluación de daños en edificios por inundaciones (Documento Reconocido por GVA, con código DRB 08/09), ed., Instituto Valenciano de la Edificación, Valencia, 2012.
- [7] DECRETO 201/2015, de 29 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Plan de acción territorial sobre prevención del riesgo de inundación en la Comunitat Valenciana, DOGV núm. 7649, 03.11.2015.
- [8] B. Serrano-Lanzarote, A. García-Prieto Ruiz, Guía para reforzar la resiliencia de los edificios frente a inundaciones, ed., Instituto Valenciano de la Edificación, Valencia, 2020.

Integration of renewable energies and hydrogen-based technologies for social housing energy saving

V.M. Maestre ⁽¹⁾, A. Ortiz ⁽²⁾, I. Ortiz ⁽³⁾

Chemical and Biomolecular Engineering Department, University of Cantabria.

(1) maestrevm@unican.es. (2) ortizal@unican.es. (3) ortizi@unican.es

Abstract

Energy use for buildings is responsible for 17.5% of total global greenhouse gas (GHG) emissions. The residential building stock in Europe is heterogeneous and inefficient, with 75% of dwellings being 25 years old or older, which contributes to 92% of all emissions associated with this sector. Innovative solutions must therefore be implemented to decarbonize their energy consumption and improve their overall efficiency. In this context, the INTERREG SUDOE ENERGY PUSH project was created to contribute to the improvement of energy efficiency management in social buildings in the southwest region of Europe. Through the combination of renewable energies and new hydrogen technologies for seasonal energy storage, the use of Building Information Modelling (BIM) methodology, and passive renovation, the aim is to benefit the most vulnerable inhabitants and avoid the risk of energy poverty.

Keywords: Renewable energy; residential and buildings sector; green hydrogen; fuel cell; self-sufficiency.

1 INTRODUCTION

The anthropogenic contribution to the increase in greenhouse gases (GHG) has triggered an unsustainable and urgent climate change situation. Therefore, governments, policymakers, private companies, and stakeholders have been forced to define and implement a series of measures and policies to limit pollutant emissions. The increase in energy requirements linked to the increment of the global population has negatively influenced the growth of GHG in the atmosphere, and thus, it has aggravated other problems such as energy poverty compromising the social well-being of most vulnerable citizens [1].

To ensure clean and affordable energy access for the inhabitants along with the achievement of a sustainable climate situation, the increase in the deployment of renewable energies (RES) is fundamental. However, despite the consistent growth of RES capacity worldwide, their contribution to the energy mix barely reaches 10% of the final energy consumed globally, and a six-fold increment is required to ensure the energy transition and the compliance of Sustainable Development Goals. To fight RES intermittency, energy storage systems (ESS) are key to fostering facilities' reliability. In this regard, hydrogen has emerged as a very promising and feasible energy carrier against traditional ESS that have important drawbacks related to their environmental impact and waste management [2]. Therefore, the hybridization of hydrogen technologies and renewable energies represents an important opportunity to decarbonize different economic sectors.

Now, RES share in energy use in buildings is 36% for both heat and power. This value needs to be increased up to 77% by 2050 to meet emission reduction targets [3]. The most employed RES in buildings are PV panels, solar thermal collectors, biomass, geothermal, and heat pumps [4]. The

energy consumption in European buildings is responsible for 40% of the total energy consumed and 36% of GHG emissions. Furthermore, 75% of these buildings are older than 25 years and highly inefficient, contributing to over 90% of emissions associated with this sector.

Therefore, efforts are focused on the refurbishment of old buildings. Measures to improve energy efficiency may potentially reduce their energy consumption by 6, resulting in CO₂ emissions savings up to 5% [5]. Moreover, new buildings must have a minimum renewable energy contribution of 70% [6]. However, these measures are not enough to reach the planned decarbonization of this sector, so renewable hydrogen-based strategies (RHS) can represent a great opportunity to achieve a low-carbon energy supply for buildings [7,8].

In this context, the INTERREG SUDOE ENERGY PUSH [9] project proposes an innovative solution to ensure the increase of social housing efficiency and combat energy poverty in a sustainable way by combining renewable energies, hydrogen-related technologies, Building Information Modelling (BIM) methodology [10] and passive renovation. To demonstrate the feasibility and benefits of these solutions, four pilots will be implemented in different locations of the SUDOE region (Portugal, Spain, and southwest of France). In particular, a pilot plant designed by the University of Cantabria that combines both RES and hydrogen technologies will be deployed in social housing in Novales (municipality of Alfoz de Lloredo, Cantabria, Spain). This demonstration is aimed at achieving energy self-sufficiency of the house without needing neither electricity from the grid nor fossil fuel-based ancillary gensets like diesel generators.

2 METHODS AND MATERIALS

Renewable hydrogen-based systems (RHS) are designed depending on the type of load to be supplied, the meteorological conditions of the location, the type of technologies to be used, the budget available for the execution of the installation, etc. Therefore, the design of RHS requires a deep understanding of energy balances within the system, implemented control strategies, etc. Solar photovoltaic energy will be the primary energy source in Novales. To combat PV intermittency and advantage the periods with energetic surpluses, different ESS will be installed within the system: lithium-ion batteries for short-term energy storage and hydrogen-based technologies for seasonal energy storage. Fig. 1 depicts schematically the main equipment of the pilot plant and the energy flows throughout the system.

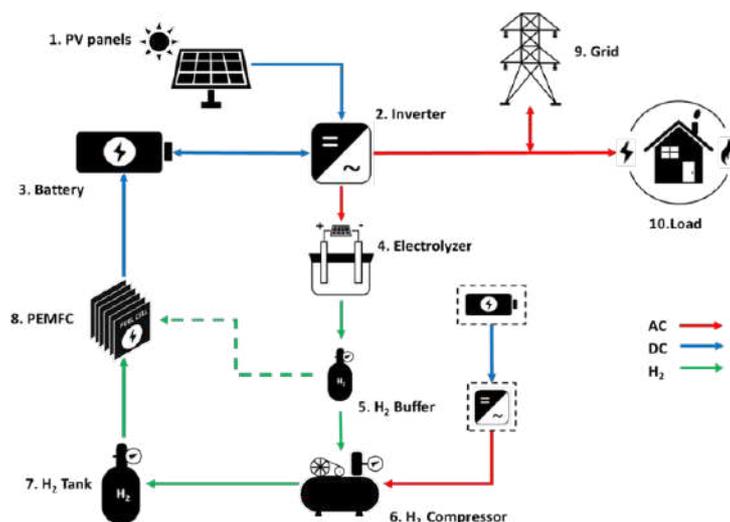


Fig. 1: Schematic diagram of the hybrid renewables hydrogen-based system in Novales (Cantabria, Spain).

Hydrogen-based technologies, also known as hydrogen chains, consist of the following elements:

- **Electrolyzer:** this device generates hydrogen through water (depending on the electrolyzer technology, the water may need different levels of deionization and demineralization) and electricity. If this electricity comes from RES, the generated hydrogen is called "green hydrogen". The internal membrane electrode assembly (MEA) of the electrolyzer splits water molecules into hydrogen and oxygen. The hydrogen is employed for seasonal energy storage, while oxygen and heat are released to the atmosphere as only by-products.
- **Hydrogen storage:** the hydrogen generated in the electrolyzer is stored in tanks that can be based on different technologies.
- **Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC):** this equipment is responsible for power retrieval from hydrogen, so that, by combining it with oxygen, this device generates direct current that is injected into the home's supply system. The fuel cell will produce water and heat as the only wastes during its operation.

Apart from these devices, an intermediate compression stage could be added to substantially reduce the hydrogen storage dimensions. Furthermore, in the case of water-cooled electrolyzers and/or PEMFCs, heat could be recovered to fully or partially cover hot water requirements by recirculating the water coming out of these devices through heat exchangers.

To carry out the design and sizing of the system, an hourly load profile has been built by compiling real consumption data from the smart meter of a home during a whole year to obtain an accurate distribution of the load demand. Subsequently, the size and characteristics of a social housing unit have been taken into account to adjust the modeled consumption as much as possible to the real consumption of the home where the prototype is going to be implemented. Finally, an hourly PV production profile is obtained using HOMER Pro software. This tool employs NASA databases to generate an hourly distribution of the PV production during a year employing meteorological resources at the location of Novales.

Once both the consumption profile of the house and the production profile of the PV panels have been created, there can be three different situations:

- 1 Demand is equal to production.
- 2 The demand is higher than the production, so we have periods of uncovered load.
- 3 Production is greater than demand, so we have excess energy that can be used to store energy in batteries or the form of hydrogen. If it is not possible to assimilate all the excess energy, the surplus energy could even be injected into the grid to obtain economic benefits as a "decentralized generation plant" (the legislative framework concerning self-consumption facilities in force in each territory of the SUDOE region must be taken into account).

By quantifying the periods of energy surplus and deficit, we proceed to dimension the different energy storage elements to achieve grid independence as consumers.

3 RESULTS

The optimal system comprising RES, batteries, hydrogen storage, and a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) has been designed to ensure an uninterrupted supply to the load.

After applying the previously depicted hypothesis to build both consumption and production yearly profiles, they are presented in Fig. 2:

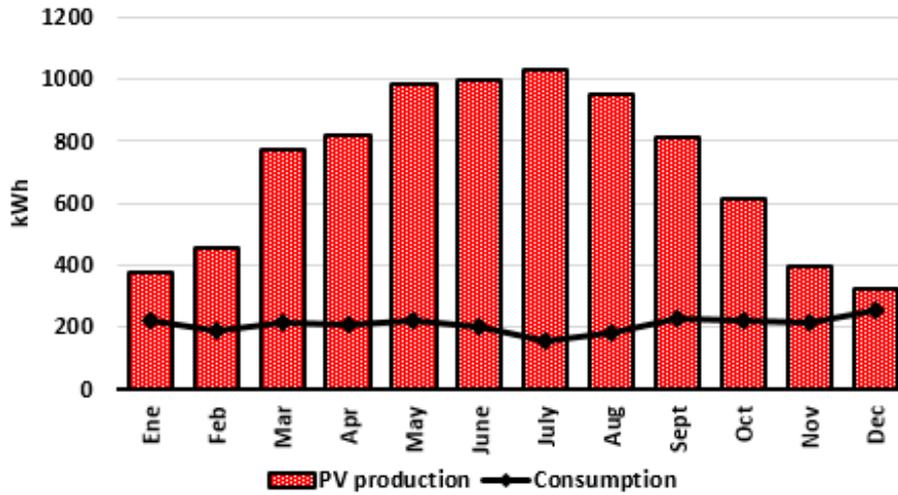


Fig. 2: PV production and load consumption at Novales (Cantabria, Spain).

A large excess of PV production is needed in addition to a correct sizing of the storage devices (batteries and hydrogen chain) to cover the energy needs of the house during the year (about 3.5 times more). This energy surplus varies seasonally, being much higher in summer, which means that not all the excess can be stored. This can be appreciated in Fig. 3 that shows the evolution of the stored energy in the high-pressure hydrogen tank, the buffer tank, and batteries. Storage autonomy is assumed to be 100% at 00:00 of January the 1st of the first year. The initial level of year 2 is the last level of stored autonomy in year 1.

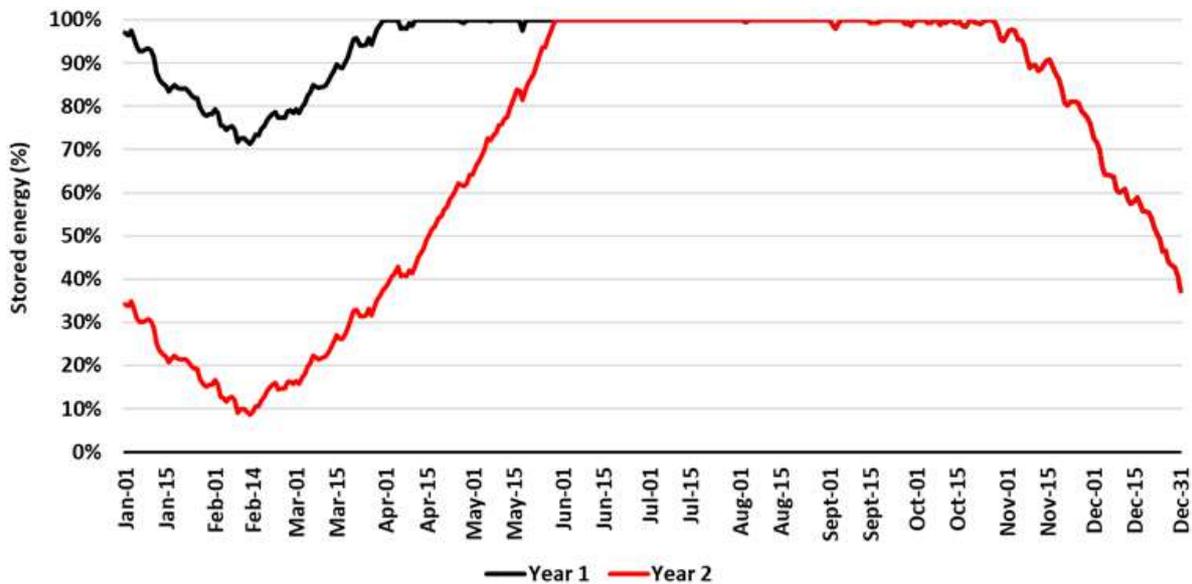


Fig. 3: Evolution of total stored energy at Novales (Cantabria, Spain).

Together with the annual evolution of the stored energy level, the efficiency of the renewable energy-hydrogen hybrid system, the primary energy saved by the fossil-based system, and the CO₂ emissions avoided during one year of operation of the pilot plant are calculated.

$$E_{useful,n} = \sum(E_{load} + E_{excess,year n}) \tag{1}$$

$$\eta_{RHS,year n} = \frac{\sum(E_{useful,n})}{\sum(E_{PV})} \quad (2)$$

$$Primary\ energy\ savings, year\ n = 2.403 \cdot \sum(E_{useful,n}) \quad (3)$$

$$CO_2\ emissions\ savings, year\ n = 0.357 \left[\frac{kg\ CO_2}{kWh} \right] \cdot \sum(E_{useful,n}) \quad (4)$$

Where "n" is the year, $\eta_{RHS,year n}$ is the efficiency of the system in the year "n", $E_{useful,n}$ is the total useful energy (consumed by the load and injectable into the grid) in kWh, E_{load} is the total energy consumed by the home in kWh, and $E_{excess,year n}$ is the total load injectable to the grid in year 2 in kWh.

The main results are summarized in Table 1:

Annual consumption of the home	2,513 kWh
Total PV production (considering temperature effects, angular reflectance, inverter, etc.)	8,660 kWh
Excess energy year 1	568.2 kWh
Excess energy year 2	416.2 kWh
$\eta_{RHS,year 1}$	35.6%
$\eta_{RHS,year 2}$	33.8%
Primary energy savings year 1 ^a	7,404.12 kWh
Primary energy savings year 2 ^a	7,038.87 kWh
CO ₂ emissions avoided year 1 ^b	1,100 kg CO ₂
CO ₂ emissions avoided year 2 ^b	1,046 kg CO ₂

Table 1: Summary of simulated results of the pilot plant in Novales (Cantabria, Spain)

^a Coefficient of transition from final energy to primary energy (RITE: Coefficients of transition to primary energy of different sources of final energy consumed in the building sector in Spain) [11] → **2,403 kWh E_{primary} / kWh E_{useful}**

^b Emission factor of CO₂ (RITE: Emission factor of different sources of final energy consumed in the building sector in Spain) [11] → **0,357 kg CO₂ / kWh E_{useful}**

4 CONCLUSIONS

The current evolution of GHG makes it necessary to implement a series of measures to mitigate climate change and ensure access to clean energy for all citizens. To this end, innovative solutions must be adopted in inefficient and energy-intensive sectors such as residential and buildings. One of the alternatives proposed in the framework of the European INTERREG SUDOE ENERGY PUSH project consists of the use of renewable energies and new hydrogen technologies to guarantee an uninterrupted energy supply to a social housing unit. The main objectives are the improvement of the overall energy efficiency of the dwelling without pollutant emissions and benefiting the most vulnerable population. The pilot plant to be implemented in Novales (Cantabria, Spain) will allow its users to become independent from the electricity grid, saving up to 1 ton of CO₂ per year and even obtain benefits from the sale of surplus energy. In short, this pilot project represents a turning point for the decarbonization of the building stock and the improvement of their energy management.

5 REFERENCES

- [1] M. Salvia, D. Reckien, F. Pietrapertosa, P. Eckersley, N.A. Spyridaki, A. Krook-Riekkola, et al., Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU, *Renew Sustain Energy Rev* (2021);135:110253.
- [2] I. Staffell, D. Scamman, A. Velazquez Abad, P. Balcombe, P.E. Dodds, P. Ekins, et al., The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system, *Energy Environ Sci* (2019);12:463–91.
- [3] IRENA. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. Available in: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf, 2018. Last accessed on October 22, 2021.
- [4] Gerhardt N, Bard J, Schmitz R, Beil M, Pfennig M, Kneiske T. Hydrogen in the energy system of the future: focus on heat in buildings. Available in: <https://www.iee.fraunhofer.de/en/presse-infothek/press-media/overview/2020/Hydrogen-and-Heat-in-Buildings.html>, 2020. Last accessed on October 22, 2021.
- [5] EUROPE'S BUILDINGS UNDER THE MICROSCOPE: A country-by-country review of the energy performance of buildings. Available in: <https://www.bpie.eu/publication/europes-buildings-under-the-microscope/>, 2011. Last accessed on October 22, 2021.
- [6] DIRECTIVE (EU) 2018/844 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Available in: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG, 2018. Last accessed on October 22, 2021.
- [7] V.M. Maestre, A. Ortiz, I. Ortiz, Challenges and prospects of renewable hydrogen-based strategies for full decarbonization of stationary power applications, *Renew Sustain Energy Rev* (2021);152:111628.
- [8] V.M. Maestre, A. Ortiz, I. Ortiz, The role of hydrogen-based power systems in the energy transition of the residential sector, *J Chem Technol Biotechnol* (2021), <https://doi.org/10.1002/JCTB.6938>.
- [9] Energy Push – Energy efficiency for a sustainable future in social housing. Available in: <https://www.sudoe-energypush.eu/>, 2019. Last accessed on October 22, 2021.
- [10] B. Seabra, P.F. Pereira, H. Corvacho, C. Pires, N.M.M. Ramos, Low Energy Renovation of Social Housing: Recommendations on Monitoring and Renewable Energies Use, *Sustainability*, (2021);13:2718.
- [11] Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Available in: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>, 2007. Last accessed on October 22, 2021.

Acknowledgements and Funding: This research is being supported by the Project ENERGY PUSH SOE3/P3/E0865, which is co-financed by the European Regional Development Fund (ERPF) in the framework of the INTERREG SUDOE Programme and the Spanish Ministry of Science, Innovation, and Universities (Project: RTI2018-093310-B-I00).

Mejora de la resiliencia urbana frente al cambio climático; oportunidades y retos

M.I. Rodríguez-Rojas

Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Universidad de Granada. mabel@ugr.es.

Resumen

El cambio climático es posiblemente el mayor reto al que nos enfrentamos hoy en día, por su dimensión global y sus implicaciones socio-económicas. El aumento de las temperaturas y la intensificación de los fenómenos meteorológicos están generando graves problemas ambientales que se están viendo agravados por la impermeabilización casi generalizada de nuestras ciudades. El denominado 'sellado del suelo' ha generado un aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones así como de la temperatura en la ciudad -'isla de calor'-, lo que ha llevado a la necesidad de construir un nuevo modelo urbanístico que se sitúe más cerca de los procesos naturales. El movimiento de las llamadas 'Ciudades Sensibles al Agua' reclama entornos urbanos más habitables, resilientes y sostenibles, utilizando el agua y los espacios verdes como vector fundamental en el proyecto de la ciudad. En este artículo se plantean los principios básicos para un nuevo planeamiento sensible al agua que será fundamental en el urbanismo del futuro.

Palabras claves: Resiliencia, Cambio climático, Sistemas de Drenaje Sostenible, Diseño Urbano Sensible al Agua, Ciudades Sensibles al Agua.

1 CAMBIANDO EL PARADIGMA DEL DISEÑO URBANO; HACIA UN MODELO DE CIUDAD RESILIENTE Y SENSIBLE AL AGUA

El cambio climático es posiblemente el mayor reto ambiental de la sociedad actual por su afección global y sus profundas implicaciones sociales y económicas. El conocimiento de sus riesgos e impactos junto con su seguimiento y el desarrollo de medidas de adaptación para hacerle frente, proporcionan las bases para disminuir la vulnerabilidad urbana y aumentar la resiliencia frente a este fenómeno. Las ciudades están sufriendo impactos significativos como consecuencia de la intensificación de los fenómenos meteorológicos, los cuales se ven agravados por el continuo proceso de impermeabilización que han sufrido las ciudades durante todo el siglo XX. El 'sellado del suelo' ha generado numerosos impactos ambientales, en muchos casos irreversibles, como la degradación de los suelos, la reducción de la biodiversidad, el incremento de la temperatura en la ciudad -efecto 'isla de calor'- y el aumento de la de escorrentía que produce graves problemas de inundaciones, vertidos de agua contaminada y colapsos en las redes de saneamiento. Este continuo proceso de expansión e impermeabilización del área construida ha llevado a que de los 1000 km² de superficie que se urbanizan al año en Europa el 67% sean impermeables [1].

En este sentido, los denominados 'SuDS' o 'Sistemas de Drenaje Sostenible' están empleándose desde los años 90 como herramienta para paliar los efectos de la impermeabilización. Estos sistemas están diseñados para recuperar, en la medida de lo posible, el ciclo hidrológico natural del agua alterado por el sellado del suelo, infiltrando, reteniendo y reutilizando el agua pluvial en la ciudad. Constituyen un enfoque más sostenible de la gestión de la escorrentía, más allá del tradicional que trata de recoger y conducir el agua pluvial a las redes de saneamiento lo antes

posible, eliminándola por completo de la superficie de las calles. Sin embargo, una acción integral para combatir los efectos del sellado del suelo y del cambio climático requiere de un cambio en el paradigma del diseño urbano más allá de la implantación puntual de los SuDS como medida paliativa para solucionar problemas ocasionados por un modelo urbanístico insostenible. Para ello, el proceso de construcción de la ciudad ofrece una oportunidad muy valiosa para restaurar la calidad ambiental y disminuir los efectos generados por el cambio climático y el sellado del suelo.

Esta aproximación a un urbanismo 'a favor' y no 'en contra' del agua pluvial se ha ido concretando en los últimos años en el denominado 'Diseño Urbano Sensible al Agua' [2], el cual se define como la integración del planeamiento urbano en la gestión, protección y conservación del ciclo del agua, de forma que se asegure una gestión del agua sensible a los procesos hidrológicos y ecológicos. Su aplicación en la lucha contra el cambio climático se ha convertido en los últimos diez años en una prioridad mundial, dando origen a un movimiento denominado 'Ciudades Sensibles al Agua' [3], cuyo objetivo principal es hacer de nuestras ciudades lugares más agradables para vivir, resilientes y sostenibles, recuperando una relación entre el agua y la ciudad más natural. Dado lo reciente de estos planteamientos, no existe aún una teoría definida de cómo debe implementarse este ideario en la planificación. En este artículo se plantean una serie de principios básicos que pueden servir a urbanistas a adentrarse en esta corriente de planeamiento urbano sensible al agua

2 EL AGUA PLUVIAL EN LA CIUDAD, CONVERTIR LA AMENAZA EN OPORTUNIDAD

El equilibrio entre el ambiente construido y el natural ha determinado en gran medida la calidad ambiental de nuestras ciudades a lo largo de los años. El agua es quizá el elemento principal que relaciona y armoniza los componentes de ambos sistemas. Siempre se ha establecido una correspondencia directa entre la presencia de vegetación y agua con la calidad de vida en las ciudades, siendo la disminución de estos sinónimo de pérdida de confort y de aumento de vulnerabilidad en los espacios urbanos más degradados. El cambio climático está agravando esta situación, generando la intensificación de los fenómenos climatológicos extremos, con períodos de sequía e inundaciones que provocan graves pérdidas económicas y de vidas humanas, a la vez que añaden una presión adicional sobre las infraestructuras y los hogares situados en lugares vulnerables. La casi total impermeabilización de la piel urbana que no permite la infiltración del agua y aumenta la temperatura del suelo no hace sino más que potenciar las consecuencias de este fenómeno.

En este contexto, mejorar la resiliencia de nuestras ciudades ante estos fenómenos climáticos se ha convertido hoy en día en una prioridad a nivel global. Recuperar la relación con el agua y los espacios naturales puede ayudar a mitigar estos efectos y a mejorar en gran medida la calidad ambiental de las ciudades. Como respuesta a esta demanda se ha planteado la necesidad de recuperar un urbanismo más cercano al agua que actúe en concordancia con los procesos naturales. El denominado el 'Diseño Urbano Sensible al Agua' ha nacido para dar respuesta a esta necesidad, proponiendo una planificación de los entornos urbanos de la mano del agua pluvial que mejore la resiliencia frente al cambio climático. En esta línea surge el movimiento de las 'Ciudades Sensibles al Agua', el cual reclama entornos más habitables y resilientes recuperando una relación más directa con el agua.

Las bases para el diseño de las Ciudades Sensibles al Agua están en constante revisión, dado lo reciente de su planteamiento. Según Wong y Brown [4] estas bases pueden resumirse en: i) las ciudades deben aprovechar las diferentes fuentes de suministro de agua y a diferentes escalas, ii)

la ciudad debe prestar servicios ecosistémicos, y iii) las ciudades deben albergar comunidades sensibles al agua. Para potenciar la transferencia de estas bases a la realidad urbanística, resulta necesario definir y concretar cuáles son los principios metodológicos que rijan la incorporación del 'Diseño Urbano Sensible al Agua' al planeamiento. Partiendo de estos tres elementos fundamentales se proponen los siguientes principios para la planificación de 'Ciudades Sensibles al Agua':

2.1 APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Las ciudades pueden planificarse para aprovechar los recursos hídricos que generan. La alta impermeabilidad de los entornos urbanos genera una gran cantidad de agua que, en lugar de ser considerada como una amenaza -derivándola inmediatamente a las redes de saneamiento ante el peligro de una inundación-, puede considerarse como un potencial y un recurso. Así, el aprovechamiento del agua pluvial es el primer requerimiento en las 'Ciudades Sensibles al Agua', de forma que el espacio urbano debe ser diseñado para **retener, infiltrar y reutilizar** el agua de lluvia.

Para ello, la integración de los SuDS o 'Sistemas de Drenaje Sostenible' juega un papel fundamental como herramienta para recuperar el ciclo hidrológico previo a la impermeabilización. La planificación de espacios multifuncionales que retengan el agua pluvial en momentos de lluvia para infiltrarla directamente o reutilizarla después en usos no consuntivos, es un hecho cada vez más frecuente en ciudades españolas y del resto del mundo. Éste es el caso de los estanques de detención que se integran en los parques (Figura 1), los jardines de lluvia que se insertan en las calles (Figura 2), los pavimentos permeables colocados en aceras y/o aparcamientos (Figura 3) o las ya muy utilizadas cubiertas vegetadas. Estos elementos están demostrando su eficiencia en la disminución de la probabilidad de inundación ante eventos de alta intensidad, en la disminución de la temperatura urbana y la mejora de la calidad del aire y del paisaje urbano [5]. Los pavimentos permeables por ejemplo pueden llegar a disminuir en un 95% los caudales punta generados por una lluvia [6], los espacios verdes pueden disminuir la temperatura en una calle urbana en torno a los 15°-20°C [7] y 1 m² de cubiertas verdes puede absorber 5kgs de CO² al año [8]. En unas ciudades cada vez más contaminadas, carentes de espacios verdes y con alta vulnerabilidad ante los fenómenos meteorológicos, parece incuestionable que el planeamiento futuro integre estos sistemas.



Fig. 1. Parque en Can Cortada, Barcelona [5]



Fig. 2. Jardín de lluvia en Bon Pastor, Barcelona [5]



Fig. 3. Aparcamiento con pavimentos permeables en Campus Universitario de Cartuja, Granada

2.2 RENATURALIZACIÓN DE LOS PROCESOS HIDROLÓGICOS URBANOS

Las ciudades pueden prestar servicios ecosistémicos al medio natural, de forma que colaboren en las funciones del ciclo hidrológico. En este sentido, la morfología urbana puede contribuir a renaturalizar el comportamiento del agua en la ciudad. Las redes de calles pueden planificarse para que generen caminos de agua que transporten la escorrentía en superficie a lugares donde ésta pueda infiltrarse y/o reutilizarse, calmando así la torrencialidad de las lluvias y disminuyendo considerablemente la probabilidad de inundación (Figura 4). Estos corredores azules pueden servir de la vegetación para convertirse en elementos de un alto valor natural en el medio urbano, que además de regular la temperatura en la ciudad, generen nuevos ecosistemas de gran valor natural (Figura 5).

De este modo, la ciudad se comporta como un elemento que auto-regula la escorrentía que ella misma genera, utilizándola para mejorar el confort urbano y paliar los efectos del cambio climático. Así, la ciudad puede contribuir a un proceso de 'Economía circular del agua pluvial' [9], en el que se cambiarían los 'Outputs' por 'Inputs', la amenaza por la oportunidad y el riesgo por la habitabilidad.

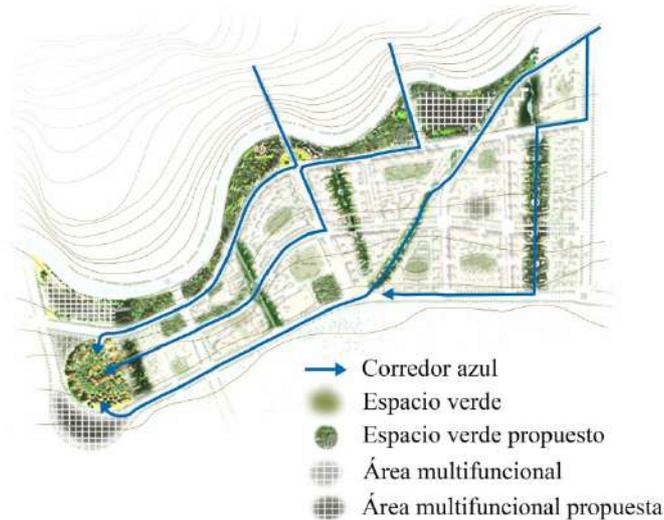


Fig. 4. Interconexión de corredores verdes y azules, propuesta teórica [10]



Fig. 5. Interconexión de corredores verdes y azules. Avenida de Gasteiz, Vitoria

2.3 CREACIÓN DE COMUNIDADES SENSIBLES AL AGUA

Las ciudades pueden generar comunidades sensibles al agua. La implicación de los diferentes agentes sociales urbanos constituye una condición necesaria para que el 'Diseño Urbano Sensible al Agua' sea una realidad en nuestras ciudades. El cambio de paradigma que las 'Ciudades Sensibles al Agua' suponen en el diseño de la ciudad requiere establecer estrategias colaborativas con los ciudadanos de forma que estos se vean implicados en la toma de decisiones. Para que la transición a este modelo de planeamiento sea posible, es conveniente desarrollar proyectos piloto que permitan compartir informaciones y conocimientos con la comunidad y hagan efectiva la participación de los diferentes agentes sociales implicados. Esto resulta fundamental para que las propuestas técnicas respondan a la realidad física, socio-económica y cultural en la que se insertan y se mantengan en el tiempo como un valor añadido en las ciudades.

Por otro lado, la coordinación institucional y la eliminación de las barreras técnicas resulta imprescindible para llevar a cabo un planeamiento que se integre en la gestión del agua urbana. En la actualidad, la segregación competencial en materia de urbanismo y agua hace más complicado esta integración, por lo que se deberán articularse mecanismos de cooperación entre administraciones. Para ello, sería necesario establecer normativas que obligaran a que los documentos urbanísticos incorporaran el planeamiento sensible al agua como un requerimiento ambiental más, tal y como ya lo hacen otros aspectos [10].

3 CONCLUSIONES

La gran expansión que las ciudades han experimentado en el siglo XX ha ocasionado un olvido casi generalizado de su relación con el agua. La continua impermeabilización de los suelos ha generado un considerable aumento de los volúmenes de escorrentía que las redes de saneamiento ya no pueden absorber, así como un incremento de la temperatura de las superficies que ha alterado el clima urbano. Esta situación de deterioro se ha visto agravada por los efectos del cambio climático: la intensificación de los fenómenos meteorológicos -olas de calor, sequías y lluvias torrenciales- está ocasionando graves problemas económicos, sociales y ambientales en las ciudades de todo el mundo. Esta situación de vulnerabilidad ha generado la necesidad de replantear los actuales modelos urbanos, donde la presencia del agua y los espacios verdes sirvan para mejorar el confort urbano y mitigar los efectos del cambio climático.

En este sentido, el 'Diseño Urbano Sensible al Agua' surge como respuesta a la necesidad de construir entornos urbanos más cercanos al agua y a la naturaleza, donde las actividades propias del hombre puedan desarrollarse sin que esto implique una perjudicial alteración del ciclo natural del agua. Para ello, deben establecerse relaciones solidarias entre los medios urbano e hidrológico, de forma que las ciudades utilicen el agua pluvial como una oportunidad para mejorar su calidad ambiental, el diseño de la ciudad y su morfología urbana presten servicios ecosistémicos al medio natural trabajando para renaturalizar el ciclo urbano del agua y por último, se potencie la generación de comunidades sensibles al agua que ayuden a la implantación y el mantenimiento de estas acciones.

De este modo, será necesario incorporar el agua tanto en el proceso de diseño y planificación de la ciudad como en las normativas urbanísticas, de forma que puedan establecerse ciertas recomendaciones u obligaciones en relación a la gestión del drenaje en el ámbito del urbanismo. Todo ello contribuirá a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, referencia hoy en día en la planificación global.

No podemos obviar que nos encontramos en un momento de cambio en el que debemos adaptar nuestros conocimientos técnicos para ponerlos al servicio de un modelo de planificación integrada agua-ciudad que contribuya al desarrollo de proyectos sensibles al agua, a la mejora de la calidad ambiental de las ciudades y al aumento de su resiliencia ante un apremiante cambio climático.

4 REFERENCIAS

- [1] A. Fini, P. Frangi, J. Mori, D. Donzelli, F. Ferrinia, Nature based solutions to mitigate soil sealing in urban areas: Results from a 4-year study comparing permeable, porous, and impermeable pavements. *Environmental Research*, 156 (2017) 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.032>
- [2] COAG 'Council of Australian Governments Meeting'. Available in: <http://ncp.ncc.gov.au/docs/Council%20of%20Australian%20Governments%20Meeting%20-%2025%20June%202004.pdf>. Last accessed on September 18, 2021.
- [3] CRC for Water Sensitive Cities. Available in: <https://watersensitvecities.org.au/>. Last accessed on October 13, 2021.
- [4] T. Wong, R. Brown, The water sensitive city: principles for practice, *Water science and technology* 60 (3), 2009, 673–682, <https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>

- [5] Jornadas Red SuDS 2017. Available in:
http://observatoriagua.uib.es/repositori/suds_jornadas_2017.pdf. Last accessed on September 23, 2021.
- [6] M.I. Rodríguez-Rojas, F. Huertas-Fernández, B. Moreno, G. Martínez. Middle-Term Evolution of Efficiency in Permeable Pavements: A Real Case Study in a Mediterranean climate. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17 (21), 2020, 7774. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217774>
- [7] CRC for Water Sensitive Cities, Determine the microclimate influence of harvesting solutions and Water Sensitive Urban Design at the micro-scale. Available in: <https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2016/06/GreenCitiesandMicroclimate-no1-web.pdf>. Last accessed on September 12, 2021.
- [8] T. Carter, A. Keeler, Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems, *Journal of Environmental Management*, (87), 2008, 350-363.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.024>
- [9] A. Hoban, T.H.F. Wong, WSUD resilience to Climate Change. 1st international Hydropolis Conference, Perth WA, October 2006.
- [10] M.I. Rodríguez-Rojas, M.M. Cuevas-Arrabal, M.M., B. Moreno, G. Martínez. El cambio de paradigma de la gestión del drenaje urbano desde la perspectiva del planeamiento. Una propuesta metodológica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 75, 2017, 55-74.
<https://doi.org/10.21138/bage.2492>.

SmartEnCity: recuperando el barrio de Coronación en Vitoria Gasteiz.

La Administración Pública como Promotora Delegada para impulsar la rehabilitación

David Grisaleña ⁽¹⁾, Alberto Ortiz de Elgea⁽²⁾

Visesa. (1) david.g@visesa.eus. (2) alberto.o@visesa.eus

Resumen

El Proyecto Europeo SmartEnCity (SEC) en el barrio de Coronación en Vitoria Gasteiz, es un proyecto de innovación en la rehabilitación y revitalización urbana a escala de barrio, de colaboración público-privada, en el que los beneficiarios finales del proyecto son las personas que viven en el barrio y que contribuyen además con un porcentaje de los gastos de la rehabilitación.

Vitoria-Gasteiz es una de las tres "ciudades faro" del proyecto SmartEnCity, un proyecto europeo liderado por TecNALIA, que junto a Tartu, en Estonia, y Sønderborg, en Dinamarca, busca nuevas maneras de intervenir en las ciudades para conseguir un uso eficiente de la energía y una reducción de las emisiones de CO₂.

Palabras claves: rehabilitación, empresa pública, eficiencia energética, reducción de emisiones.

1 INTRODUCCIÓN

La Unión Europea tiene establecidos unos objetivos de reducción de consumo energético, de reducción de emisiones de CO₂ y de incorporación de energías renovables para las próximas décadas. Las ciudades europeas tienen grandes ineficiencias en el consumo de energía, además de una gran dependencia de fuentes de energía exteriores. En ese marco, la Viceconsejería de Vivienda del Gobierno Vasco elaboró en 2011 el "Diagnóstico de necesidades de intervención en la renovación de edificios existentes en el País Vasco". Fruto de ese trabajo, se detectaron 60 áreas vulnerables en las que se pretendía establecer una estrategia prioritaria de regeneración y revitalización, entre las cuales figuraba el barrio de Coronación como el más prioritario de Vitoria-Gasteiz por su necesidad de intervención desde un punto de vista social, de habitabilidad, accesibilidad y eficiencia energética.

Por su parte, desde el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, cuyas políticas medioambientales recibieron el premio European Green Capital 2012 [1], se definieron algunos barrios de la ciudad, construidos entre los años 50 y 70 del siglo XX y carentes de aislamiento, como "Barrios de Oro". Entre ellos, el Barrio de Coronación suponía a la vez oportunidad y necesidad de intervención para mejorar tanto el espacio público como la calidad de vida de sus habitantes.

Es en ese contexto, en el que se busca financiación de la Comisión Europea a través del programa de I+D+i Horizon 2020 presentando una propuesta que terminó cristalizando en el proyecto "SmartEnCity: Towards Smart Zero CO₂ Cities Across Europe".

2 LA NECESIDAD

El barrio de Coronación (Vitoria Gasteiz) abarca administrativamente una superficie mayor de la contemplada en el proyecto SmartEnCity. Se discriminó, como ámbito de actuación, la zona más vulnerable y antigua dentro del barrio con un área total de 89.100 m². El uso principal es residencial, con la particularidad de que en la mayoría de los edificios se sitúan locales comerciales en planta baja. Este hecho, común en nuestro ámbito geográfico, no es habitual en zonas residenciales del norte de Europa y tiene una importancia fundamental a la hora de conseguir las mayorías necesarias derivadas de la Ley de Propiedad Horizontal. Los edificios residenciales, se clasificaron en 6 tipologías en función de sus características constructivas y del margen de mejora energética que tenían, una vez analizado su consumo en estado actual. De hecho, el 90% de los edificios tienen una calificación energética F o G.

Otra característica a destacar es que la composición de las comunidades y edificios del barrio es muy heterogénea. Existen comunidades de 62 viviendas y otras en cambio de sólo 5. Dependiendo de la configuración del edificio y las superficies de fachada y cubierta, el impacto económico de la actuación prevista varía. Los ámbitos de actuación de este tipo de proyectos son zonas donde los edificios y comunidades son más o menos iguales. En el caso de Coronación cada comunidad es un caso prácticamente específico lo que supone un reto innovador.



Fig. 1: Ortofoto del área de actuación (línea roja) en relación al Casco-Histórico de Vitoria-Gasteiz. Fuente: Google Earth

A nivel social, el barrio también presentaba importantes retos dadas sus características:

- 2.500 habitantes aprox.
- Población envejecida: 25% mayor de 65 años
- Gran índice de población extranjera: 21% (media ciudad 9%)
- Ingresos familiares medios 27% menor que la media ciudad
- Alto porcentaje de desempleo: 22% (media ciudad 14.5%)
- 27% de los vecinos viven en alquiler

3 EL PLAN

El proyecto SmartEnCity, coordinado a nivel europeo por la corporación tecnológica Tecnalía y, a nivel local, por Visesa como empresa pública del Gobierno Vasco para la promoción de vivienda de protección pública y la rehabilitación/renovación urbana, se divide en 5 ejes principales:

- 1) Rehabilitación completa de la envolvente de las viviendas
- 2) Red de calor de barrio con biomasa: District Heating para calefacción y Agua Caliente Sanitaria
- 3) Reurbanización del espacio público
- 4) Acciones de movilidad sostenible: electrificación de vehículos de servicios e implementación de nueva línea de autobús eléctrico inteligente
- 5) Plataforma TIC: Sistema de Gestión Urbana y plataforma abierta para usuarios/as



Fig. 2: Ciudades participantes. Fuente: Visesa

4 LA IMPLEMENTACIÓN

Visesa además de la coordinación de la implementación en Vitoria Gasteiz, es el socio del proyecto responsable de la tarea de rehabilitación energética de los edificios participantes. Para ello se articula desde el consorcio del proyecto una serie de ayudas económicas y financieras dirigidas a aquellas personas propietarias de viviendas en el ámbito de actuación.

Para beneficiarse de estas ayudas son condiciones "sine qua non":

- Estar dentro del ámbito de actuación
- Aislar toda la envolvente de viviendas (fachadas, patios, cubiertas) y las ventanas en función de su estado.
- Conectarse a la red de calor.

Se accede así, a un 54% de subvención del coste excluido el IVA, que las personas propietarias no tienen que adelantar. Son las diferentes instituciones implicadas: Gobierno Vasco, Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz, y la Comisión Europea a través del programa H2020 las que hacen eso posible. El resto, 46% + el IVA, lo aportarán las personas propietarias como parte privada del proyecto. Destacar que ese porcentaje de ayuda no depende de la renta, sino que se recibe sólo por ser persona propietaria y tiene carácter de fondo perdido.

El coste medio por vivienda se estima en 21.000€+ IVA. Este importe variará, de manera lógica, en cada comunidad dependiendo de la complejidad de fachadas, balcones o terrazas, la superficie de fachada y cubierta, el estado de las carpinterías y en función de la cuota de participación de cada elemento según estatutos.

Coste del proyecto para vivienda "tipo":

- Coste medio de la rehabilitación energética: 21.000 € + IVA (10%)
- Subvención de las administraciones: 11.400 € (54%)
- Coste medio para los propietarios: 9.600 € (46%) + IVA



Ayudas compatibles: Gobierno Vasco + Ensanche 21 => **hasta el 80%**

Fondo de Garantía: hasta el **100%, incluyendo IVA**

Fig. 3: Resumen de las ayudas. Fuente: Visesa

Adicionalmente, el proyecto planificó ayudar a aquellas personas con ingresos especialmente bajos, para que no renunciasen al proyecto exclusivamente por razones económicas. Esto, es particularmente relevante en un barrio con las características socioeconómicas de Coronación. El Gobierno Vasco, Visesa y el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz, habilitaron 3,3 millones de euros para crear un mecanismo para tal fin, el Fondo de Garantía.

5 LOS RESULTADOS

Visesa, comprendiendo la magnitud del reto al que se enfrentaba el barrio y consciente de la complejidad de tramitación y gestión de todas las ayudas, en aras a facilitar esa labor a las personas adheridas al proyecto, decidió gestionar de manera conjunta todas y cada una de ellas ofreciendo en la práctica: un servicio integral de todo el proceso de rehabilitación, a modo de ventanilla única y gestión de trámites delegada. La Figura de "Promotora Delegada" es otro aspecto innovador del proyecto y como tal lo reconoció la Comisión Europea en 2019 [1].

Visesa actúa como PROMOTORA DELEGADA en nombre de los y las vecinas de Coronación y gestiona, contrata, supervisa y financia el correcto diseño y ejecución de los trabajos de rehabilitación, entregando el producto final "llave en mano" a sus propietarios y cobrándoles el costo de la inversión menos los subsidios.



Fig. 4: Resumen de adhesiones al proyecto. Fuente: Visesa

A continuación, adjuntamos una serie de fotografías comparativas del antes y el después de algunos de los edificios rehabilitados que hablan por si mismas de los resultados.

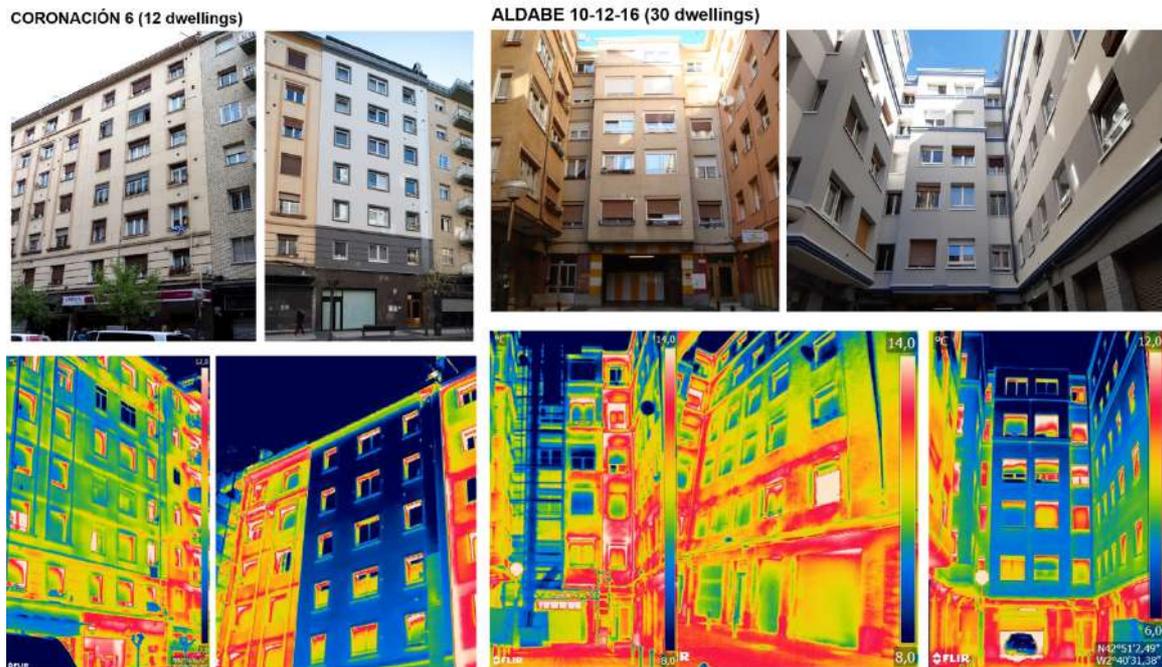


Fig. 5: Fotografías comparativas. Fuente: Visesa. Termografías: Laboratorio de Control de la Calidad en la Edificación [2]

SIERVAS DE JESÚS 43 – 45 (9+10 viv)



CORONACIÓN 3 (12 viv)



6 REFERENCIAS

- [1] <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/winning-cities/2012-vitoria-gasteiz/>
- [2] <https://www.innoradar.eu/innovation/35020>
- [3] <https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/laboratorio-control-calidad-vivienda/>

Financiación: este proyecto ha contado con financiación del programa de I+D+I Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención nº 691883.

Sesión 3. La vivienda social industrializada. Una apuesta por la sostenibilidad

A decent and adequate home. BIM as an engine of social and sustainable innovation

Ignasi Pérez Arnal

Institute for Biodigital Architecture & Genetics iBAG-UIC. ignasiperezarnal@bimacademy.es

Summary

Faced with the pressing need for social housing given the loss of purchasing power in Spain, the low tradition in the cooperative field of social housing construction, the changes in the structure of the typical family and the minimal industrialization of the construction sector, only one paradigm shift can accelerate a new housing solution in the country.

Once the private sector has lost the promotion of social housing, the Public Administration needs a solution based on a new ecosystem, based on the three axes of the social future: Digitization for a new Industrialization that allows its Sustainability. In an era marked by the Industrial Revolution 4.0 and finding ourselves in the second millennium and the 21st century, KPIs (Key Performance Indicators) will have to be based on productivity (lost), leading to sustainability (ignored) to generate a social good (not internalized) through the inclusion of a digital model that allows us to manage it.

Keywords: Innovation, Sustainability, BIM, Digitization, Industrialization

1 INTRODUCTION

The basis of this research is the study of solutions for social housing. In order to determine what type of housing we are referring to, we will cite the right to adequate housing that Human Rights [1] have endorsed since 1948. We must reach article 25 to find the need to advocate for social housing:

"Everyone has the right to a standard of living adequate for the health and well-being of himself and of his family, including food, clothing, housing and medical care and necessary social services, and the right to security in the event of unemployment, sickness, disability, widowhood, old age or other lack of livelihood in circumstances beyond his control. "

Instead, we must go to article 47 to find the same right in the Spanish Constitution [2]:

All Spaniards have the right to enjoy a decent and adequate home. The public powers will promote the necessary conditions and establish the pertinent norms to make this right effective, regulating the use of the land in accordance with the general interest to prevent speculation. The community will participate in the capital gains generated by the urban action of public entities.

To fully understand what we must innovate we must analyze exactly what the right to adequate housing [3]. The United Nations Committee on Economic, Social and Cultural Rights has stressed that the right to adequate housing should be seen rather as the right to live somewhere in safety, peace and dignity. The right to adequate housing contains other rights, including more than four walls and a roof. For the home to be adequate, it must meet at least and among others, the criteria of availability of services, materials, facilities and infrastructure and it is considered that the home is not adequate if its occupants do not have drinking water, adequate sanitary facilities, energy for

cooking, heating and lighting, and food preservation or waste disposal. Regarding its affordability, it determines that housing is not adequate if its cost endangers or hinders the enjoyment of other human rights by its occupants, and it is not adequate if it does not guarantee physical security or does not provide sufficient space, as well as protection against the cold. , moisture, heat, rain, wind, or other health hazards and structural hazards.

And finally, something very interesting regarding social sustainability: cultural adaptation. Housing is not adequate if it does not take into account and respect the expression of cultural identity.

A common misconception about the right to adequate housing is that it does NOT require the state to build housing for the entire population, and that homeless people can automatically ask the government for it. Obviously, it does not oblige the government to build the housing stock for the entire nation. Instead of playing the role of a housing provider, the government becomes a facilitator of the activities of all participants in the production and improvement of housing.

And we are going to stay with this idea to tackle the following points -the government should be a facilitator of the activities of all the participants in the production and improvement of housing- since from this concept emanates what is the function of the political structure of a government. Although a Canadian or Finnish civil servant has internalized the concept of efficiency and transparency in the processes - in fact, instead of being called civil servants, they are called public servants - in our latitudes it is different. Efficiency is taken from the point of view of the continuous introduction of any innovation that allows greater efficiency in the management of taxpayers' money and the expansion of processes, or the non-incorporation of methodologies that allow a better management. The impediment or non-adoption of new processes that help to better manage the taxpayers' proceeds is even perceived as a serious offense.

Thus, in these countries BIM has been incorporated for 30 years and its use has been declared mandatory for 20 years. A considerable difference when Spain does not have a mandate and only two of its 17 autonomous communities conceive it as a mandatory methodology for use in a public project.

1.1 THE LOW PRODUCTIVITY IN THE CONSTRUCTION SECTOR

The low productivity of the construction sector, which from now on we will call as the AECO sector -that sector that refers to Architecture, Engineering, Construction and Operation to identify it as a sector composed of different agents and that we would dare to expand with a "D" for public and/or private Developer and an "M" for Manufacturer of materials, products and construction systems to have all its protagonists aligned, seems inherent to this activity.

Bloque 2. Retos científicos y tecnológicos en materia de eficiencia energética, energías renovables, industrialización y resiliencia en la vivienda social

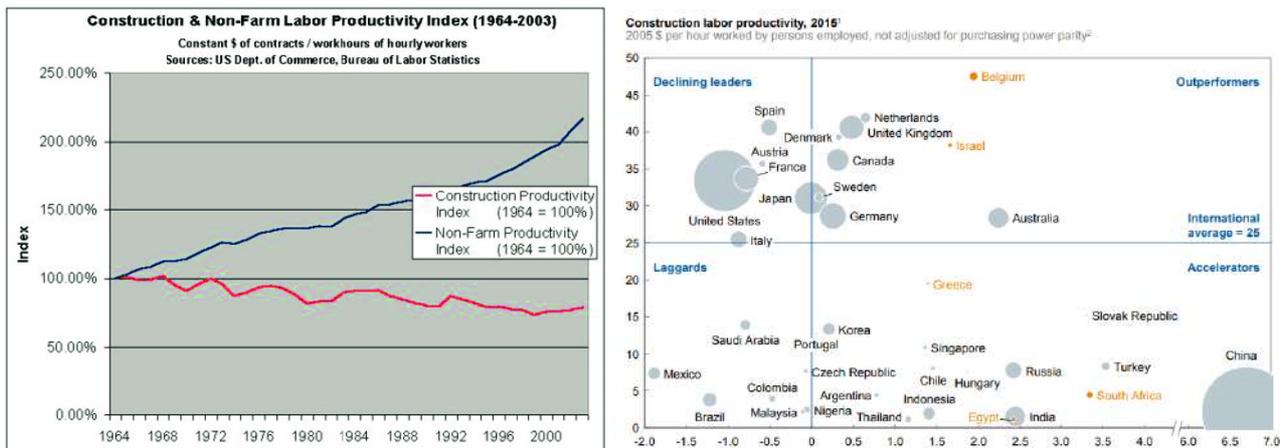


Fig. 1 Paul Teicholz, Construction Productivity Index Graph. Indexes of labor productivity index for US construction industry and all non-farm industries., 1964 -2004, indicates no productivity gain in the construction industry. Fig. 2 McKinsey Global Institute, Reinventing construction through a productivity revolution: Construction labor-productivity growth, 1995–2015, Annual growth in real gross value added per hour worked by persons employed [4]

It also seems that this low productivity is the result of another factor, the low digitization of this sector:

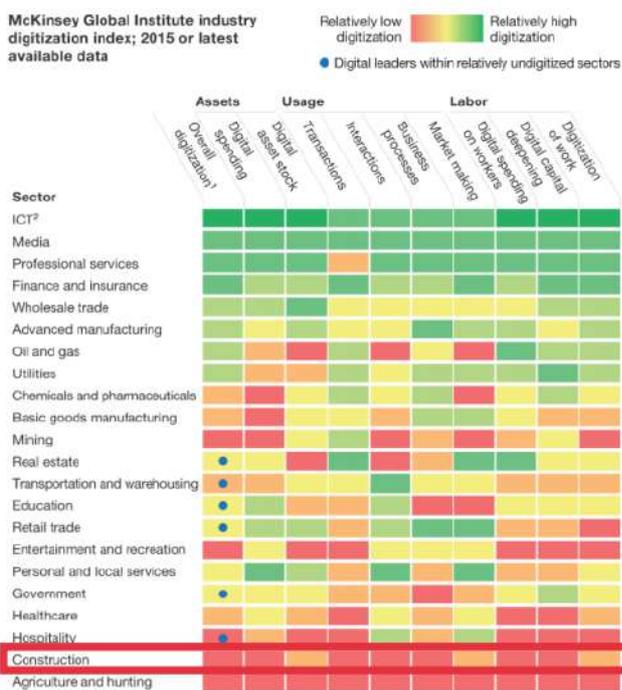


Fig. 3 McKinsey&Company, The construction industry is among the least digitized (2015)

This low productivity and this null digitization leads us to doubt the fact that we can consider the construction sector as industrial and that, therefore, we can conclude that concepts such as 4.0, a concept perfectly developed by Rui Gavina [6], is internalized by the agents of the production chain. From this we deduce that it is difficult to ask a sector like the AECO to tackle the lack of social housing from an industrial point of view, of production, of improving affordability, of adapting to changes in its customers and users.

1.2 THE NEXT HIGH IMPACT OF SUSTAINABILITY CRITERIA IN SOCIAL HOUSING

In addition to the lack of industrialization - and therefore the ability to adapt to a changing environment in an agile way and to tackle mass production in a scalable and natural way - another vector is added, that of sustainability. Although addressing it in a brief way is complicated [7], it should be clear that a project is sustainable if it is sustainable from the point of view of three keys: the environmental (which seems a direct key), the social (which is almost unknown) and economic (which is usually non-existent). It is clear that we are facing an increase in temperature on the planet to which 3,000 million new inhabitants will be added in 2050 together with a runaway decision to live in cities. At the beginning of building more and better, building with less is added. And at the same time, the global agreement to limit CO2 emissions added to the fact that the construction sector is one of the most polluting [8] leads to the solution for the construction of social housing going through a conversion of the construction systems to be implemented, the materials to be used and the concepts to be formalized.

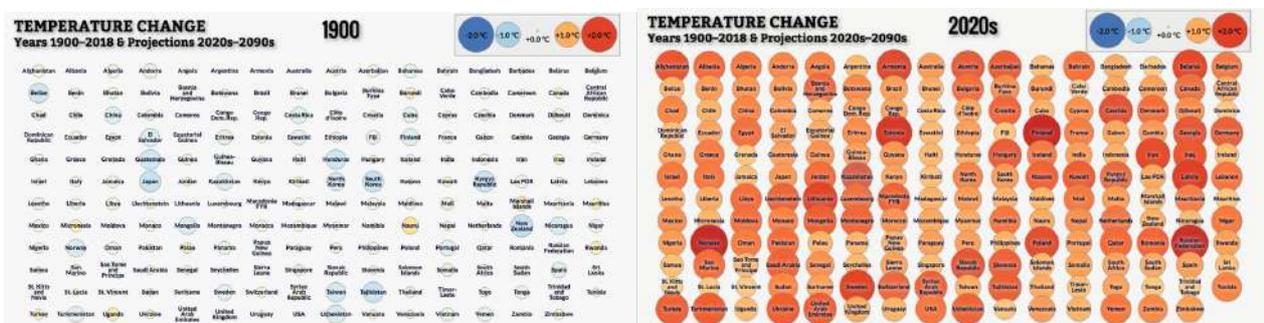


Fig. 4 Berkeley Earth temperature analysis (1900-2018) CMIPS (2020-2100). Video license: Antti Lipponen (@anttilip)

The 17 Sustainable Development Goals [9] help to visualize the holistic spectrum of what a new social housing proposal should include, even with conditions and repercussions that until now were difficult to glimpse by the technical authors of a project and by the construction agents of a work. According to recent studies that make the incidence of increased temperatures graphically very clear, it seems more than reasonable that a new social housing should incorporate the necessary measures in different areas so as not to be part of this problem but to be part of the solution.

2 MATERIALS AND METHODOLOGIES

From all this, it is translated that the solution for social housing would have to combine an industrialization policy to be able to massify the number of houses and do it in a more affordable way, introduce the digital treatment of this production to be able to justify with indicators the environmental improvement that it would entail and include the best subsequent management of its circularity to close a sustainable cycle that was linear and open until now and that should be circular and closed from now on.

The solution is through the use of materials that incorporate their assembly rather than their "construction", which do so in a dry rather than wet way, which do so from a modular and parametric perspective rather than informal. We are talking about manufacturing housing rather than building it.

2.1 NEW APPROACHES, NEW RESULTS

Europe requires through its three new policies - Renovation Wave, Green Deal and Next Generation Funds - a frontal attack on the resilience of each and every one of the productive sectors of its 27 countries.

The main axis is energy efficiency to bring the continent to a situation of zero consumption in 2050. The use of highly insulating materials that are in turn highly hygrothermal - read HCCA or autoclaved aerated concrete, or constructive wood a Through derivatives such as CLT or lightweight fabric-they provide unusual capabilities when used. Countries like Germany for the first material or like France when imposing as of January 1st, 2022 that any new public building must contain at least wood in its 50% of materials used, make it clear which is the way. And we can add a third country like the United Kingdom where its BIM mandate in 2011 and its commitment to full digitization with its National Digital Twin Program project provide a new state of the art.

European programs such as TRAINEE and SEetheSkills make clear the need to incorporate new skills and competencies into the sector while addressing training for existing professionals and students who will be in the near future.

2.2 NEW SYSTEMS, NEW TECHNOLOGIES

In some countries, usually more in those of Anglo-Saxon and Nordic culture, a new case is emerging: that of the verticalization of the supply chain. Cases like Kattera, Wikkellhouse, Factory_OS, Cover, Modulous, WikiHouse... are opening up a new way of understanding housing and the possibilities to create massive housing with three adjectives: faster, better, cheaper. Great Britain has come to define this way of building with a new thermal: CMMs or Modern Methods of Construction.

Digital modeling, created through the implementation of BIM-Building Information Modeling and the use of a CDE-Common Data Environment or data platform, helps us as an enabler of this industrialization while allowing a visualization of the energy and material effects. . In fact, the EU approved Directive 2014/24 not from the point of view of the implementation of BIM, but rather of achieving projects and works that would be completed within the established deadline, that would cost the approved budget and that would provide the best innovation and quality / quality ratio. cost. He saw that the important thing was to generate a good contract structure that would inspire a more collaborative environment. Perhaps the only way to create an ideal environment to execute with precision, efficiency and transparency the enormous amount of resources of the Next Generation Funds.

3 CONCLUSIONS

Families have changed, the social and macroeconomic environment is transformed daily and social housing, for years, has been impassive. The paradigm shift that all ingredients is generating still moves it further from what the industry is embracing as standard. The digital twin based on a digital BIM model provides the necessary and sufficient capacity to be a means for its industrialization and digitization, the two concepts that we have identified as essential. The platforms for the massive management of urban and residential renewal will be the ones that will contribute to its sustainability. Now it only needs to be done.

4 CITATIONS

- [1] Universal Declaration of Human Rights, Article 25. Available in: <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>, Last accessed on November 2, 2021
- [2] Available in: <https://app.congreso.es/consti/constitucion/indice/titulos/articulos.jsp?ini=47&tipo=2>. Last accessed on November 2, 2021
- [3] N° 21 (Rev.1) El derecho humano a una vivienda adecuada. Folletos Informativos sobre los derechos humanos es una publicación de la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos en Ginebra. Available in: <http://www.ohchr.org>, 2021. Last accessed on November 2, 2021
- [4] McKinsey Global Institute, Reinventing construction through a productivity revolution, February 27, 2017. Available in: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>. Last accessed on November 2, 2021
- [5] McKinsey&Company, Imagining construction's digital future June 24, 2016. Available in: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>. Last accessed on November 2, 2021
- [6] Bolpagni, M., Gavina, R., Ribeiro, D., Arnal, I., Industry 4.0 for the built environment, Springer (2021)
- [7] Harlem Brundtland, G., Our Common Future, Oxford University Press (1987)
- [8] Solanas T., Calatayud D., Claret C., 34 Kg de CO2, Generalitat de Catalunya (2009)
- [9] El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Available in: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Last accessed on November 2, 2021
- [10] Available in: <http://www.trainee-mk.eu/en/deliverable>. Last accessed on November 2, 2021

Acknowledgments: to Juan Luis Piqueras (BAUBLOCK) for the opportunity to generate a project of 10 social housing in post-disaster situation in La Palma where to introduce the criteria and systems addressed in this paper, to Albert Planas (NEBEXT) for the freedom offered to curate since 2018 the National Congress of Advanced Architecture and Construction 4.0 where the author has been able to develop the keys studied here, to Pere Armora and Jorge Cuevas for making me participate in two modular projects with Aykos and to Andrés Navarra and Luis Fernández for accepting me as a founding member of the Offsite Construction Hub, armed wing of what will be the Modern Methods of Construction in Spain.

Vivienda táctica: ATRI y APROP

David Juarez Latimer-Knowles

Colectivo ATRI y Straddle3. david@straddle3.net

Resumen

Necesitamos urgentemente insertar vivienda asequible en el interior de nuestras ciudades. Necesitamos soluciones de repoblación inclusiva más rápidas, económicas, eficientes y sostenibles. La estrategia ATRI ofrece un paquete de soluciones para injertar vivienda pública y asequible en los tejidos urbanos consolidados.

Desde este enfoque se han realizado varios proyectos. Los edificios APROP Ciutat Vella y Habitatge Jove Caldes son ejemplos de dos maneras diversas de materializar esta estrategia. El primero pone el acento en la emergencia y la reversibilidad. El segundo ofrece nuevas aportaciones técnicas y pone el énfasis en la participación de la comunidad de usuarios potenciales. Ambos alcanzan cotas óptimas de reducción de consumos y emisiones gracias al empleo de materiales reutilizados y renovables y su eficiencia hídrica y energética.

Palabras claves: vivienda, táctica, industrialización, eficiencia, participación.

1 INTRODUCCIÓN: ATRI COMO METODOLOGÍA

Necesitamos urgentemente vivienda asequible en el interior de nuestras ciudades. Hablamos de centros urbanos constituidos por barrios bien servidos y conectados pero atezados por las prácticas especulativas que los hacen cada vez más inasequibles para el común de los bolsillos. Necesitamos soluciones de repoblación inclusiva más rápidas, económicas, eficientes y sostenibles.

Este es el punto de partida de la estrategia ATRI (Alojamientos Tácticos de Repoblación Inclusiva)¹. A pesar de la aparente falta de suelo en la ciudad consolidada, existe una diversidad de espacios de oportunidad en los que caben constelaciones de promociones de pequeño y mediano tamaño. Esa escala permite además una redistribución más equitativa de la inversión pública, incorporando con más facilidad a oficinas de arquitectura y compañías constructoras pertenecientes al ámbito de las pequeñas y medianas empresas e incluso a la conocida como economía social y solidaria.

Esta escala más humana facilita también la incorporación de las personas usuarias en los procesos de toma de decisiones, ya sea a nivel de proyecto o de gestión, sin descartar, como luego veremos, la posibilidad de su participación en los momentos finales de la fase constructiva.

ATRI propone una densificación selectiva, atendiendo a los principios integrados de mejora urbana y mejora de las prestaciones ambientales que trascienden el ámbito del edificio. Ejemplos de esto pueden ser la protección de medianeras anteriormente expuestas o la remonta integrada en un programa más amplio de rehabilitación energética a escala, por ejemplo, de manzana o frente consolidado.

Para ello ATRI define hasta seis tipos de intervención, de las que aquí destacaremos tres:

- La ampliación de equipamientos existentes mediante la calificación de vivienda dotacional.

- La ocupación permanente o temporal de espacios en desuso con edificaciones permanentes o reversibles.
- Aprovechamiento de la edificabilidad vacante en edificios de vivienda privada mediante convenio entre la comunidad y administración o entidades del tercer sector.

ATRI emplea técnicas de prefabricación ligera y en seco para acelerar de forma radical los tiempos de puesta en obra, y por lo tanto la capacidad de respuesta ante las situaciones de emergencia habitacional. Estas técnicas también facilitan la reversibilidad y la introducción de verdaderos ciclos de economía circular en la construcción de viviendas, además de evitar el uso de materiales altamente contaminantes como el hormigón.



Fig. 1: Actuciones ATRI y APROP (Fontana, APROP CV, Gimnasio Social Sant Pau, Habitatge Jove Caldes, Piloto Castellón).

2 EL PROGRAMA APROP

El proyecto APROP (Alojamientos de Proximidad Provisionales)² es una iniciativa del Departamento de Derechos Sociales del Ayuntamiento de Barcelona, que encuentra en la metodología ATRI una de sus inspiraciones principales. APROP plantea la posibilidad de construir vivienda modular a partir de elementos reutilizados, y conseguir unos altos índices de eficiencia económica y ecológica, a la vez que se acortan sensiblemente los plazos de obra. Todo esto sin renunciar a cumplir con elevados estándares de calidad, tanto a nivel de habitabilidad y acabados como de equipamiento y prestaciones energéticas.

Este programa se dedica a proporcionar alojamiento temporal a personas que han perdido sus hogares en el mismo barrio donde se encuentra el equipamiento, con el fin de facilitar su permanencia en el territorio y el mantenimiento de sus vínculos sociales. La capacidad de respuesta rápida y la posibilidad de desmantelamiento, reubicación y reconFiguración de edificios APROP son los principales condicionantes de partida. Por esta razón, es importante que los módulos sean compatibles e intercambiables en diferentes ubicaciones. Esto ha requerido un gran esfuerzo de investigación, desarrollo y coordinación entre los equipos de arquitectura y los técnicos municipales a cargo del programa. La voluntad de compatibilidad estandarizada aplicada a un programa público de amplio alcance ha sido una de las razones que ha motivado la elección de contenedores de transporte como elemento constructivo básico, desplazando a otras alternativas en arquitecturas modulares que dependen de empresas y patentes privadas. Es, en otras palabras, un sistema modular de código abierto.

2.1 CIUTAT VELLA, EL PRIMER APROP CONSTRUIDO

APROP Ciutat Vella es el edificio piloto del programa APROP y ha sido diseñado por Straddle3 y Eulia Arquitectura, a los que se sumó la arquitecta Yaiza Terré en fase de proyecto ejecutivo y dirección de obra. Este no utiliza los contenedores como un recurso formal, sino más bien como un material de construcción económico y ecológicamente eficiente, que finalmente permanece invisible, vestido de múltiples capas que brindan comodidad y domesticidad en el interior y una imagen urbana adecuada en el exterior.

APROP Ciutat Vella constituye un volumen compacto, esquinero y entre medianeras, que ocupa una parcela de propiedad municipal, utilizada anteriormente como una extensión del espacio público adyacente. En su planta baja polivalente, alberga actualmente la ampliación de un centro de salud cercano y, en sus cuatro pisos superiores, contiene un total de doce alojamientos, de los cuales ocho tienen una habitación y cuatro tienen dos habitaciones.

Los módulos de vivienda sencillos, que consisten en un solo contenedor de 30 m², pueden acomodar a una persona o una pareja, y su diseño es una configuración típica de acondicionamiento de contenedores de 40 pies para uso residencial, con una sala de estar y cocina abierta, baño en la parte media y un dormitorio al final con balcón a la calle. Los módulos dobles, con dos contenedores conectados y aproximadamente 60 m², pueden acomodar una unidad familiar de hasta 4 personas y constan de una sala de estar en la entrada, con aberturas para la pasarela de acceso y la calle, una cocina abierta, un distribuidor con armarios, un baño adaptado y dos habitaciones con vistas a la calle.

Todos los alojamientos tienen un mínimo de dos fachadas, con lo que todos ellos disfrutan de ventilación cruzada. La fachada suroeste da a un patio que contiene el núcleo de comunicación vertical y accesos. Las fachadas a la calle cuentan con balcones equipados con persianas alicantinas, dispositivo de protección solar típicamente mediterráneo, y barandillas metálicas, como las de la mayor parte del centro histórico.

La determinación exacta de la distribución interna de los módulos va de la mano del diseño estructural y de la estrategia de protección contra incendios. En cuanto a la estructura, se optó por aprovechar al máximo el potencial intrínseco de los contenedores, como sistema portante y como generador de un núcleo rígido. Para ello, se recurrió al uso de refuerzos optimizados en cada contenedor y al uso del sistema TwistLock para las conexiones entre ellos, exactamente el mismo sistema que se usa en los barcos y que ofrece grandes prestaciones y fácil colocación y desmontaje a un precio muy competitivo. Este sistema autoportante se apoya sobre un pórtico metálico que permite una planta baja bastante diáfana. Esto se complementa, en el contacto con el edificio vecino, con la colocación de las escaleras y la torre del ascensor, que igual que el pórtico de la planta baja, se construye con elementos metálicos prefabricados en taller y ensamblados en obra.

2.2 PREFABRICACIÓN MODULAR, LIGERA Y EN SECO

Todos los módulos se construyeron en taller en un periodo de 3 meses, de tal manera que al empezar los trabajos in-situ, los mismos ya estaban acondicionados interiormente al 85%, incluyendo aislamiento, instalaciones, revestimientos y carpinterías. También los elementos estructurales auxiliares estaban fabricados al momento de acabar los trabajos de cimentación. Con esto se consiguió erigir la estructura del edificio en una semana y terminar la obra en otras doce semanas, minimizando también las molestias a los vecinos y peatones.

2.3 PUESTA EN OBRA

La puesta en obra tuvo que seguir un plan muy exigente, con las dificultades adicionales que ofrece el emplazamiento, a poca distancia de la Rambla de Barcelona y accesible únicamente por calles estrechas y concurridas.

Una vez que se han realizado los trabajos de adecuación del solar y cimentación, se trasladan y montan los pórticos de acero que forman la planta baja y soportan los módulos que conforman el edificio. La conexión con los pórticos de planta baja y entre los diferentes módulos también se realiza mediante el sistema TwistLock, antes mencionado. De esta manera, la parte más importante del edificio se puede levantar en menos de dos días, minimizando las molestias, afectaciones al tráfico y el uso de grúa de gran tonelaje.

Una vez fijados los módulos, se colocan las pasarelas hechas con piezas prefabricadas a medida de hormigón armado, que junto a una serie de montantes ligeros definen el perímetro de la fachada exterior. Un módulo en la cubierta sirve para alojar la centralización de los servicios. Por lo tanto, se facilita el desmantelamiento eventual y la posible reubicación o reconfiguración del edificio.

Se diseñó una doble fachada para cumplir con los requisitos urbanísticos de alineación a la calle y se propuso una imagen del edificio que buscaba el diálogo con su entorno. Para la composición de fachada, se optó por usar solo dos tipos de superficie, una opaca basada en placas de cemento-madera y otra translúcida basada en policarbonato.

Para la piel que cubre los contenedores, se utilizaron dos soluciones, en la parte accesible (pasarelas y balcones) se colocaron placas de yeso aptas para exteriores con aislamiento de lana de roca, mientras que en la fachada no accesible, se utilizó un panel sándwich de chapa plegada con lana de roca. El aislamiento implementado proporciona al edificio condiciones óptimas que han conducido a la certificación energética AA.

A esta primera piel, se le superpone una segunda que matiza las transparencias, siendo el policarbonato un material translúcido que es soportado por perfiles y marcos de madera que resalta las aberturas en fachada y proporciona calidez. Durante el día, esta piel clara y brillante aumenta la luminosidad de los alojamientos mientras refleja sutilmente el entorno. Por la noche, tamiza la luz de los interiores, con lo que mejora la iluminación de la calle sin comprometer la privacidad de sus habitantes. El núcleo de circulación vertical, incluido el hueco del ascensor situado en el patio, se resuelve también con policarbonato y madera, lo que proporciona ligereza al conjunto y maximiza la entrada de luz al patio.

2.4 REVERSIBILIDAD

Este edificio está concebido para ser temporal si es necesario. El desmantelamiento, reubicación y reconfiguración de edificio es posible gracias a la utilización de uniones estructurales reversibles que combinan tornillos y cerraduras giratorias, un sistema de instalaciones enchufable (plug-in), con un contenedor adicional colocado en cubierta que centraliza los servicios, y sistemas de cubierta y fachada basados en la construcción en seco.

3 LA EXPERIENCIA DE HABITATGE JOVE CALDES

Habitatge Jove Caldes³ es el primer edificio de vivienda dotacional destinada a gente joven promovido por el Ayuntamiento de Caldes de Montbui. El proyecto está desarrollado por Straddle3 y Eulia Arkitektura y aplica nuevamente la metodología ATRI, en colaboración con la consultoría

ambiental Societat Orgànica. Está ubicado frente al parque público Lluís Companys en el núcleo de Caldes de Montbui. A partir de las demandas del Ayuntamiento y de las características del solar se propone un edificio de 3 pisos con 8 viviendas y un espacio comunitario conectado con un jardín. La propuesta se ha conFigurado a través de un proceso participativo y continuará así a través del proceso de coproducción por etapas, incluyendo talleres de autoconstrucción asistida.

Todas las unidades de vivienda están diseñadas para ser construidas con contenedores de transporte reutilizados y madera contralaminada (CLT). Los contenedores serán acondicionados en el taller con el aislamiento, instalaciones y revestimientos requeridos. Se estima que el uso de módulos prefabricados reducirá la duración de las obras en un 80% con respecto a la promoción convencional. También se prevé una reducción de la huella de carbono del 64% y un ahorro de consumo energético de 68%. La sostenibilidad de la obra se verá reforzada por la aplicación de sistemas pasivos o de consumo prácticamente nulos que, a través de un aislamiento térmico eficiente, la instalación de lucernarios practicables y placas de captación solar en la cubierta, harán que el edificio sea prácticamente autosuficiente en términos energéticos. La estructura de contenedores marítimos y madera se protegerá con una fachada construida con madera tratada y será visible en el interior de las viviendas. También serán de madera los parasoles móviles que ofrecen protección solar a las ventanas.

3.1 PROCESO PARTICIPATIVO

La participación es fundamental para adaptar el edificio a medida de sus futuros usuarios y que las personas tomen decisiones sobre su propio hábitat, tanto en los planos privados como colectivos. El proceso de diseño se ha llevado a cabo con la participación de jóvenes, representantes del asociacionismo local, del vecindario y personal técnico del ayuntamiento. La fase preparatoria del proceso participativo, en la que se diseñó el propio proceso con diferentes agentes, se desarrolló en pleno confinamiento.

Para el propio proceso participativo se realizó una jornada online y dos presenciales con la participación de vecinos de perfil diverso. La primera reunión fue de carácter informativo y consultivo, para dar a conocer el proyecto, dar respuesta a cualquier duda que pudiera surgir y recoger las observaciones de los participantes. El segundo encuentro consistió en un taller, en el que los participantes discutieron los aspectos relacionados con la conFiguración espacial, los acabados de las viviendas y áreas comunes, y el uso de los espacios comunitarios. La tercera sesión se realizó también como taller sobre la relación entre el diseño de la fachada y la eficiencia energética y la gestión del equipamiento.

3.2 PLATAFORMA DIGITAL DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Se diseñó una plataforma digital para facilitar un proceso accesible y transparente para todos. A través de esta plataforma digital todo el mundo puede seguir las reuniones, acceder a las actas que describen los avances y decisiones tomadas en las reuniones y ser partícipe remoto del desarrollo del proyecto.

3.3 EL PROYECTO EJECUTIVO RESULTANTE DE LA PARTICIPACIÓN

El proceso participativo válido en gran medida la propuesta de anteproyecto pero definiendo una serie de condiciones que el proyecto ejecutivo debe cumplir. Por un lado se pide la introducción de balcones en fachada para los que además se demanda una capacidad de protección y cierre

que permita el sombreado y condiciones flexibles de privacidad. Por otro lado se propusieron una serie de condiciones para el espacio comunitario, como la introducción de una cocina comunitaria, una división corredera o tabique móvil y una propuesta de usos que define programáticamente del espacio polivalente, que puede funcionar como taller de reparación, sala de estudio, comedor colectivo o local social en los fines de semana. En las viviendas se proponen algunos cambios en los materiales y se hace incidencia en el carácter abierto del jardín como extensión del espacio público colindante.

Un aspecto muy importante que también aparece en el proceso participativo es el compromiso por parte de las personas y colectivos presentes para participar en los talleres de bricolaje asistido que terminarán de caracterizar el edificio una vez la constructora ganadora del concurso finalice los trabajos de construcción del edificio al 95%. También surgen importantes enmiendas a la propuesta de régimen de adjudicación y gestión de las viviendas propuesto originalmente por la oficina municipal de vivienda.

4 CONCLUSIONES Y LECCIONES APRENDIDAS

El resultado construido de APROP Ciutat Vella supone la integración de un edificio con una propuesta de construcción innovadora, modular, transportable y reutilizable en un entorno histórico como Ciutat Vella. Se ha conseguido mantener un diálogo enriquecedor entre lo nuevo y lo existente, respondiendo a los requisitos de sostenibilidad (clasificación energética AA, la máxima en España, reducción de emisiones de CO₂ del 58%) y economía de recursos, ya que el sistema permite que el proceso se complete en un corto período de tiempo, más apropiado en situaciones de emergencia, sin dejar de promover una arquitectura cuidadosa que responda a las necesidades y problemas sociales reales. Además, propone un sistema de construcción de ciclo cerrado, con la posibilidad de reversibilidad y reutilización íntegra, con posibles aplicaciones más allá de la vivienda.

Habitatge Jove Caldes parte de la experiencia de APROP pero incorpora varios aspectos novedosos, todos ellos procedentes de la estrategia ATRI. Por un lado, incorpora al colectivo de jóvenes al proceso de promoción de una manera integral, desde su comienzo, incluyendo enmiendas al programa funcional y al proyecto, la incorporación de sus aportaciones al sistema de gestión y su participación como colectivo en los talleres de autoconstrucción o bricolaje asistidos. Por otro el proyecto abre su paleta técnica a una combinación mixta entre la reutilización de contenedores de transporte y la estructura de madera.

La combinación de los dos proyectos demuestra la viabilidad y las interesantes prestaciones del sistema ATRI. Uno de los más importantes es su reducido tiempo de ejecución, un aspecto que, además de ofrecer una respuesta ágil a la necesidad urgente de vivienda, también revierte directamente en la rentabilidad económica, dado que el edificio puede entrar mucho antes en servicio. En definitiva, ambos casos demuestran de forma tangible los potenciales del sistema ATRI en cuanto a sostenibilidad ambiental, inclusión social, viabilidad económica y mejora urbana.

5 REFERENCIAS

- [1] Sitio web del colectivo ATRI, disponible en español, catalán e inglés: <https://atri.city/es/>
- [2] El proyecto APROP CV en la web de Straddle3, disponible en español, catalán e inglés: <https://straddle3.net/es/proyectos/>
- [3] Sitio web del proyecto Habitatge Jove Caldes, disponible en español y catalán: <http://habitatgejovecaldes.cat/es/>

Viabilizando la Construcción de la Vivienda Social mediante la Industrialización

Rafael Puga Sánchez

Grupo AVINTIA. rpuga@avintia.es

Resumen

¿Por qué Ávit-A?

La innovación y la revolución tecnológica han llegado al sector de la Construcción: las ineficiencias del mercado en los últimos tiempos, la falta de mano de obra cualificada, la fluctuación de los precios y un parque de viviendas de alquiler y residencias insuficientemente diseñadas para una gestión eficiente, evidencian la necesidad de trasladar la industria 4.0 al sector de la construcción

El objetivo es ofrecer una solución integral en construcción industrializada en altura para responder tanto a necesidades como expectativas de los clientes desde todas las perspectivas.

El resultado es un producto de mayor calidad que garantiza el cumplimiento de plazo y presupuesto, con un menor mantenimiento y consumos y mucho más respetuoso con el entorno (normativa CTE)

Palabras claves: Viabilizando, Vivienda Social, Industrialización

1 INTRODUCCIÓN

La esencia de Ávit-A está en su innovador ecosistema de Partners que, utilizando las técnicas más innovadoras, integra sus soluciones específicamente desarrolladas para cada proyecto dentro de la cadena de producción, desde el proceso de diseño y fabricación hasta el ensamblaje.

En un entorno colaborativo, este ecosistema está integrado por multinacionales líderes del mercado que aportan valor, calidad y garantía a cada proyecto y una mejora constante gracias a su inversión en I+D+i

2 ALCANCE

A diferencia de la construcción tradicional, donde la entrega del bien para los constructores es el fin de su participación, los sistemas industrializados nos permiten participar en toda la cadena de valor del activo, desde su concepción hasta su explotación.

2.1 DISEÑO

Nuevamente, es imprescindible abordar los proyectos de forma colaborativa entre promotor, arquitecto y constructora para aprovechar la máxima economía del sistema, minimizar plazos de proyecto y sucesivas revisiones y optimizar el coste.

Los elementos diferenciadores del sistema con respecto a otros del mercado se consiguen gracias a la aplicación en fábrica de modernos sistemas de elaboración y control, así como la utilización de

materiales innovadores, lo que permite alcanzar producciones de 1.000 vivienda/año en 1 turno por fábrica

El sistema estructural WALLEX está conformado a partir de una serie de elementos industrializados, combinando piezas bidimensionales con elementos multilaminares con un acabado de hormigón visto para, una vez en obra, ensamblarlos entre sí para formar el volumen arquitectónico. Estos paneles, portantes o arriostrantes en función del sentido del forjado, conjuntamente con las placas alveolares o prelosas, son la solución estructural del edificio, consiguiendo grandes luces en edificación en altura sin necesidad de pilares.

Los paneles llevan integrados todos los elementos de fachada: terminación exterior, aislamiento rígido, capa estructural y terminación interior. Así mismo el propio panel lleva las instalaciones y los elementos de cierre como carpinterías, persianas y vidrios incluidos.

2.2 CONSTRUCCIÓN

La secuencia de procesos preestablecidos y normalizados dota al proyecto de una mayor precisión, calidad y cumplimiento de plazos, así como un entorno de trabajo más seguro.

Entre las ventajas están:

- Reducción de plazos de ejecución sobre un 30%
- Calidad controlada estándar industrial
- Innovación de materiales
- Reducción de elementos auxiliares (andamios, ocupación vía pública, ...)
- Mejora constante por las iteraciones de un proceso industrial, lo que minimiza errores
- Especialización de la línea de producción
- Proceso de planificación definido y controlado
- Menor siniestrabilidad laboral

2.3 MANTENIMIENTO

La planificación, estandarización y normalización, claves en un proceso industrializado, repercuten en la optimización de las tareas de gestión y mantenimiento contribuyendo a incrementar de forma determinante los ratios de rentabilidad. No hay que olvidar que, después de construido, un activo puede tener una vida útil de muchas décadas.

Esto supone:

- Menor gasto operativo de mantenimiento que en la construcción tradicional
- Aumento de garantía de los elementos utilizados (suplemento de garantías de los Partners por mantenimiento) y garantía de stock de los materiales de construcción
- Reducción de incidencias de postventa en más del 50%
- Posibilidad de gestión externalizada de consumos mediante sistemas centralizados
- Posibilidad de sensorización: optimización de los costes de mantenimiento (especialmente en viviendas de alquiler), rapidez de rotación y control de accesos.

2.4 SOSTENIBILIDAD

El sistema Ávit-A es menos agresivo con el entorno que la construcción in situ, cumpliendo sobradamente con los requisitos del CTE y contribuyendo a un proceso más sostenible en todas sus fases:

Esto es debido a:

- Reducción de residuos en obra en más de un 50%
- Menor huella de carbono de hasta un 40% menos
- Reducción de la contaminación acústica en la obra en más del 50%
- Eficiencia energética de las soluciones adoptadas superior al 10%
- Reducción del consumo de agua del 30%
- Reducción de la transferencia energética con el entorno en más de un 30%
- Mayor inclusión de género y diversidad en la construcción (sexo, edad, personas con discapacidad)
- Economía circular

Innovar para la sostenibilidad: Gestión de la arquitectura residencial de promoción pública en Andalucía.

Elena Morón Serna

Sección de Rehabilitación de Edificios de la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA).
elena.moron@juntadeandalucia.es

Resumen

La arquitectura, por su misma esencia, es innovación. Es, también en su definición de relación entre las sociedades y la naturaleza, por supuesto, sostenibilidad. Pero no nos podemos olvidar que ha de ser mejora social; en la interlocución con los ciudadanos también es preciso innovar. Debemos seguir hablando de espacios de relación, de nuevos entornos, de eficiencia colectiva. Nos alineamos con las estrategias de investigación de la Junta de Andalucía para conectar las soluciones más específicas y concretas, como pueda ser la rehabilitación para la accesibilidad, con los problemas más de fondo como la generación de identidad, la dignificación de los espacios de las comunidades, la sostenibilidad o la transdisciplinariedad y colaboración entre agentes de la administración y la iniciativa privada.

Palabras claves: Sostenibilidad, Gestión Pública, Innovación.

1 INTRODUCCIÓN

Este breve texto se podría leer como una recopilación muy rápida de nuestras razones para haber organizado este Congreso en Granada. Argumentos hechos de convicciones, entusiasmo y experiencia. Entre ellos, desde este mismo presente, mi satisfacción por haber contribuido a su celebración junto con un equipo tan fantástico de AVRA, y mi agradecimiento a las empresas que están colaborando con nosotras para el desarrollo del evento, especialmente en esta sección de industrialización a los ponentes, a las empresas constructoras, a los promotores, a los investigadores, a la Universidad.

Desde una agencia de la administración pública que lleva muchos años dedicada a estos temas, que ha llegado a hacer sinónimos innovación y arquitectura de calidad en Andalucía, interesa recordar, a modo de grandes titulares, la ambiciosa realidad de nuestra tarea diaria.

Por encima de cualquier otra consideración, subrayar la escala de la responsabilidad que supone trabajar con más de 350000 personas. Quisiera recalcarlo para que se valore el esfuerzo que hace la administración en este parque público residencial de la Junta de Andalucía, formado por más de 76000 viviendas protegidas, 50.250 en arrendamiento y 26.252 en régimen de compraventa y acceso diferido, repartidas en 574 municipios de las 8 provincias andaluzas.

La caracterización de estas viviendas es muy parecida a la de otros parques públicos españoles: Antigüedad media de 22 años (83% construidas entre 1980-2000- antes de normas de EE); 60% viviendas en núcleos de población de menos de 100.000 hab.; 69% viviendas plurifamiliares y 31% viviendas unifamiliares. Debemos atender ese alto porcentaje de viviendas sociales desarrolladas

en unifamiliares, puesto que tienen particularidades diferentes y muchas veces la financiación está demasiado concentrada en la vivienda plurifamiliar.

Trabajamos con el fin último de que las vidas mejoren al intervenir en los parámetros del hecho residencial. Si atendemos a su estado de conservación, el 45% presentan deficiencias, un 43,5% si consideramos fachadas y cerramientos verticales, un 25% en instalaciones comunes, un 18,5% en cubiertas. En cuanto a la accesibilidad, el 93% tienen problemas de accesibilidad susceptibles de ser solucionados, y si hablamos de eficiencia energética, los datos son demoledores: 23% calificación G, 20% calificación F, 56% calificación E, 1% calificación D y 0% en los rangos A o B.

El tercer titular que quiero dar es una sola palabra: actuar. Es la que guía cómo tratamos de hacerlo, o como ponemos el entusiasmo para hacerlo, pues ese tipo de práctica que estamos llevando a cabo es una rehabilitación integral y eso implica una complejidad permanente al referirse a viviendas sociales en alquiler desde el punto de vista de la conservación y de la rehabilitación energética.

Unos datos relevantes. Para el periodo 2014 - 2021, con actuaciones en más de 7700 viviendas, la inversión ejecutada ha sido de 60 millones de euros. Y previsto a día de hoy, la inversión total estimada hasta 2023 es de 85 millones de euros. Nuestros principales objetivos: el ahorro energético, que contribuye a la reducción de emisiones de CO₂, y la mejora de la calidad, estado de conservación, habitabilidad y confort de viviendas en las que habitan colectivos vulnerables, en gran parte en situación de pobreza energética extrema.

Son objetivos que estamos compartiendo aquí estos días, en el sentido de que el ahorro energético contribuye sobre todo a la habitabilidad y confort de las viviendas. Nuestras viviendas del parque público andaluz están prácticamente en un 90% fuera de lo que se considera rango de confort. ¿Herramientas para alcanzarlos? Estamos intentando implementar nuevas soluciones tecnológicas, cubiertas ventiladas, fachadas con SATE, sistemas de evapotranspiración... pero también, y quiero insistir en esta jornada, en un modelo de negocio de financiación. Y todo acompañado del control del grado de efectividad de las distintas medidas a través de la monitorización.



Fig 1. La rehabilitación integral en la fase 3 de El Rancho en Morón de la Frontera (Sevilla). Elaboración propia.

Dentro de los procesos de desarrollo y gestión de las actuaciones resulta imprescindible referirlos, desde el inicio hasta la entrega, a procedimientos innovadores de internalización, de manera que nos permite enriquecer de forma dinámica el seguimiento para la optimización de las soluciones con la colaboración tanto de grupos de investigación de las Universidades andaluzas como de los propios colectivos sociales implicados. Innovar en tecnología, sí, pero también en concienciación y concertación, en recuperación del patrimonio edificado, en intervenciones singulares o en la redacción de los pliegos con cláusulas de inserción socio-laboral.

Para innovar es preciso emprender desde la iniciativa, asumir contextos y productos con nuevas perspectivas. Nuestro equipo de la Agencia ganamos hace dos años un concurso en una convocatoria de la Junta de Andalucía con un sistema de licitación que se denomina Compra Pública Innovadora, que llevamos junto al Departamento de Planificación. Se trata de un proyecto que realmente es de investigación, aunque esté basado en un procedimiento de licitación, de cara a la consecución de un sistema constructivo de vivienda protegida industrializada, de consumo energético casi nulo, que ahora pretendería que resultase en términos finales positivos. Nos ofrecerá la posibilidad de dotar a la administración andaluza de un modelo virtual que se adapte a las particularidades climáticas y de emplazamiento, en el menor plazo y con la mayor calidad arquitectónica posible aprovechando las ventajas de la construcción industrializada. En síntesis, servirá para crear un sistema modular flexible, con un catálogo inédito de elementos constructivos - nuevos y tradicionales -, dentro de un sistema experto, algo que es muy importante porque estará basado en inteligencia artificial. Perseguimos, sin alterar la capacidad creativa del diseño del arquitecto, crear una herramienta que facilite el que se pueda construir una vivienda plurifamiliar industrializada con ahorro de costes y plazos. El producto virtual, a escala real y en BIM, sobre una parcela de titularidad de AVRA, integrará componentes convencionales e innovadores, con inclusión de renovables con sistemas activos. Aunque el prototipo en principio será de obra nueva, pretendemos que sea replicable y aplicado a la rehabilitación, que ahora mismo es nuestro principal campo de trabajo.

Sesión 4. Contribuciones científicas. Innovación tecnológica y constructiva sostenible en la vivienda social y el espacio urbano

La accesibilidad de la vivienda en Europa. Una comparativa entre España, Alemania y Suecia

Héctor Simón Moreno

Universidad Rovira i Virgili. Cátedra UNESCO de Vivienda. Hector.simon@urv.cat

Resumen

La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006) contiene obligaciones de accesibilidad con respecto a la identificación y eliminación de obstáculos y barreras a la accesibilidad en los edificios. Con la finalidad de comprobar el grado de cumplimiento de dicho Convenio, el presente trabajo analiza la accesibilidad universal a los edificios plurifamiliares en España, Alemania y Suecia analizando todos los pasos del *iter* desde que la persona abandona la vía pública hasta que llega a su vivienda. Los resultados identifican buenas y malas prácticas entre los diferentes países y muestran que, teniendo en cuenta que el porcentaje de accesibilidad universal es del 0,6% en España, 2,5% en Suecia y 1,5% en Alemania, todavía queda un largo camino por recorrer en términos de accesibilidad universal de los edificios plurifamiliares en al menos tres Estados miembros de la Unión Europea.

Palabras claves: accesibilidad universal; edificios multifamiliares; propiedad horizontal; políticas de vivienda

1 INTRODUCCIÓN

La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2006)⁵ contiene obligaciones de accesibilidad relativas a la identificación y eliminación de obstáculos y barreras a la accesibilidad en los edificios (Artículo 9). Aunque la Unión Europea (UE) se adhirió a dicha Convención en diciembre de 2010, la Directiva 2019/882, de 17 de abril, sobre los requisitos de accesibilidad de los productos y servicios⁶, no incluye a la vivienda dentro de su ámbito de aplicación, a pesar de que el Eurobarómetro sobre accesibilidad de 2012 mostró que el 38% de los ciudadanos entrevistados o un miembro de sus familias habían experimentado alguna vez dificultades para entrar en un edificio o en un espacio público abierto.

La ausencia de normas de la UE sobre accesibilidad universal a la vivienda, más allá de la norma europea "EN 17210:2021 Accesibilidad y usabilidad del entorno construido", puede atribuirse a la distribución de competencias entre la UE y los Estados miembros: la UE carece de competencias en lo que respecta al derecho a la vivienda dado que no está consagrado ni en el Derecho primario (Tratados europeos) ni en el Derecho derivado (Derecho europeo).

Ante la ausencia de normas legales a nivel de la UE y con la finalidad de comprobar el grado de cumplimiento del citado Convenio, el presente trabajo analiza la accesibilidad universal a los edificios plurifamiliares en España, Alemania y Suecia analizando todos los pasos del *iter* desde que la persona abandona la vía pública hasta que llega a su vivienda. Para ello se basa en dos informes

⁵ Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html> (visitado 8 Octubre 2021).

⁶ DOUE L 151/70, 7.6.2019.

encargados por la Fundación Mutua de Propietarios a la Cátedra UNESCO de Vivienda de la Universidad Rovira i Virgili⁷, en particular “La accesibilidad de las viviendas en España” de marzo de 2018, en el que se constató que solo el 0,6% de viviendas en España estaban adaptadas para ser universalmente accesibles. La Cátedra asumió el reto de elaborar un nuevo informe contextualizando aquellos resultados desde una perspectiva europea, que fue elaborado en 2018, en el que señalan buenas prácticas en materia de accesibilidad universal que pueden inspirar las políticas públicas de otros países⁸.

2 CUESTIONES METODOLÓGICAS

2.1 EL CONCEPTO DE ACCESSIBILIDAD UNIVERSAL

Entendemos por itinerario universalmente accesible aquel que permite a cualquier persona, independientemente de su edad o discapacidad, recorrer de forma independiente y segura el itinerario que transcurre desde el momento en que la persona abandona la vía pública hasta que finalmente llega a su vivienda, habiendo pasado por las zonas comunes (tanto exteriores como interiores) y utilizado los servicios comunes, así como el acceso al garaje. Cada uno de los puntos indicados contiene una complejidad en forma de barreras físicas (por ejemplo, rampas que son inadecuadas o completamente ausentes, ausencia de ascensor, espacios de estacionamiento estrechos en un garaje compartido, etc.) o funcionales (por ejemplo, luces accesibles para alguien en silla de ruedas, videoporteros para sordos, ascensor con voz para ciegos, etc.), de lo que se hace eco el cuestionario que sirve de base para el presente trabajo.

2.2 DATOS Y MUESTRA DEL ESTUDIO

Los resultados presentados en este trabajo se basan en datos empíricos recogidos de una encuesta realizada en España vía telefónica, y en Alemania y Suecia a través de una entrevista web asistida por ordenador (C.A.W.I.). Así, se han realizado 2.027 entrevistas en España en las distintas Comunidades Autónomas, 1.502 en Alemania entre los diferentes *länder* y 1.500 en Suecia; en todos los casos se tuvo en cuenta la distribución geográfica de los hogares en cada país. Se pidió a los entrevistados que respondieran un cuestionario que cubría una serie de cuestiones, como las características de su residencia habitual, es decir, si los entrevistados vivían en una vivienda en propiedad, en una propiedad alquilada o en una cooperativa de vivienda, y de qué manera el edificio se organizaba desde un punto de vista legal, así como sobre las barreras físicas y funcionales ya apuntadas.

2.3. PAÍSES ELEGIDOS PARA LA COMPARACIÓN

La elección de Suecia y Alemania se debe a que son dos países que corresponden al modelo nórdico de vivienda (básicamente, con Estados Sociales más fuertes), a pesar de que la forma de vivienda en edificios multifamiliares es también común (71% en Alemania, 49% Suecia en las

⁷ <http://housing.urv.cat/es>.

⁸ Una versión más ampliada del presente trabajo puede consultarse en Nasarre Aznar S., y Simón Moreno H., Housing not for all: the lack of universal accessibility to housing in multi-unit buildings in Spain, Sweden and Germany, *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, 12:1 (2020) 35-54.

encuestas), como en España (72%)⁹. Así, la elección de Alemania se debe a su similitud en la estructura (vivienda en pisos) pero no en la modalidad de tenencia (con un mayor porcentaje de la población viviendo en alquiler y no en propiedad, a la inversa de lo que sucede en España), y la elección de Suecia a su pertenencia al grupo de países del Norte de Europa, donde las políticas de vivienda y las modalidades de tenencia de los edificios (con la preeminencia de las cooperativas y los edificios propiedad de un solo propietario sobre el régimen de propiedad horizontal, cuya implementación en Suecia no tuvo lugar hasta 2009) son distintas a las del sur de Europa.

3 LA ACCESIBILIDAD UNIVERSAL EN LOS EDIFICIOS PLURIFAMILIARES ESPAÑOLES DESDE UNA PERSPECTIVA COMPARADA

3.1 PRINCIPALES RESULTADOS

A partir del informe ya citado de 2018 se podía extraer la siguiente conclusión general: solo el 0,6% de los encuestados (lo que equivaldría a 58.888 viviendas) declaraba que su edificio era universalmente accesible en todos los puntos, es decir, desde la vía pública hasta la puerta de la vivienda, aunque ello sea obligatorio, en los casos en que la obra requerida se considere "razonable", para todas las construcciones nuevas desde diciembre de 2010 y para las edificaciones existentes desde diciembre de 2017. Por ejemplo, el 63% de los edificios no tiene acceso para discapacitados desde la calle hasta la entrada principal; el 14% de los edificios no tienen intercomunicador; entre el 20 y el 25% de los encuestados tiene dificultades para utilizar la puerta de acceso al edificio por su peso o por dificultades para utilizar la cerradura; y el 22% de los edificios no tiene ascensor.

Desde una perspectiva comparada, los resultados muestran que Suecia presenta una mejor accesibilidad desde la calle hasta la entrada principal, siendo la principal razón de la diferencia que en la mayoría de los edificios no hay escalones entre la entrada y el edificio, y si los hay, la rampa que hace la entrada accesible es adecuada; que no existen diferencias significativas en la accesibilidad de la puerta de entrada; que existen diferencias importantes en la presencia de ascensores (con un ascensor presente en el 78% de los edificios plurifamiliares en España, pero solo el 45% en Suecia y un bajo 18% en Alemania); que en la accesibilidad del garaje, cuando se encuentra en el mismo edificio, España obtiene resultados algo mejores (19%); y que en la accesibilidad de las zonas comunes, España y Suecia superan el 50%, pero Alemania solo alcanza el 34%.

3.2 NORMATIVA TÉCNICA

Los problemas que llevan a los bajos resultados en estos aspectos tanto en Alemania como en Suecia se deben a los menores estándares técnicos exigidos por los respectivos reglamentos técnicos. Además, en Alemania se explica por la falta de transposición de los reglamentos técnicos por parte de algunos estados, ya que son los competentes para hacerlo¹⁰, y porque las normas

⁹ Ver para cifras de Eurostat https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/e/e9/Distribution_of_population_by_dwelling_type%2C_2016_%28%25_of_population%29_YB18.png, donde se hallan porcentajes parecidos para toda la población (visitado 8 Octubre 2021).

¹⁰ The *Föderalismusreform* of 2007 transfirió más competencias a los Estados Federales, incluida la promoción de la vivienda social y esta normativa regula los requisitos de las personas con discapacidad. Solo 11 de los 16 Estados

DIN¹¹ solo se aplican a los edificios nuevos (este último caso también se aplica a Suecia), aunque ocasionalmente también se aplica a edificios más antiguos (caso por caso). En España, sin embargo, aunque los requisitos técnicos son más estrictos y son un requisito para todos los edificios, no se cumplen.

3.3 LA POSIBILIDAD DE EXIGIR A LA COMUNIDAD DE PROPIETARIOS LA REALIZACIÓN DE OBRAS DE ACCESIBILIDAD

Si bien en España los propietarios que reúnan las condiciones subjetivas requeridas (propietarios en cuya vivienda o local vivan, trabajen o presten servicios voluntarios, personas con discapacidad, o mayores de setenta años) pueden reclamar las obras necesarias para asegurar un uso adecuado a sus necesidades de los elementos comunes (con el límite de las doce mensualidades ordinarias de gastos comunes) (art. 10.1 de la Ley de Propiedad Horizontal), en Suecia no se prevé esta facultad a favor de los residentes de los edificios, de manera que los requisitos técnicos de la normativa en materia de accesibilidad ni son vinculantes para la cooperativa o el propietario del edificio ni pueden imponerse o exigirse por sus residentes. Tampoco pueden exigirlos los arrendatarios. Sorprende, por otra parte, que la Ley de Propiedad Horizontal alemana no contenga ninguna disposición específica en materia de accesibilidad, aunque la jurisprudencia ha permitido a los propietarios exigir a la comunidad la realización de obras de accesibilidad sufragando su coste el propietario interesado. En cuanto a la situación de los arrendatarios y usuarios de cooperativas alemanas, el artículo 554a del Código Civil alemán (BGB)¹² establece que el inquilino puede exigir la aprobación del propietario para los cambios estructurales u otras instalaciones requeridas para hacer que el uso de la vivienda o el acceso sea adecuado para las necesidades de los discapacitados; debe tener, por lo tanto, un interés legítimo. El propietario solo puede rechazar la aprobación si su interés en mantener la vivienda o edificio alquilado sin cambios supera los intereses del inquilino (sección 554a (l 2) BGB). El arrendatario debe soportar no solo los costes de las modificaciones estructurales, sino también los costos de las obras.

4 DISCUSIÓN: BUENAS Y MALAS PRÁCTICAS

En cuanto a las buenas y malas prácticas en materia de accesibilidad, tenemos que:

- a) La manera más eficiente para incrementar los porcentajes de accesibilidad de los edificios multifamiliares es el establecimiento de requisitos imperativos por ley, lo que no ha tenido lugar en Suecia, cuya aproximación ha fomentado la existencia de un parque de viviendas dual en materia de accesibilidad en función de la antigüedad del edificio, cuya situación, además, puede perpetuarse en el tiempo si así lo deciden sus integrantes (denegando la autorización de las obras). La “ponderación de intereses” alemana no parece resultar tampoco del todo eficiente para conseguir una accesibilidad universal. Por lo tanto, la aproximación española, si se cumple, es coherente con la voluntad de alcanzar una accesibilidad universal en todos los edificios

aprobaron su propia normativa y el resto se siguen refiriendo a la normativa federal, lo que ha implicado una aplicación desigual de los derechos de accesibilidad universal.

¹¹ Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr, DIN 18040-1 und DIN 18040-2 – Planungsgrundlagen des barrierefreien Bauens', disponible en https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/planungsgrundlagen_barrierefreies_bauen.pdf (visitado 8 Octubre 2021).

¹² Disponible en: <http://www.gesetze-im-internet.de/bgb/> (visitado 8 Octubre 2021).

multifamiliares.

- b) No obstante, una actuación sueca digna de mención son los incentivos económicos en forma de subvenciones, que por otra parte también ha adoptado la legislación española (por ejemplo, en el Real Decreto 106/2018, de 9 de marzo, por el que se regula el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021), que de hecho ya contempla alguna de las recientes innovaciones de la normativa sueca, como la posibilidad de que el propietario del edificio (la comunidad de propietarios en España) pueda pedir directamente la ayuda.
- c) También debe destacarse que un porcentaje relativamente alto de la población sueca encuestada (45%) conoce la posibilidad de pedir ayudas públicas en materia de accesibilidad, lo que debería inspirar a los poderes públicos españoles a implementar acciones específicas de formación para estos colectivos vulnerables dado que el 70% de los encuestados no conocían la posibilidad de forzar el acuerdo de la junta de propietarios respecto a las obras en materia de accesibilidad.
- d) De Alemania, podemos adoptar el reconocimiento expreso como derecho fundamental en su Constitución (artículo 3.3) del derecho a no ser discriminado debido a una discapacidad, lo que ha inspirado legislación y jurisprudencia en este sentido.

5. REFERENCIAS

- Allen, J., Welfare Regimes, Welfare Systems and Housing in Southern Europe, *European Journal of Housing Policy*, 6:3 (2006) 251-277.
- Azevedo, B., López-Colas, J. y Módenes, J. A., Home Ownership in Southern European Countries: Similarities and Differences, *Portuguese Journal of Social Science*, 15:2 (2016) 275-298.
- Kleinman M.; Matznetter W., y Stephens M. *European Integration and Housing Policy*, 1998.
- Nasarre Aznar S., Olinda Garcia M., Xerri K. Molina Roig E. y Simón Moreno H., Tenancies as an alternative to homeownership in Spain, Portugal and Malta? The legal drivers in a European context, in: C. Schmid (ed.), *Tenancy Law and Housing Policy in Europe*, Elgar Land and Housing Law and Policy series, Elgar Law Publishing, 2018, pp. 67-117.
- Nasarre Aznar S., y Simón Moreno H., Housing not for all: the lack of universal accessibility to housing in multi-unit buildings in Spain, Sweden and Germany, *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, 12:1 (2020) 35-54.

Financiación: Esta comunicación ha sido posible gracias al proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad "Vivienda colaborativa" (2018-20; DER2017-84726-C3-1-P) y al premio a la investigación ICREA (2016-20) otorgado al Prof. Dr. Sergio Nasarre Aznar.

Agradecimientos: El autor desea agradecer al Sr. Santi Ariste y a la Sra. Irene Suau por su participación en el estudio presentado en el presente trabajo, ya que fueron los encargados de recopilar y procesar los datos estadísticos, así como a la Sra. Sandra Gerdes y la Sra. Valerie Müller (Universidad de Bremen) y la Dra. Elisabeth Ahlinder (Universidad de Estocolmo) por su valiosa comprensión de la interpretación de los resultados de la encuesta realizada en Alemania y Suecia.

El problema de la sostenibilidad en la industrialización de la vivienda social y sus modelos de gestión: el caso de la Vivienda de Interés Social VIS en Medellín, Colombia.

Taborda-Llano, Isabella ⁽¹⁾, Marín-Vanegas, Daniel⁽²⁾, Benavides-Uribe, Ricardo⁽³⁾

Universidad Nacional de Colombia. (1) itabordal@unal.edu.co (2) dfmarinv@unal.edu.co (3) rjbenavidesu@unal.edu.co

Resumen

El acelerado crecimiento poblacional, las crisis económicas y los desafíos territoriales alrededor de los conflictos urbano-rurales, son grandes retos para la industria de la construcción al suponer una alta demanda de unidades habitacionales. Esta investigación pretende mostrar el problema de la sostenibilidad habitacional a la hora de construir vivienda masiva, mediante el estudio de casos de intervención del Estado colombiano en Medellín, y los modelos de gestión utilizados por las constructoras de vivienda social, basados comúnmente en el ciclo de vida tradicional de los proyectos: inicio, planeación, ejecución, control y cierre. Como resultado principal se propone la integración de una nueva fase del ciclo de vida de los proyectos en la industria de la construcción: la fase de ocupación o uso del hábitat. En últimas, esta propuesta permite integrar las variables que surgen de la ocupación de los proyectos de vivienda social como determinantes de una gestión sostenible en estos.

Palabras claves: Sostenibilidad, industrialización de la construcción, vivienda social, hábitat humano, ciclo de vida de proyectos.

1 INTRODUCCIÓN

En Colombia, el problema del conflicto armado se deriva de múltiples problemáticas sociales, más de 6 millones de personas han sido desplazadas principalmente de zonas rurales hacia zonas urbanas. Por lo anterior, se han implementado iniciativas como la producción de vivienda social, y así contribuir a la disminución de la pobreza y la informalidad urbana en el país [1],[2]. Entre diversas categorías, el Estado Colombiano clasifica las comunidades vulnerables como objeto de los subsidios de vivienda social, a las siguientes [3]: (a) comunidades en condición de pobreza extrema, (b) comunidades en zonas de violencia y desplazamiento, (c) víctimas de catástrofes o calamidades públicas y (d) habitantes de Zonas de Alto Riesgo No Mitigable. Ahora bien, la construcción de vivienda masiva o industrializada para afrontar este déficit habitacional de comunidades vulnerables conlleva retos y barreras que han sido retratados en el campo de estudios de la vivienda social y el hábitat humano[4].

Lo anterior, se puede constatar en las investigaciones que se han realizado sobre estas categorías, como ejemplo para la categoría (a), se pueden observar las críticas a los proyectos de vivienda masiva que buscan solucionar el problema de la pobreza extrema [5]. Para las demás categorías, se puede destacar que el desplazamiento en Colombia no solo obedece a razones de conflicto armado (categoría b), sino también a inclemencias climáticas y desastres naturales (categorías c y d) [6],

procesos migratorios que han influido en el establecimiento de los patrones de urbanización de las ciudades, y aumento de la vulnerabilidad social en el país [7].

Dadas las condiciones anteriores, se hace necesario una reestructuración de los modelos de gestión de los proyectos de vivienda social para la industria de la construcción en el país, puesto que dentro del ciclo de vida de los proyectos [8] no es común plantear una fase de uso y ocupación que integre la habitabilidad y en consecuencia, la sostenibilidad en el tiempo. Esta fase ha sido propuesta en el marco de esta investigación [9] como una fase que concibe el problema desde la noción compleja de hábitat y no solo desde la vivienda.

En este sentido, esta investigación se plantea mostrar el problema de los modelos de gestión de la sostenibilidad habitacional a la hora de construir vivienda masiva, mediante el estudio de: I) casos de intervención del Estado colombiano en Medellín, y II) los modelos de gestión utilizados por las constructoras de vivienda social, basados comúnmente en el ciclo de vida tradicional de los proyectos: inicio, planeación, ejecución, control y cierre.

2 METODOLOGÍA

El planteamiento metodológico está dado en una doble vía. En primer lugar, la sistematización de casos reales de proyectos de intervenciones públicas y privadas en Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) mediante un instrumento de matriz que permite organizarlos en categorías de análisis presentadas en la **Tabla 1**:

Categoría	Rango / Criterios de la categoría
Modalidad del proyecto	Vivienda de Interés Social (VIS) Vivienda de Interés Prioritario (VIP) Vivienda de interés social para ahorradores (VIPA) Mejoramiento*
Tipología del proyecto	Ciudadela Conjunto residencial abierto Conjunto residencial cerrado Edificio Casas individuales
Fuente de recursos del proyecto	Pública - Institución Pública - Programa de apoyo Mixta - Cooperativa Privado - Caja de compensación Privado - Constructora Organización Popular de Vivienda
Estado del proyecto	Fase de diseños Fase de construcción Fase de ventas Parcialmente entregado Entregado y habitado

Tabla 1. Categorías de estudio definidas en la matriz de proyectos de vivienda social en el AMVA.

Esta sistematización se cruza con información del proyecto de investigación “Modelo pedagógico para la enseñanza del diseño de intervención del hábitat en programas de educación superior” del que hacen parte los autores; dicha información fue obtenida mediante salidas de campo a varios proyectos de vivienda social en Medellín y ciudades aledañas, además de la búsqueda en bases de datos de instituciones públicas sobre proyectos de vivienda desarrollados, en desarrollo o a desarrollar; en últimas se utilizaron entrevistas que se realizaron en este proyecto a funcionarios de instituciones públicas relacionadas con los proyectos de vivienda social en cuestión.

En segundo lugar, una revisión bibliográfica de los modelos de gestión de vivienda social existentes, y su aporte en sostenibilidad al ciclo de vida de los proyectos de acuerdo a la naturaleza de los mismos. Como se puede observar en la **Tabla 2**, tal revisión se realiza de manera conceptual y asignando un indicador numérico (escala de 1 a 10) a los diferentes trabajos académicos hallados (artículos, reportes, tesis, entre otros) según la integración que realizan de los postulados teóricos considerados en las categorías 1 y 2 de la **Tabla 2**.

La categoría 1 hace referencia a la palabra clave usada para el tipo de enfoque en la gestión de los proyectos, la categoría 2 analiza el grado de desarrollo y la aplicabilidad del concepto multidimensional de sostenibilidad [10]. Por último, se seleccionan las fases propuestas por el Project Management Institute PMI [8] para categorizar las etapas consideradas en los proyectos de los referentes bibliográficos estudiados, reconociendo menciones implícitas o explícitas en el texto; lo anterior con el fin de homogeneizar los diferentes términos usados para las fases de proyectos que se pueden sintetizar en las 5 fases de la última columna en la **Tabla 2**.

Categorías de estudio de la búsqueda bibliográfica		Fases abordadas
1	2	
Tipo de enfoque de gestión	Aplicabilidad concepto de sostenibilidad - habitabilidad	
Método Certificación Investigación Herramienta Modelo Marco de referencia Estándares Experiencias Instrumento	Sostenibilidad económica Sostenibilidad institucional Sostenibilidad social Sostenibilidad Ambiental Sostenibilidad Cultural	De acuerdo con el PMI: Inicio Planificación Ejecución Monitoreo y control Cierre

Tabla 2. Resumen metodología de revisión bibliográfica y fases de acuerdo al ciclo de vida de proyectos.

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL EN MEDELLÍN Y MUNICIPIOS CERCANOS

La aplicación del diseño metodológico presentado, permitió obtener hallazgos importantes sobre los cambios de uso. En primer lugar, se registraron casos en los que los equipamientos urbanísticos como los módulos para recolección de residuos fueron utilizados para adecuar locales comerciales (Imágenes A y B). También, se hallaron modificaciones constructivas y/o estructurales, realizadas por parte de los propietarios de las viviendas, como se observa en la imagen C, donde en el proyecto

Auroras de la Libertad se creó un balcón retirando el muro estructural que estaba ubicado bajo el sillar de la ventana. Por otro lado, mediante las entrevistas a funcionarios públicos y profesionales que han trabajado en los institutos de vivienda de Medellín o en proyectos de vivienda social, se registraron casos en los que viviendas de los proyectos destinados a ser de uso residencial fueron utilizadas como puntos de acopio de reciclaje por sus propietarios, como lo fue en el proyecto Cantares 4 en el tercer nivel de una edificación de VIS. Finalmente, en Ciudadela Occidente se tiene registro del uso de espacio público y de zonas verdes que son reserva ambiental para cultivos de maíz (Imagen D) en las cuales no se tiene permitido cultivar. Esto refleja cambios físico-espaciales en las intervenciones que no tienen en cuenta las prácticas socio-culturales.

En segundo lugar, se encontró que los proyectos de Vivienda de interés Social VIS en Medellín que en principio están dirigidos a beneficiar a las comunidades vulnerables tipificadas en la Ley 1237 de 2012 [3], han desvirtuado su objetivo al utilizarse como estrategia para la construcción de vivienda masiva por parte de entes privados en detrimento de la calidad habitacional, pasando de tener el interés social proclamado en la ley a ser proyectos de vivienda de interés exclusivamente comercial.



Figuras A, B, C y D. Cambios de uso en los espacios de las Viviendas de Interés Social entregadas a comunidades vulnerables en el macroproyecto Ciudadela Nuevo Occidente cerca a Medellín, Colombia. Fuente: autores en salida de campo. Septiembre 2021.

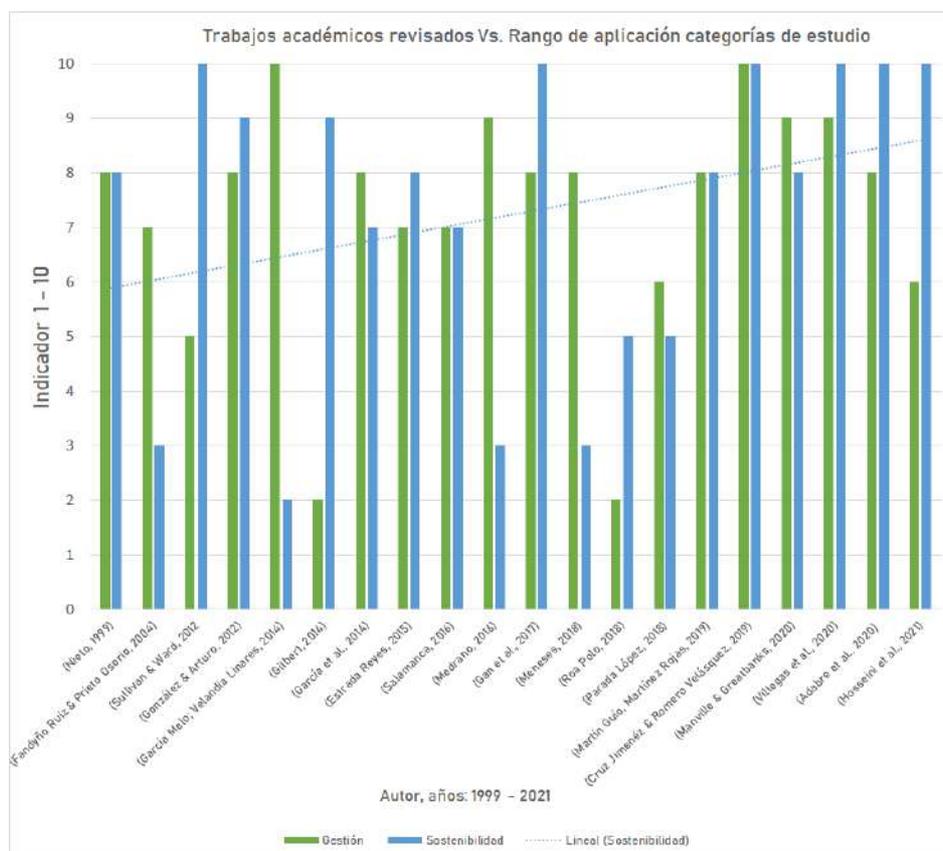
En tercer lugar, se encontraron casos de corrupción en proyectos de vivienda de interés prioritario VIP en Medellín, tales como: el proyecto llamado Ciudad del Este, ubicado en el Barrio Buenos Aires, zona oriental de la ciudad, que tuvo inicio en el año 2014 y estaba previsto terminarse y entregarse dos años después, pero que a la fecha siguen en obras de construcción, luego de superar una suspensión dictaminada en 2018. Lo anterior debido a las pocas estrategias de vigilancia de los recursos asignados a los subsidios para la adquisición de viviendas VIS y VIP; cuya destinación

presupuestal aumentó tras la aplicación de la ambiciosa política de vivienda impulsada durante el gobierno de Juan Manuel Santos desde el año 2012 [5].

3.2 MODELOS DE GESTIÓN DE VIVIENDA SOCIAL Y SU APOORTE A LA SOSTENIBILIDAD

Los modelos de gestión hallados, dan cuenta de la unificación de los procesos de ejecución de los proyectos de vivienda social en el país, pues si bien se encontraron trabajos académicos que exponen guías, metodologías y modelos para la gestión de proyectos de vivienda de interés social, solo uno expone de manera puntual una metodología de gestión de proyectos para la construcción de vivienda de interés social sostenible. Por lo anterior, se pudo evidenciar que generalmente los modelos de gestión de vivienda social se enfocan en la dimensión económica de la sostenibilidad, partiendo desde la etapa de estudios y diseños o planificación.

Otro de los hallazgos más importantes, fue la creciente tendencia de investigación sobre la sostenibilidad en diferentes temáticas de sus 5 dimensiones. Como se evidencia en la gráfica N°1, la cual resume en análisis realizado a los trabajos académicos revisados, la línea de tendencia se aproxima a la sostenibilidad de manera general, lo anterior teniendo en cuenta los indicadores numéricos (escala 1 - 10), asignados a las categorías de estudio (sostenibilidad, gestión), por lo que se pudo evidenciar que aún los temas de investigación que vinculan las fases de un proyecto de acuerdo con el PMI, con las dimensiones de sostenibilidad, se encuentran a medio camino.



Gráfica 1. Trabajos académicos revisados vs. nivel de aplicación de las categorías de estudio.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cambios en la política habitacional estatal han significado el aumento del carácter mercantil de la vivienda, evidenciando su paso de ser un bien de uso (propio de las política de bienestar

implementadas en el siglo pasado) a un bien de intercambio, cuyo valor se determina según la utilidad que pueda generar como proyecto inmobiliario. La política estatal de vivienda está orientada hacia el fomento de la demanda (a través de subsidios); esto hace que la oferta privada incremente tratando de captar los recursos provenientes de los usuarios subsidiados; esta particularidad ha derivado en el aumento de casos de corrupción, afectando el acceso de los hogares vulnerables a una vivienda digna. Por otro lado, es evidente la creciente tendencia de las investigaciones entorno a la sostenibilidad dentro de sus 5 dimensiones (económica, ambiental, social, institucional y cultural), sin embargo, a partir de la revisión de los trabajos académicos sobre los modelos de gestión de los proyectos de vivienda social y su aporte a los criterios de sostenibilidad, se encontró una tendencia mayor hacia la sostenibilidad económica y una baja integración de las demás dimensiones de la sostenibilidad a la ejecución de los proyectos de vivienda social.

En términos físico-espaciales, los proyectos de vivienda social, y los cambios de uso a los que son sometidos por parte de los usuarios, evidencian deficiencias en el diseño y gestión de las soluciones habitacionales, siendo esta una consecuencia derivada de la aplicación de enfoques mercantilistas, que no contemplan el hábitat desde su perspectiva multidimensional. En este sentido, se recomienda incorporar en la gestión de proyectos una fase de uso y ocupación de los mismos, integrando todas las variables que los habitantes proponen en las dinámicas de transformación, apropiación y tenencia de la vivienda, o más bien, del hábitat, puesto que como fue mostrado, la ocupación de los proyectos derivó en cambios de espacio público, de dinámicas comerciales, socioculturales, y en general, cambios en todas las dimensiones.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Kamalipour and K. Dovey, "Incremental production of urban space: A typology of informal design," *Habitat Int.*, vol. 98, no. January, p. 102133, 2020, doi: 10.1016/j.habitatint.2020.102133.
- [2] M. Sliwa and H. Wiig, "Should I stay or should I go: The role of Colombian free urban housing projects in IDP return to the countryside," *Habitat Int.*, vol. 56, pp. 11–19, 2016, doi: 10.1016/j.habitatint.2016.01.003.
- [3] Congreso de Colombia, "Ley 1537 del 20 de junio de 2012," pp. 1–22, 2012, [Online]. Available: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/ley153720062012.pdf>.
- [4] L. M. Muñoz Cruz, J. P. Arcila Bastidas, I. S. López Meneses, J. J. Delgado Echeverri, R. A. Rengifo, and J. A. Pérez Velásquez, "Aesthetics of social housing: Progressive development in Palmira, Colombia (2000-2017)," *Rev. INVI*, vol. 35, no. 98, pp. 75–100, 2020, doi: 10.4067/S0718-83582020000100075.
- [5] A. G. Gilbert, "Free housing for the poor: An effective way to address poverty?," *Habitat Int.*, vol. 41, pp. 253–261, 2014, doi: 10.1016/j.habitatint.2013.08.009.
- [6] S. M. A. Hosseini, L. Farahzadi, and O. Pons, "Assessing the sustainability index of different post-disaster temporary housing unit configuration types," *J. Build. Eng.*, vol. 42, no. June, p. 102806, 2021, doi: 10.1016/j.job.2021.102806.
- [7] D. J. Roncancio, S. L. Cutter, and A. C. Nardocci, "Social vulnerability in Colombia," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 50, no. September, p. 101872, 2020, doi: 10.1016/j.ijdr.2020.101872.

- [8] Project Management Institute PMI, PMBOK GUIDE, Sixth. Pennsylvania: Project Management Institute, 2017.
- [9] Marín-Vanegas, D.F, Benavides-Uribe, R.J, López-Garnica, P. Una aproximación a un modelo multidimensional para la enseñanza de intervención del hábitat: experiencia piloto en un grupo interdisciplinar de pregrado. Congreso Nacional de Educación y Pedagogía en la UNAL. Colombia: Universidad Nacional de Colombia., 2021.
- [10] G. Wu, K. Duan, J. Zuo, X. Zhao, and D. Tang, "Integrated sustainability assessment of public rental housing community based on a hybrid method of AHP-entropy weight and cloud model," *Sustain.*, vol. 9, no. 4, 2017, doi: 10.3390/su9040603.
- [11] El Tiempo, medio periodístico febrero 10, 2020. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/contraloria-de-medellin-revela-problemas-en-obras-de-ciudad-del-este-460762>. Acceso septiembre 27, 2021.
- [12] Reanudan obras en Urbanización Ciudad del Este, junio 25, 2020. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=iog2k0omOEI>. Acceso septiembre 27, 2021.

Financiación: Convocatoria para el Apoyo a Proyectos de Investigación y Creación Artística en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín 2020. Proyecto: Modelo pedagógico para la enseñanza del diseño de intervención del hábitat en programas de educación superior. Código Hermes: 50253. / Unidad de Gestión Ambiental adscrita a la Dirección de Sostenibilidad y Gestión Logística de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Agradecimientos: Al funcionario público Mauricio Zapata del Instituto Social de Vivienda y Hábitat de Medellín ISVIMED, por las entrevistas y salidas de campo de Ciudadela Nuevo Occidente.

Is thermal insulation the right solution to mitigate the effects of hot summers in the Mediterranean area? Evaluation of a double-skin façade in test cells.

R. Escandón⁽¹⁾, R. Suárez⁽²⁾, A.L. León⁽³⁾, A. Alonso⁽⁴⁾, C.M. Calama-González⁽⁵⁾

IUACC, E.T.S de Arquitectura, Universidad de Sevilla. (1) rescandon@us.es. (2) rsuarez@us.es. (3) leonr@us.es. (4) aliciaalonso@us.es. (5) ccalama@us.es

Abstract

In the Mediterranean area, hot summers are critically affecting thermal comfort in existing housing, which mostly is not able to overcome these climatic challenges. Therefore, there is an urgent need to retrofit the housing stock through the implementation of passive measures to improve comfort without assuming an energy consumption increase, since an important sector of society could not afford it. This research attempts to address the capacity of double-skin façades (DSF) to improve indoor thermal conditions, based on exhaustive monitoring of free-running conditions in test cells in southern Spain. The results obtained show a good capacity of DSF to improve indoor temperatures with high outdoor temperatures, but it also clearly reflects the problems generated by high direct solar radiation in the south-facing cell and the importance of night-time ventilation in this climate.

Keywords: Double-skin façade, test cells, monitoring, overheating, housing stock retrofit.

1 INTRODUCTION

The retrofitting of the housing stock should be a priority, given the high rate of energy obsolescence. Specifically, in the case of social housing in southern Europe, this task involves two main challenges that must be tackled together: a social and health one, related to the reduction of energy poverty in social housing stock, and an environmental one, given global warming verified by the Intergovernmental Panel on Climate Change [1]. In previous studies carried out in the social housing stock in southern Spain, it is concluded that users are between 20 % and 50 % of the hours in discomfort conditions [2] and that they do not have suitable conditioning systems or the economic means to afford adequate thermal conditions. Therefore, there is an urgent need to update this vulnerable residential stock, focusing on passive conditioning measures to attend to the occupants' perception of comfort conditions [3].

In the Mediterranean area, climate change will cause significant warming in the coming decades [4]. This will critically affect thermal comfort in existing housing, which mostly is not able to overcome these climatic challenges [5]. If this situation is not taken into account in the evaluation of retrofit strategies, it will lead to overheating of homes and an important health risk, since it will push the thermoregulatory capacity of humans to the limit, causing an increase in morbidity and mortality [6].

Until the last years, the need of reducing the energy consumption of the building stock has mainly focused on highly insulation levels in buildings, but that respond inadequately to summer conditions due to overheating, which will worsen in the future scenario of global warming. Consequently, the processes of energy retrofitting of buildings must focus on preventing this effect [7]. Previous studies

showed a very limited performance of the External Thermal Insulation Composite System (ETICS) with high outdoor temperatures, as is the case in southern Spain summers [8]. In climates with higher solar radiation, retrofit measures should also focus on sun protection and ventilation.

The ongoing research project called "MeDoS: Parametric optimization of double-skin façades in the Mediterranean climate to improve energy efficiency under climate change scenarios" [9], aims to address the challenges set out through the optimized design of double-skin façades (DSF). In this work, the experimental method applied in this project will be described, based on monitoring test cells in order to evaluate the DSF impact on a controlled indoor environment. The first results of the monitoring data, obtained so far in the development of the project, are discussed in this communication in order to open the debate on whether or not the thermal insulation is the solution to reduce the indoor effect of climate change.

2 METHODS

The experimental method used is applied in two modules of test cells and is structured in the following phases: constructive and typological characterization of the social housing stock in southern Spain, previously developed by researchers and by public housing agencies (AVRA - Andalusian Housing and Rehabilitation Agency); design of the DSF, as a result of the analysis and definition of the main parameters that affect its performance; and design of the DSF monitoring system in the test cells, based on the main variables.

For the monitoring tasks of the DSF under controlled conditions, there are two modules of test cells located in the city of Seville. Both modules have their longitudinal axis oriented in a North-South direction, and each one consists of two cells, with opposite orientations, separated by a neutral camera where the control systems, the measurement equipment, and the heating, ventilation and air conditioning (HVAC) equipment are located (Fig. 1). Each cell is an autonomous system that reproduces a residential space (2.40 x 3.20 x 2.70 m), with a customizable façade which allows the simultaneous evaluation of different constructive solutions for the same orientation.



Fig. 1 Floor plan and images of the test cells.

Currently, a module of the cells has the characteristic façade of the social housing stock in southern Spain, which is configured as the base façade: perforated brick wall + air chamber + hollow brick partition. The other module has the same base façade, to which a DSF was installed. The four cells have independent active air conditioning and controlled ventilation systems, as well as monitoring equipment for environmental and energy conditions (explained in detail in Section 2.1).

The design of DSF (Fig. 2) consists of an auxiliary structure screwed to the base façade, with a 5 cm-thick mineral wool thermal insulation layer interrupted as little as possible along the façade surface. The outer layer of the DSF is affixed to the auxiliary structure, leaving a ventilated 10 cm thick air chamber. This outer layer consists of lightweight cement panels, designed and marketed by Knauf for outdoor application. At the bottom of the air chamber, a grid able to control the ventilation flow that enters the air chamber is placed. Furthermore, the air chamber is extended 1 m above the inner ceiling of the test cell, in order to increase the natural draft.

2.1 MONITORING PROTOCOL

The use of test cells allows obtaining results with real outdoor conditions, in a controlled indoor environment with high levels of instrumentation and control in order to obtain precise results for each parameter evaluated. Furthermore, this equipment allows to carry out a simultaneous comparative study between a cell with a façade in its original state (base façade prior to retrofitting) and another cell with a façade retrofitted with a DSF, for each seasonal period in the north and south orientations.

For this, an exhaustive measurement protocol is developed both inside and outside the cells, and in different areas of the DSF, which allow registering and evaluating all the physical and energy parameters that they have in their constructive structure. Currently, the cells have a monitoring system which allows the control and measurement of: indoor environmental parameters in the test cells (air temperature and velocity, relative humidity, radiant temperature...); environmental parameters in the DSF (surface temperature, air velocity, flow direction, air temperature, relative humidity...); and outdoor environmental parameters (weather station).

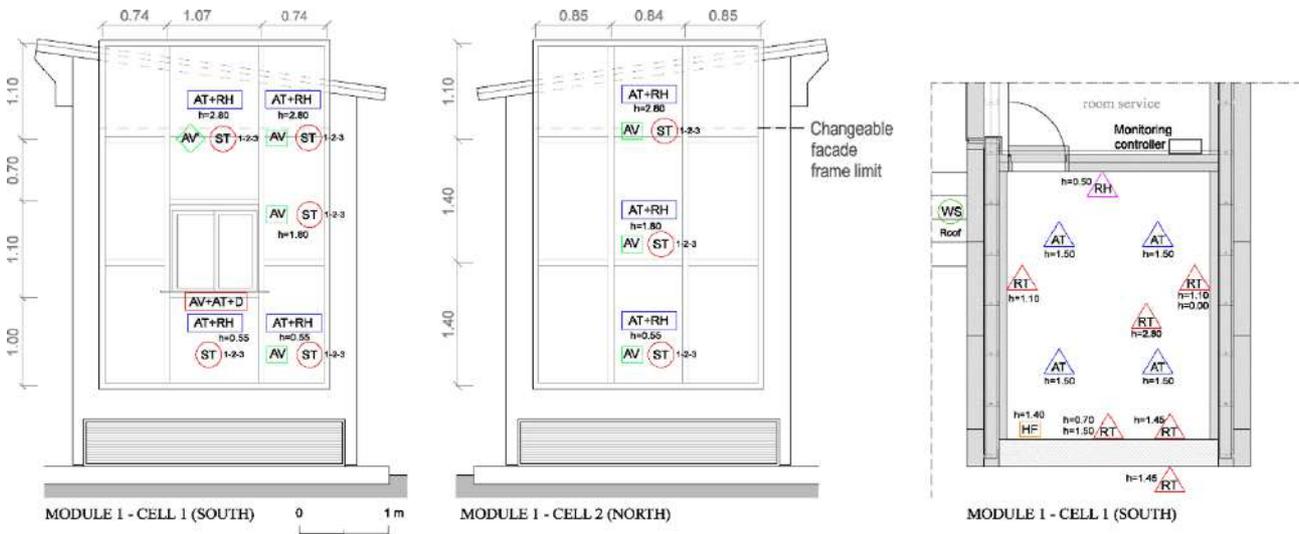
In Fig. 2, all sensors that make up the monitoring system are located and their main characteristics are described. All monitoring data are collected in real time and managed by a multiple logger system, which records the information from all the sensors in each cell under study. Once the construction of the DSF and the installation of the monitoring devices was completed, different measurement protocols of 7-10 days duration were applied, which have allowed the detection of problems and validation of the operation of the system. Different operating hypotheses were applied, combining the use or not of the air conditioning system and of the ventilation system during nights, as well as opening or closing the roller blinds and the ventilation grille of the air chamber of the DSF.

3 RESULTS

This section shows the data measured during the summer period in the test cells. Two free-evolution measurement protocols were applied in the four test cells, which made it possible to compare the results in the north (cells without window) and south (cells with a window with 50 % open roller blinds) orientation with the base façade and the DSF with the grille of the air chamber open. In protocol 1 (P1) the controlled ventilation system was off and in protocol 2 (P2) it was activated from 10 pm to 8

am with a rate of 1.75 ACH (Air Changes per Hour). In both protocols, windows are always closed, so there is no natural ventilation.

Fig. 3 represents the indoor operative temperature evolution in the different test cells and protocols. A typical day was selected, in which the outdoor temperatures were very similar in both protocols (maximum of 39 °C and minimum of 23 °C in P1 and 21 °C in P2). The results show that the retrofitted cells have a more stable behavior than the non-rehabilitated ones, which leads to the reduction of the maximum indoor temperatures, but hinders the dissipation of the heat accumulated by solar radiation, causing the minimum indoor temperatures at nights to be higher than in the base cells. This is not the case in north-facing cells, with lower solar radiation and no window (the weakest element of the envelope), where the implementation of the DSF entails a decrease in indoor operative temperatures of approximately 2-4 °C. The comparison between the measurements of Protocols 1 and 2 allows to highlight the importance of night-time ventilation in the Mediterranean climate, since it favors the dissipation of the heat accumulated during the day and causes a notable improvement in the behavior of the DSF solution, with a practically constant decrease of about 3-4 °C throughout the whole day.



SYMBOL	SENSOR	LOCATION	MODEL	RANK	ACCURACY	FAÇADE SECTION DETAIL
WS	Weather station: - Temperature - Relative Humidity - CO ₂ concentration - Lux - Air velocity - Wind direction - Radiation	Roof	Vaisala HMP110 Vaisala HMP110 Vaisala GMP222 Delta OMH PHOTO3 Kriwan INT10 Kriwan INT30 Delta OMH LPPyra02	-40°C ... +60°C 0 % ... 100 % 0 ppm ... 5000 ppm 0 klux ... 150 klux 0 m/s ... 40 m/s 0° ... 360° 0 W/m ² ... 2000 W/m ²	±0.5 °C ±3 % ±2 % - ±0.5 m/s ±2.5° -	<p>Termocouple location: (1) Outer surface external layer DSF (2) Inner surface external layer DSF (3) Outer surface base façade</p>
AT	Air temperature	Indoor	Vaisala TMW82	-5°C ... +55°C	±0.5°C	
RH	Relative Humidity	HVAC return	Vaisala HMW88	0 % ... 100 %	±5 %	
RT	Surface temperature	Surfaces	Type K thermocouple	-10 °C ... +105 °C	±0.5 °C	
HF	Heat flux	Façade Surface	Hukseflux FHF02	-	-	
ST _{1,2,3}	Surface temperature	DSF Surfaces	Type K thermocouple	-10 °C ... +105 °C	±0.5 °C	
AV	Air velocity	Air chamber DSF	Elektronik EE660	0m/s ... 2 m/s	±0.06 m/s	
AV	Air velocity	Air chamber DSF	Elektronik EE671	0m/s ... 5 m/s	±0.2 m/s	
AV+AT+D	Air velocity Air Temperature Air direction	Air chamber DSF	DegreeControl B300	-1m/s ... +1 m/s 0 °C ... +100 °C -	±0.05 m/s ±1 °C -	
AT+RH	Air temperature Relative Humidity	Air chamber DSF	Vaisala HMP110	-40 °C ... +60 °C 0 % ... 100 %	±0.5 °C ±3 %	

Fig. 2 Location and description of the monitoring devices. Double Skin Façade detail.

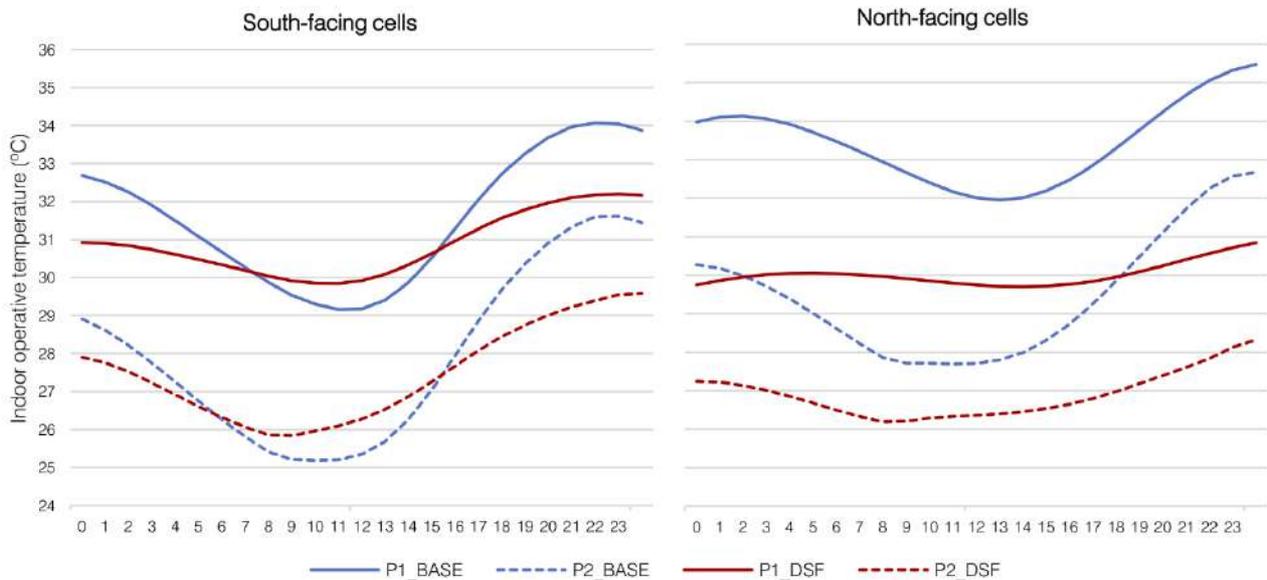


Fig. 3 Indoor operative temperature evolution. P1: protocol 1, ventilation system off. P2: protocol 2, ventilation system activated from 10 pm to 8 am (1.75 ACH).

4 CONCLUSIONS

There is a clear necessity to update the obsolete residential stock in the Mediterranean area, to be able to face the climatic challenges that lie ahead in the coming decades. In order for the proposed retrofit strategies to be effective for the economically most vulnerable sectors of society, living in a situation of energy poverty, we must focus on passive measures to mitigate the overheating that climate change will cause inside homes.

Since previous studies conclude that ETICS achieve limited improvements in indoor temperatures when outdoor temperatures are high, the ongoing MeDoS project aims to achieve an optimized design of double-skin façades (DSF) for hot and dry climates. The evaluation conducted in this work by means of on-site monitoring in test cells in Seville shows that DSF has better effects on the comfort conditions than ETICS, but is also limited during nights in a south-facing cell with a window percentage of 16.5 % and maximum outdoor temperatures of 39 °C due to high solar radiation and difficulty in dissipating heat. When there is no direct solar radiation (north cell), the DSF performance notably increases, although for indoor operating temperatures dropping to 26-27 °C it is necessary to incorporate night-time ventilation.

These results show that future research on retrofitting in the Mediterranean area, which will be strongly affected by global warming, should not only focus on an excessive insulation of buildings, which can be detrimental by limiting heat dissipation capacity. The control of solar radiation and ventilation will play a fundamental role in the passive improvement of the thermal behavior of buildings in hot climates under a climate change scenario.

5 REFERENCES

- [1] P. Wilde, D. Coley, The implications of a changing climate for buildings, *Build. Environ.* 55 (2012), 1-7.

- [2] R. Escandón, F. Ascione, N. Bianco, G.M. Mauro, R. Suárez, J.J. Sendra, Thermal comfort prediction in a building category: Artificial neural network generation from calibrated models for a social housing stock in Southern Europe, *Appl. Therm. Eng.* 150 (2019) 492-505.
- [3] M. Santamouris, Innovating to zero the building sector in Europe: minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change, *Sol. Energy* 128 (2016) 61–94.
- [4] R. Suárez, R. Escandón, R. López-Pérez, Á.L. León-Rodríguez, T. Klein, S. Silvester, Impact of climate change: Environmental assessment of passive solutions in a single-family home in Southern Spain, *Sustainability* 10 (2018) 2914.
- [5] R. Escandón, R. Suárez, J.J. Sendra, F. Ascione, N. Bianco, G.M. Mauro, Predicting the Impact of Climate Change on Thermal Comfort in A Building Category: The Case of Linear-type Social Housing Stock in Southern Spain, *Energies* 12 (2019) 2238.
- [6] C. Mora, B. Dousset, I.R. Caldwell, et al., Global risk of deadly heat, *Nat. Clim. Chang.* 7 (2017) 501–506.
- [7] I. Andrić, M. Koc, S.G. Al-Ghamdi, A review of climate change implications for built environment: Impacts, mitigation measures and associated challenges in developed and developing countries, *J. Clean. Prod.* 211 (2019) 83–102.
- [8] C.M. Calama-González, R. Suárez, Á.L. León-Rodríguez, S. Domínguez-Amarillo, Evaluation of thermal comfort conditions in retrofitted facades using test cells and considering overheating scenarios in a Mediterranean climate, *Energies* 11 (2018) 788.
- [9] Proyecto MeDoS, available at: <http://grupo.us.es/proyectedodos/>

Funding: This research was funded by the Ministry of Economy and Competitiveness of the Spanish Government and the European Regional Development Fund through the research and development project BIA2017-86383-R, by the European Social Fund and by Regional Andalusian Government (Aid for the recruitment, incorporation of Research PhD Staff), the Spanish Ministry of science and innovation (IJC2018-035336-I), and Education, Culture and Sport (FPU17/01375).

Desarrollo de prototipo con sistemas solares fotovoltaicos y baterías de almacenamiento para la investigación en generación distribuida para viviendas sociales

I. Montero⁽¹⁾, T. Miranda⁽²⁾, F. Barrena⁽³⁾, F.J. Sepúlveda⁽⁴⁾

Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales. Universidad de Extremadura (UEX).

(1) imontero@unex.es. (2) tmiranda@unex.es. (3) fernandob@unex.es. (4) fsepulveda@unex.es.

Resumen

El modelo de gestión centralizada de la energía es ineficiente, contaminante y costoso y la producción de energía solar se considera como una de las soluciones más eficaces y eficientes para hacer frente a los problemas mencionados. El auge de la generación aprovechando los recursos renovables requiere la combinación del modelo energético centralizado con la producción energética distribuida. No obstante, existen algunos obstáculos para el uso extendido de las energías renovables, cuya solución está en el desarrollo de formas de almacenamiento de energía y los avances de las tecnologías de control.

El grupo de Energía del Área de Máquinas y Motores Térmicos (ENERMYT) de la Universidad de Extremadura (UEX) ha diseñado un prototipo formado por dos instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo con almacenamiento por medio de baterías, trabajando a diferentes voltajes. La finalidad es constituir un prototipo útil y eficaz para la investigación del almacenamiento energético en instalaciones para autoconsumo en viviendas sociales u otras comunidades energéticas. Por último, se muestran los primeros resultados de los ensayos realizados.

Palabras claves: autoconsumo, fotovoltaica, baterías, almacenamiento, comunidad energética.

1 INTRODUCCIÓN

Históricamente, la red eléctrica siempre se ha coordinado de forma centralizada, donde varias empresas producen y distribuyen la energía hacia los puntos de consumo. Este abastecimiento de energía está sustentado principalmente por las fuentes no renovables de energía, que atienden demandas energéticas muy intensas con mayor rendimiento energético, pero si no se consigue bajar el ritmo de consumo el daño medioambiental será irreversible y se agotarán a medio plazo. El modelo de gestión centralizada de la energía exige extensas redes de distribución en alta tensión, mayor daño medioambiental y grandes pérdidas en los procesos de transporte de energía, es decir, es ineficiente, contaminante y costoso. Por tanto, el empleo de sistemas de energía renovable es una necesidad para responder a la creciente demanda mundial de energía y evitar la contaminación ambiental derivada del uso de combustibles fósiles.

La demanda de energía en los edificios y en la construcción de estos supera un tercio del consumo de energía final mundial y es responsable de en torno al 40% del total de las emisiones globales de CO₂ [1]. La producción energética en el edificio in situ eliminaría una fracción importante de las pérdidas energéticas derivadas de los procesos de transformación. Este importante impacto del

sector de la edificación en el consumo de energía y la existencia mayoritaria de edificios ineficientes energéticamente, motiva a aplicar medidas eficaces. Las soluciones típicas suelen implantarse a nivel de edificios, como la mejora de envolvente, sustitución de sistemas de climatización, uso de bomba de calor o instalación de sistemas basados en energía renovable. Sin embargo, en los últimos años, se recomiendan medidas a nivel de comunidades energéticas, microrredes, comunidades de vecinos, etc [2].

En este sentido, la producción de energía a través del recurso solar ha sido ampliamente considerada como una de las soluciones más eficientes para hacer frente a los problemas mencionados. La potencia instalada de energía fotovoltaica a nivel mundial ha aumentado significativamente en los últimos años, sin duda impulsada por la práctica del autoconsumo. En España, país con potente recurso solar y gran productor de energía fotovoltaica, había instalados 22 MW para autoconsumo en el año 2014, y a partir del año 2017 esta cifra se acrecentó hasta llegar a 596 MW en el año 2020, con un crecimiento de más de un 30% con respecto a 2019 [3]. Esta irrupción de la generación aprovechando la radiación solar está manifestando la necesidad de combinar el modelo energético centralizado con la producción energética distribuida del pequeño y mediano "prosumidor", siempre apoyada en energía verde. El sistema de producción de energía distribuida impulsa la gestión inteligente de la energía, evitando pérdidas de energía en el transporte al generarse cerca del sitio de consumo y disminuyendo las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

No obstante, existen algunos obstáculos para el uso extendido de las energías renovables como son la dificultad para gestionarlas debido a su aleatoriedad, el uso de tecnologías modernas en la producción energética, los riesgos asociados a la inversión y su menor rendimiento energético en comparación con los combustibles fósiles, siendo necesario el desarrollo de formas de almacenamiento de energía. Asimismo, los avances de las tecnologías de control implementadas en las instalaciones de generación de energía renovable otorgan valor añadido al almacenamiento energético, que aumentará más si cabe con la nueva tarificación eléctrica, permitiendo a los usuarios un control absoluto de la energía autogenerada y posibilitando un importante beneficio económico y medioambiental [4]. Respecto a la cuestión medioambiental, los sistemas fotovoltaicos para viviendas unifamiliares reducen las emisiones de CO₂ relacionadas con la electricidad en un 45% y, si se añade una batería, las emisiones de CO₂ pueden reducirse hasta un 85% [5].

El grupo de Energía del Área de Máquinas y Motores Térmicos (ENERMYT) de la Universidad de Extremadura (UEx) desempeña distintas tareas de formación e investigación en lo referente al aprovechamiento del recurso solar para generación de energía en los edificios, con posibilidad de utilizar en viviendas sociales. De esta forma, con objeto de servir de referencia para consolidar la práctica del almacenamiento energético junto a instalaciones generadoras de energías renovables, se ha diseñado un prototipo formado por dos instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo con almacenamiento energético por medio de baterías que trabajan a diferentes voltajes. Así, se busca obtener amplia información sobre el comportamiento de cada instalación, constituyendo un prototipo útil y eficaz para la actividad investigadora que tenga como finalidad el empleo del almacenamiento energético en instalaciones para autoconsumo en edificios o comunidades energéticas. La vivienda social, por sus peculiaridades, puede propiciar una evolución positiva de estas instalaciones. En este sentido, el apoyo de la Administración Pública posee un rol fundamental, pudiendo reducir o eliminar las dificultades gracias a sus ayudas.

A continuación, se describen los componentes del sistema diseñado y se exponen los resultados obtenidos en la primera semana de ensayos, tras la puesta en marcha de la instalación prototipo.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El prototipo consta de dos instalaciones independientes dotadas de una serie de componentes. Una de ellas se destina a almacenar energía en bajo voltaje y la otra para almacenamiento de energía en alto voltaje. Son denominadas “Instalación Bajo Voltaje” (LV) e “Instalación Alto Voltaje” (HV), respectivamente. El emplazamiento de ambas instalaciones es la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) en Badajoz (España).

2.1 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN DE BAJO VOLTAJE

- Campo solar fotovoltaico, de potencia pico 2,7 kW, formado por 6 paneles de silicio monocristalino, fijos y conectados en 2 hileras en paralelo de 3 módulos enlazados en serie (2x3).
- Regulador de carga + Inversor, con una potencia de salida igual a 2,4 kW.
- Batería de ferrofosfato de litio que almacena la energía a Bajo Voltaje y capacidad útil de 8 kWh.

A continuación, se expone la compatibilidad entre los componentes que conforman la instalación (Tabla 1).

LV Parameters		
Photovoltaic Panels	Number	2x3
	Parallel	2
	Series	3
	Maximum Voltage at Solar Array, V_{maxsa} (V)	123,3
	Maximum Current at Solar Array, I_{maxsa} (A)	21,92
	Solar Peak Power, P (kWp)	2,7
Charge Controller	Nominal Load Current (A)	70
	Nominal PV Power, 48 V (W)	4000
	Maximum open-circuit PV Voltage (V)	245
Inverter	DC input voltage range (V)	38-66
	Output power at 25 °C (W)	2400
Battery	Nominal Voltage, V_b (V)	51,2

Tabla 1. Compatibilidad entre componentes de la instalación LV.

2.2 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN DE ALTO VOLTAJE

- Campo solar fotovoltaico, de potencia pico 2,7 kW, formado por 6 paneles de silicio monocristalino, fijos y conectados en serie (1x6).

- Inversor híbrido, con una potencia de salida de 3 kW.
- Batería de ferrofosfato de litio que almacena la energía a Alto Voltaje y capacidad útil de 7,68 kWh.

La compatibilidad entre los componentes que conforman esta instalación se muestra en la Tabla 2.

HV Parameters		
Photovoltaic Panels	Number	1x6
	Parallel	1
	Series	6
	Maximum Voltage at Solar Array, V_{maxsa} (V)	246,6
	Maximum Current at Solar Array, I_{maxsa} (A)	10,96
	Solar Peak Power, P (kWp)	2,7
Inverter	Maximum Input Current (MPPT1/MPPT2) (A)	22 /12
	Maximum Output PV Generator (kWp)	4,5
	Output Power at 25 °C (W)	3000
	DC input voltage range (V)	65-530
Battery	Nominal Voltage, V_b (V)	307

Tabla 2. Compatibilidad entre componentes de la instalación HV.

La Fig. 6 muestra los equipos reales que integran las dos instalaciones que conforman el prototipo, ya instalados en su ubicación. Por su parte, en la Fig. 7, se observa un esquema general del sistema.



Fig. 6. Equipos de prototipo. A) LV y B) HV.

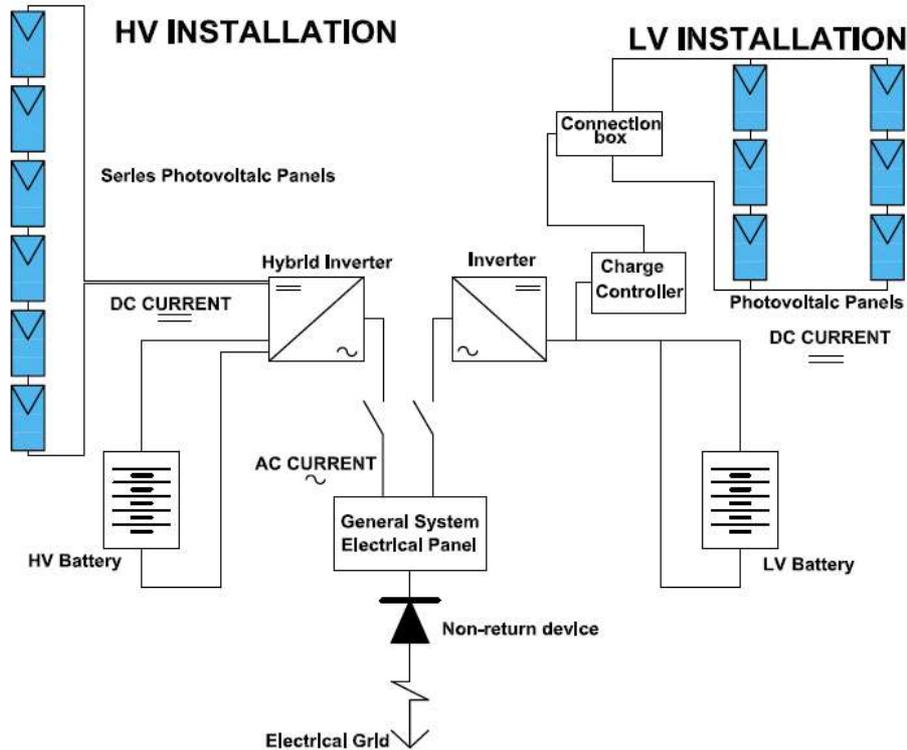


Fig. 7. Esquema de instalación prototipo.

3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con el objetivo de ser un referente para la comunidad científica, a través del prototipo se busca obtener amplia información sobre el empleo del almacenamiento energético en instalaciones para autoconsumo en edificios. Además, se pretende analizar la implantación de estos sistemas en comunidades energéticas donde la energía generada podría aprovecharse por un conjunto de edificios situados cerca de la producción de energía, como pueden ser viviendas sociales. Entre las cuestiones que se pretenden analizar en los ensayos, destacan:

- Aprovechamiento de energía generada a nivel de edificio o comunidad energética.
- Degradación, rendimiento y efectos de temperatura en baterías.
- Influencia del parámetro nivel de voltaje en las instalaciones.

Ambas instalaciones permiten obtener datos actualizados del sistema en cualquier momento a través de las plataformas mostradas en la Fig. 8.

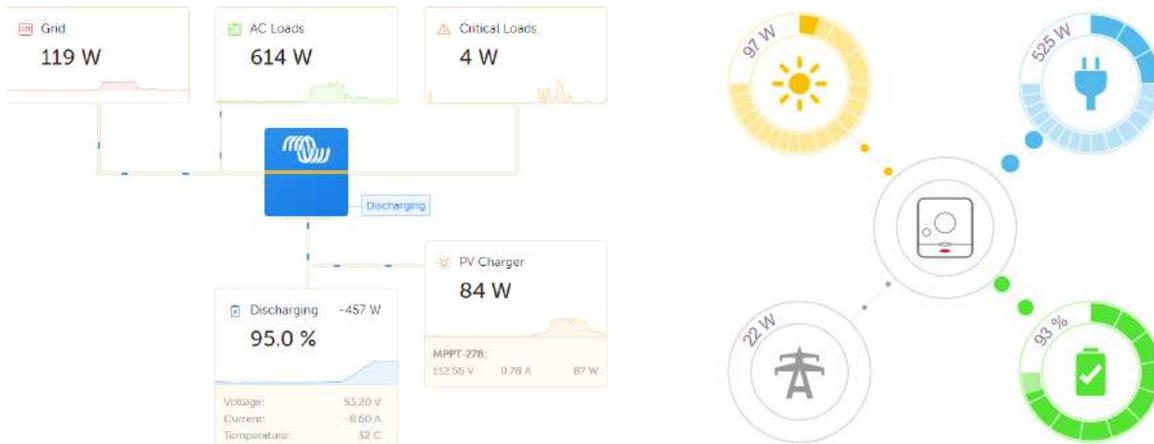


Fig. 8. Datos actualizados de las instalaciones. Izquierda A): LV. Derecha B): HV.

Por otra parte, los resultados obtenidos del primer ensayo semanal se exponen en la Tabla 3.

Instalación	HV	LV
Energía a batería (kWh)	41.14	43.74
Energía desde batería (kWh)	40.60	45.27
Δ energía en batería en el periodo (kWh)	0.53	-1.53
Producción FV (kWh)	113.65	112.16
Consumo real (kWh)	249.21	330.85
Autosuficiencia o cobertura de consumo (%)	45.60	33.90
Δ Autosuficiencia con batería (%)	16.51	13.22
Autoconsumo directo sin baterías (%)	63.80	61.00

Tabla 3. Operación del sistema durante la primera semana de ensayos (24-31 de septiembre).

Las conclusiones más relevantes del presente trabajo son las siguientes:

- Los edificios son clave para la transición, reuniendo elementos que posibilitan la descarbonización del modelo energético como la eficiencia energética, autoconsumo, energías renovables, movilidad eléctrica y gestión inteligente de consumo con participación activa de los consumidores.
- En cuanto a la implantación de los sistemas de almacenamiento en baterías existe una incertidumbre debido al coste, estando en torno al 40% del presupuesto total de la instalación, por lo que las viviendas sociales junto al apoyo de la administración pueden resultar muy útiles para su desarrollo.
- Las nuevas tecnologías y los sistemas de control avanzados hacen posible la gestión de la energía con el objetivo de reducir, optimizar y adaptar el binomio generación-consumo según sea conveniente.
- Tras un primer ensayo semanal, la instalación HV genera 1.5 kWh más que la instalación LV y la adopción de sistemas de almacenamiento en batería permiten un incremento de la autosuficiencia alrededor del 15%.

4 REFERENCIAS

- [1] International Renewable Energy Agency (IRENA), The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025. Available in: <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025> Last accessed on July 16, 2021.
- [2] Murray, P., Marquant, J., Niffeler, M., Mavromatidis, G., Orehounig, K. Optimal transformation strategies for buildings, neighbourhoods and districts to reach CO2 emission reduction targets. Energy Build. 207 (2020) 109569.
- [3] PR1ME ENERGY, La energía solar fotovoltaica se dispara en el último año. Available in: <https://www.primenergy.es/blog/la-energia-solar-fotovoltaica-se-dispara-en-el-ultimo-ano/> Last accessed on July 28, 2021.
- [4] Fitzgerald G, Mandel J, Morris J, T.H., The economics of battery energy storage deliver the most services and value to, 2015.
- [5] Diermann, R., Autoconsumo + baterías reducen hasta un 85% de las emisiones de CO2 de los hogares. Available in: <https://www.pv-magazine.es/2021/03/04/autoconsumo-baterias-reducen-hasta-un-85-de-las-emisiones-de-co2-de-los-hogares/> Last accessed on August 11, 2021.

Financiación: Este trabajo ha sido financiado por el PROGRAMA INTERREG VA ESPAÑA-PORTUGAL (POCTEP) dentro del proyecto INNOINVEST (0605_INNOINVEST_4_E).

Agradecimientos: Los investigadores firmantes agradecen el apoyo de la Escuela de Ingenierías Industriales de la UEx por le cesión del espacio para la instalación, así como al personal de administración y servicio de la UEx que ha colaborado en su puesta en marcha.

EDEACICE, Centro de Innovación y Calidad de la Edificación: Ensayos a escala real en vivienda social

A. Perianes Gutierrez⁽¹⁾, I. Amigo Gamero⁽²⁾, B. Martín Jarillo⁽³⁾

INTROMAC. (1) angeles.perianes@juntaex.es. (2) irene.amigo@juntaex.es. (3) beatriz.martinj@juntaex.es

Resumen

Se pretende dar a conocer la infraestructura de EDEACICE, haciendo énfasis en su potencial como demostrador experimental en investigaciones relacionadas con eficiencia energética en edificación. Se trata de un conjunto de edificaciones e instalaciones a escala real, conformado por dos viviendas: patrón y experimental, siendo fruto del proyecto europeo EDEA de la convocatoria Life+07.

Por otra parte, se centra en los ensayos realizados en estas instalaciones con el proyecto europeo EDEA RENOV de la convocatoria Life+09. Se ejecutó el sistema de monitorización actual de EDEACICE, y una serie de ensayos en invierno de simulación de comportamiento energético. Las conclusiones obtenidas fueron que el aumento del aislamiento térmico en fachada norte tiene una repercusión positiva mayor que en otras orientaciones; que es muy relevante en este clima que los elementos de sombreado sean de carácter móvil; y que no es eficiente un período de ventilación natural de más de 15 minutos.

Palabras clave: demostrador experimental, eficiencia energética, monitorización, ensayos

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta en este trabajo la descripción del uso de la infraestructura experimental del Centro de Innovación y Calidad en la Edificación de la Junta de Extremadura, EDEACICE, en diferentes proyectos de investigación en los que ha participado el personal investigador del Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción, INTROMAC, realizando actividades de I+D+i orientadas a reducir el consumo energético en el acondicionamiento de edificios sin menoscabar el confort interior. Este artículo explica la metodología empleada y algunos de los resultados más relevantes obtenidos a través de los proyectos:

- EDEA [1], Development of Eco-Efficient Architecture: Methods and Technologies for Public Social Housing Building in Extremadura. Convocatoria Life+07. LIFE07 ENV/E/000805. Duración: 2009-2013. Premiado como "Mejor proyecto europeo LIFE+2013" en categoría Medioambiente.
- EDEA RENOV [2], Development of Energy Efficiency in Architecture: Energy Renovation. Innovation and ICTs. Convocatoria Life+09. LIFE09 ENV/ES/000466. Duración: 2010-2015. Premiado como "Mejor de los mejores proyectos europeos LIFE+2015" en categoría Medioambiente.
- Life ReNatural NBEB [3], Recycled and Natural Materials and Products to develop Nearly Zero Energy Buildings with low carbon footprint. Convocatoria Life+17. LIFE17 ENV/ES/000329. Duración: 2018-2021.

2 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EDEACICE

Desde EDEACICE se realizan actividades de investigación aplicada, demostración experimental, formación, y desarrollo y fomento de la calidad en la edificación, las energías renovables y la eficiencia energética en la arquitectura y su entorno.

EDEACICE está ubicado en Cáceres, zona climática C4 predominante en la meseta sur española. Alberga un conjunto de espacios, edificaciones e instalaciones para el estudio y experimentación a escala real de equipos, productos, materiales y sistemas constructivos. Su finalidad es avanzar hacia una economía baja en carbono en el sector de la edificación, apoyando la construcción sostenible, la rehabilitación y eficiencia energética, la reducción de emisiones de CO₂, la gestión inteligente de la energía y el uso de energías renovables para producción de electricidad y usos térmicos en edificación.

En la Fig.1 se muestra la infraestructura experimental, que consta de:

- Dos viviendas de tamaño real y características de VPO de Extremadura, denominadas Vivienda Experimental (VE) y Vivienda Patrón (VP)
- Una sala de instalaciones y equipos comunes
- Una cubierta de instalaciones (solar, enfriamiento evaporativo y eólica)

Las dos viviendas están posicionadas como viviendas en hilera pero físicamente separadas, comparten equipos generadores y sistemas de distribución ubicados en una sala de instalaciones semienterrada, evitando así la interferencia de los mismos en los resultados de monitorización arrojados por los distintos ensayos.



Fig. 1 Vista 3D de la infraestructura de EDEACICE

Esta infraestructura experimental permite el control de las condiciones de contorno durante el desarrollo de los ensayos o intervenciones programados. Se dispone de estación meteorológica propia y medición continua de datos ambientales exteriores e interiores. Además, los paramentos, espacios, equipos e instalaciones están monitorizados y controlados a través de un sistema de gestión que permite visualizar, comparar y medir en tiempo real las condiciones y comportamiento ambiental asociado a diferentes intervenciones.

3 EDEA (2009-2013)

Este proyecto surge de la necesidad de desarrollar una edificación más rentable, sostenible, y de mejor calidad, bajo la premisa inicial de partir de la tipología de vivienda social pero cuyas conclusiones del estudio pudieran ser extrapolables a cualquier otra tipología, fomentando la innovación en el sector. El resultado del proyecto es la construcción de la infraestructura experimental EDEACICE en Cáceres (Extremadura) y el desarrollo de una metodología de diseño y construcción de viviendas sociales bajo criterios de sostenibilidad (económica, ambiental y social) [4].

4 EDEA RENOV (2010-2015)

Como continuación del proyecto EDEA expuesto en el apartado anterior, se adapta la metodología desarrollada a la rehabilitación energética de barrios de viviendas sociales existentes con objeto de reducir las pérdidas de energía y emisiones de CO₂ durante su fase de uso, y contribuir así a la lucha contra el cambio climático. Con esta finalidad se implanta en la infraestructura experimental EDEACICE un sistema de monitorización [5] y se realizan una serie de intervenciones de mejora energética en la fachada y huecos de la vivienda VE para evaluar su efecto respecto al comportamiento ambiental de la VP, los cuales se describen a continuación.

4.1 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización engloba a la VE, la VP y la sala de instalaciones (Servidor Tomcat, con BBDD SQL) y controladas mediante un sistema de control y telegestión SCADA, de tipo propietario Siemens, DESIGO 5.0, el cual permite visualizar, comparar y medir en tiempo real las condiciones existentes en cualquier período de tiempo.

Además de la estación meteorológica propia, EDEACICE cuenta con 238 puntos de medición (85 en la vivienda VP y 153 en la vivienda VE) asociados por zonas y conectados a grupos de módulos de adquisición de datos que transmiten información vía Ethernet a un cuadro centralizador conectado al PC de gestión, el cual contiene una aplicación de visualización, y control accesible desde internet mediante acceso de escritorio remoto y VPN.

4.2 ENSAYOS

4.2.1 Aumento de la inercia térmica en Fachada Norte

Tras la realización de simulaciones de comportamiento energético de estrategias pasivas de rehabilitación, se comprueba que el aumento del aislamiento térmico es más eficaz si se ejecuta en la fachada Norte del edificio que si se aplica en otra orientación. La estrategia de rehabilitación energética se lleva a cabo sobre el cerramiento vertical de fachada Norte de la vivienda VE. La solución constructiva base de ambas viviendas VP y VE consiste en, de exterior a interior: 1/2 pie de ladrillo perforado 11,5cm, mortero de cemento 1,5cm, aislamiento de lana mineral 3,5cm, cámara de aire sin ventilar 5cm y panel de cartón yeso de 1,5cm. La adición de aislamiento térmico se aplica sobre los espacios habitables de fachada con orientación Norte: cocina, aseo, entrada, dormitorio 2 y dormitorio 3. El aislamiento térmico adicionado es lana mineral MW con $\lambda = 0,034 \text{ W/m}^2\text{K}$ de 5cm de espesor.

El período de ensayo tuvo lugar en estación fría, del 27 de febrero al 1 de marzo del mismo año, de manera continua. El ensayo se realiza en régimen libre (sin climatizar). Las variables monitorizadas fueron la temperatura ambiental interior y la humedad relativa interior, tanto en VE como en VP para poder comparar el comportamiento. Ambas variables son medidas en todas las estancias del edificio y en distintas ubicaciones relativas del mismo.

Con esta estrategia de aumento de inercia térmica, la temperatura de las estancias al Norte en la VE fue 1,5°C más alta que la de las mismas estancias en la VP. Respecto a las estancias en orientación Sur, también se aprecia una mejora de las condiciones hidrotérmicas de confort, aunque menores; la temperatura en la VE fue 0,5°C superior respecto a la VP. La humedad relativa durante el ensayo permanece invariable.

Como conclusiones del ensayo, se puede decir que la repercusión del aumento de aislamiento térmico en fachada Norte tiene una repercusión positiva en régimen de invierno tanto en las estancias de orientación Norte como Sur, la estrategia no altera las condiciones de humedad y sí afecta a las de temperatura [4 y 5].

4.2.2 Sombreamiento de huecos

Este ensayo tiene como objetivo estudiar las consecuencias (energéticas y de confort interior) del uso de protectores solares tipo persianas para el sombreado de huecos acristalados.

Los huecos acristalados sobre los que se interviene son tanto en fachada Norte como Sur de los espacios habitables de planta baja y primera de la VE. Las ventanas de VE y VP son de color blanco, metálicos, sin rotura de puente térmico con una $U= 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. La permeabilidad es inferior a 3 m³/h. El acristalamiento es de vidrio doble 4/6/6mm con $U=3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. El factor solar de los vidrios es 0,75. Las persianas utilizadas para el ensayo de la estrategia son de PVC enrollable con capialzado en el dintel del hueco. Las viviendas permanecen durante todo el ensayo a temperatura constante 20°C asegurada a través del uso de un sistema de bomba de calor con impulsión por fancoils.

El período de monitorización del ensayo de la estrategia es en invierno, desde el 11 al 21 de marzo, ambos inclusive, y de manera continua.

Los equipos y las variables controladas para el desarrollo y estudio de esta estrategia son la estación meteorológica con sensor de temperatura y humedad exteriores, anemómetro, pirgeómetro y piranómetro; sensores de temperatura ambiental interiores: temperatura y humedad*; sensores de posición de persianas; sondas de radiación solar incidente sobre vidrio y medidores de consumo eléctrico monofásico. Las características principales de los sensores están descritas en la Tabla 1. El sistema conjunto de monitorización es gestionado por el sistema propietario Desigo basado en protocolo Modbus con comunicaciones vía Ethernet y almacenamiento en servidor local. En esta estrategia las mediciones de las distintas variables se realizan cada 5 minutos de manera continuada.

Ambiente	Estación meteorológica				Sensores interiores		Inmersión	Cuadro eléctrico
Sensor	Tª y Hr	Anemómetro	Pirgeómetro	Piranómetro	Tª ambiental y Hr	CO2	Tª	Consumo eléctrico monofásico
Rango de medida	0-100% RH - 50 a +50°C	0-360° 0+60m/s	±1000W/m2	0 a 4000 W/m2	Siemens QFA2020	Siemens QPA2002	Siemens QAE2120	Circuitos CEM-C10
Precisión	±1% HR; ±0,3°C	± 3°; ±2%			-15 a +50°C; 0 a 100%	0 - 2000 ppm	-30 a +130°C	
Sensibilidad			15 µV/V/m2	15 µV/V/m2	± 3%			Energía Activa clase B EN50470
Señal de salida	4/20mA	4/20mA	4/20mA	4/20mA	0-10V CC o LG-Ni 1000	0-10V CC	0-10V CC o LG-Ni 1000	Impulsos optoacoplada max.24 Vcc 50 mA
Potencia requerida	5-30V a 46 mA	9-30V a 40mA	1,6W a 12V CC	1W a 12V CC	13,5-35V 24 C CA	24V 15-35V		

Tabla 1. Características de los sensores

Se establecen 5 escenarios para apertura-cierre de persianas según horarios aplicables a la VE. La VP permanece siempre con las persianas abiertas como estado de referencia. En ningún caso se accede al interior de las viviendas, todos los escenarios son controlados de manera remota para no distorsionar el comportamiento de VE y VP. Escenario 1 con las persianas siempre abiertas. Este escenario se utiliza como estadio cero de calibración. Escenario 2 VE con las persianas siempre cerradas. Escenario 3 Las persianas de la VE se encontraban al 50% todo el día. Escenario 4 Se simula el accionamiento de las persianas con el equivalente a un horario de ocupación, las persianas de la VE se mantienen abiertas de 8:30h a 20:30h. Escenario 5 La apertura de persianas se realiza de 7:30h a 18:30h.

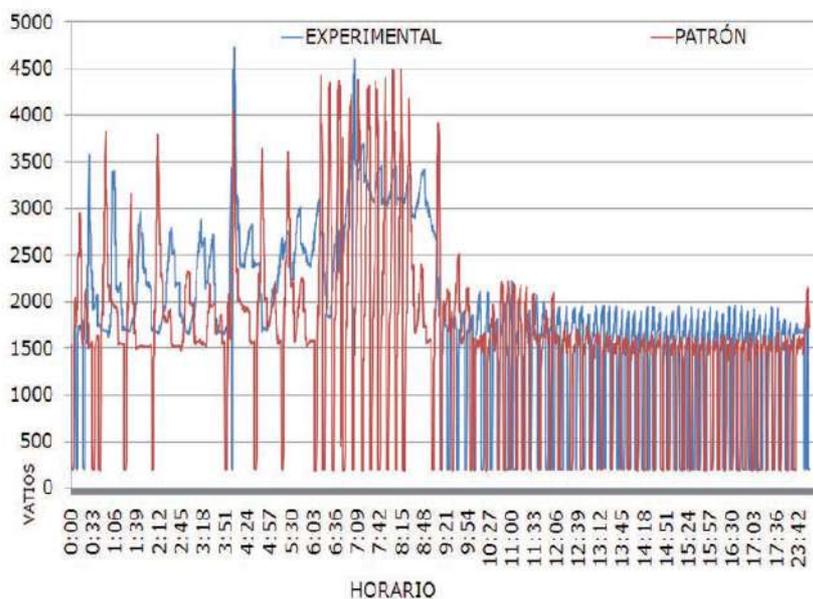


Fig. 2 Consumo energético en Escenario 3

En líneas generales y por escenarios [4 y 5], teniendo en cuenta que el ensayo se hace durante estación fría, el resultado del Escenario 1 permite confirmar que la diferencia entre las dos viviendas es de un 2% en el consumo energético. El del Escenario 2 concluyó que no es beneficioso dejar las persianas permanentemente cerradas y que cuanto más soleado es el día, más beneficioso es mantener las persianas subidas en condiciones operativas de invierno. Según los resultados arrojados por los Escenarios 3 y 4 se concluyó que en régimen de invierno es más eficiente dejar las persianas abiertas al 50% que cerrarlas completamente.

4.2.3 Ventilación natural

Se establecen tres casos relativos al estudio de estrategias de ventilación natural: el Caso 1 tiene el objetivo de evaluar el descenso de la temperatura en invierno en el interior de los espacios habitables de la vivienda debido a la ventilación por apertura de ventanas; el Caso 2 pretende valorar la mejora de la calidad del aire interior en términos de concentración de CO₂ en función de la renovación del aire interior; el Caso 3 analiza la influencia de la ventilación natural en el consumo de calefacción en régimen de invierno.

Las estrategias de ventilación se aplican sobre la VE, la VP permanece como caso de referencia. El período de análisis en el que se aplican las estrategias planteadas abarca desde el 28 de enero hasta el 22 de febrero de 2013, en régimen estacional de invierno.

Tras la recepción de los datos de las distintas variables sensorizadas, se realiza un análisis comparativo de los datos recogidos en los sensores paralelos ubicados en VE y VP. Los resultados son analizados bajo las premisas de que los Casos 1 y 2 se realizan en régimen libre (sin climatizar), en el Caso 3 se mantiene el interior de la vivienda a temperatura ambiental constante de 20°C a través de sistemas activos de calefacción por bomba de calor.

Las conclusiones extraídas de la experiencia del Caso 1 muestran que períodos de ventilación de más de 30 minutos no se recuperan de manera pasiva por inercia térmica, por tanto el tiempo de apertura durante una jornada de invierno no debería ser superior a 15 minutos, permitiendo que en construcciones con inercia térmica sea esta la que permita la recuperación calorífica. En el Caso 2 los resultados son despreciables dado que al no estar las viviendas ocupadas no hay diferencia de concentración de CO₂. En el Caso 3 se concluye que si la apertura para ventilación es de hasta 5 minutos, la diferencia entre el consumo energético de VE y VP es despreciable. Desde los 10 a los 30 minutos el consumo de la VE aumenta entre un 15-20% respecto a la VP. Con una ventilación durante 45 minutos el consumo de la VE aumenta más de un 20% respecto a la VP [4 y 5].

5 REFERENCIAS

- [1] Proyecto EDEA, EDEA CICE. Available in: www.edeacice.juntaex.es/proyectoedea/. Last accessed on October 19, 2021.
- [2] Proyecto EDEA RENOV, EDEA CICE. Available in: www.edeacice.juntaex.es/edea-renov/. Last accessed on October 19, 2021.
- [3] Proyecto LIFE RENATURAL NZEB, Materiales y productos naturales y reciclados para alcanzar edificios de consumo de energía casi nulo con baja huella de carbono. Available in: www.liferenatural.com/. Last accessed on October 19, 2021.
- [4] Dirección General de Arquitectura y Vivienda Gobierno de Extremadura et al., "Simulaciones y análisis de la sostenibilidad de estrategias pasivas y activas. Proyecto EDEA,". Available in: www.edeacice.juntaex.es/wp-content/RESULTADOS_EDEA/3.Simulaciones_Analisis_Sostenibilidad.pdf, 2013. Last accessed on October 19, 2021.
- [5] D. G. de A. y V. G. de Extremadura et al., "Ensayos Experimentales primeros resultados. Envoltente, instalaciones, monitorización, control. Proyecto EDEA". Available in: www.edeacice.juntaex.es/wp-

content/RESULTADOS_EDEA/4.Ensayos_experimentales_Primeros_Resultados.pdf. Last accessed on October 19, 2021.

Financiación: Esta comunicación ha sido financiada por la Junta de Extremadura según DOE 92 del 17 de mayo de 2021.

Ensayo blower door y la realidad energética de las viviendas

Francisco José Soto Lara

Ebuilding. fsoto@ebuilding.es.

Resumen

La última revisión del Código Técnico de la Edificación [4] incluye ya, en ciertas casuísticas, la evaluación de la hermeticidad de las viviendas, por lo que se deberá calcular o medir las infiltraciones de aire en las viviendas. Estas entradas no controladas de aire producen condiciones térmicas desfavorables para el confort, lo cual suele ocurrir por fallos constructivos o por patologías edificatorias.

Por otra parte, los documentos reconocidos [5] para la calificación energética permiten incluir el valor n50 de renovaciones de aire por hora a 50 Pascales que se obtiene mediante el ensayo blower door para la evaluación de la hermeticidad en viviendas.

En este artículo se realizará la calificación energética de una vivienda estándar española y se mostrará la diferencia de resultados en la calificación según se utilice el valor estándar de infiltraciones del documento reconocido o el valor real medido mediante un ensayo blower door.

Palabras claves: Blower door, hermeticidad, permeabilidad al aire, calificación energética

1 INTRODUCCIÓN

Siendo las infiltraciones “intercambios de aire que no son controlados, es decir que no se producen a través del sistema de ventilación” (de acuerdo a la guía técnica del CTE [4]), dichos intercambios se producirán de forma incontrolada siendo la mayoría de las veces con condiciones térmicas adversas, es decir, en invierno podrá entrar a la vivienda aire frío y en verano aire caliente. Esto necesariamente debe suponer un problema para el confort y para la demanda térmica de la vivienda.

Existe una muy limitada bibliografía respecto al perjuicio que producen las infiltraciones de aire no controladas en las viviendas, y menos aún en las viviendas españolas tanto en clima continental como en clima mediterráneo. Sin embargo, lo poco que hay y la propia lógica lleva a la conclusión de que tales entradas de aire producen falta de confort y patologías constructivas. Al fin y al cabo, la falta de hermeticidad supone la entrada de aire frío a la vivienda en invierno y caliente en verano.[1][2][3]

Sin embargo, en muchos países de Europa, la necesidad de que la envolvente de las viviendas sea hermética al aire se requiere desde tiempo atrás y en esa línea, recientemente, en la última modificación del Código Técnico de la Edificación [4], se ha añadido la cuestión de la permeabilidad al aire de la envolvente estableciendo ciertas limitaciones.

Tales limitaciones se han establecido en el Documento Básico de Ahorro de Energía puesto que cabe esperar que el aporte de aire frío en invierno y caliente en verano influyan en las necesidades de acondicionamiento térmico y de confort y consecuentemente en la demanda energética.

La hermeticidad también es de vital importancia en la certificación Passivhaus de viviendas de consumo casi nulo o el certificado BREEAM de sostenibilidad en la edificación valoran positivamente (en la certificación Passivhaus es obligatorio cumplir con una permeabilidad menor de 0,6 renovaciones por hora a 50 Pa) la baja permeabilidad de los edificios al aire exterior.

Para medir estas infiltraciones o, lo que es lo mismo, la hermeticidad de una vivienda, se realiza el ensayo blower door que, realizando una despresurización (o presurización, según como se quiera hacer el ensayo) a 50 Pascales, se determina la permeabilidad de la envolvente de la vivienda mediante un valor llamado n50 que da la relación entre el volumen infiltrado medido por el ensayo y el volumen interior de la vivienda ensayada.

Estos valores de permeabilidad n50 pueden incluirse en la información que se aporta a los documentos reconocidos [5] para la calificación energética, lo que habitualmente no se hace dado que son pocas las viviendas ensayadas (respecto a las construidas) de acuerdo a la experiencia de los autores de 10 años dedicados a estos ensayos.

El objetivo de este artículo es establecer una aproximación a la diferencia de calificación energética de una vivienda media española según se utilice el valor n50 estándar de los documentos reconocidos y el valor medio habitual registrado en la construcción española en cuanto al ensayo blower door.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se lleva a cabo de forma teórica basándose en los valores típicos de hermeticidad en España obtenidos mediante el ensayo blower door de acuerdo a publicaciones existentes como a la dilatada experiencia de los autores.

Igualmente se realizará la calificación energética con un software reconocido para ello (no se usan más por concreción del estudio), estableciendo para ello una vivienda tipo que permitirá la comparación de dicha calificación energética considerando los valores “por defecto” respecto a las infiltraciones que trae el software y los valores típicos de los ensayos blower door en España y que se hará en distintas zonas climáticas.

Esto permitirá obtener una cuantificación de la posible variación en los resultados considerando los escenarios de, a igualdad de resto de parámetros, considerar las infiltraciones o no hacerlo.

2.1 ENSAYO BLOWER DOOR

El ensayo Blower door no es de obligada realización para el cálculo de las renovaciones hora, existe otra alternativa más rápida pero menos exacta, sin embargo, será la forma más precisa de calcular la hermeticidad de un edificio.

Actualmente el ensayo se lleva a cabo de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 9972:2015 [6] (de obligado cumplimiento actualmente en caso de que el CTE obligue a comprobar la hermeticidad y se decida hacerlo mediante ensayo) y se realiza con un equipo capaz de establecer una presión interior en el edificio (tanto en presurización como en despresurización) de 50Pa respecto a la presión ambiental.

Cabe destacar que la norma UNE anterior a esta era la UNE-EN 13829:2002, por lo que no se trata de un ensayo nuevo ni mucho menos.

La presión diferencial respecto al exterior de 50Pa que determina como base la norma, se realiza con un ventilador capaz de medir el caudal de aire y por tanto el volumen instantáneo de aire que mueve en la vivienda, expresando el resultado en "renovaciones/hora" o lo que es lo mismo, el número de veces que el ventilador es capaz de sacar (o introducir) en el edificio en una hora y que se infiltra por grietas y aberturas a 50Pa de presión diferencial.

Por dar una idea de magnitud de la presión diferencial del ensayo, dicha presión sería comparable e tener un viento en la fachada de entre 25 y 30km/h.

El equipo consta normalmente de un ventilador, un manómetro de alta precisión y una lona que cierra una puerta o una ventana exterior de la vivienda y en la que se ubica el ventilador ya sea extrayendo o introduciendo aire a la presión definida.

La ejecución del ensayo permite que durante el mismo se puedan localizar los puntos o grietas por donde se producen las infiltraciones. Dicha localización no está recogida en la norma aunque en la práctica se realiza con distintos métodos como son la termografía infrarroja, trazadores de humo, anemómetros de hilo caliente, ultra sonidos y incluso simplemente pasando la mano por los lugares por donde haya sospechas de que se pueda producir infiltraciones.

2.2 MODELO DE VIVIENDA Y RENOVACIONES/HORA ESPERABLES

De acuerdo a algunos datos estadísticos [7][8], en España se puede estimar que los valores medios de tasa n50 están entre 4 y 7 renovaciones/hora, valor bastante distinto a los valores que habitualmente traen los documentos reconocidos "por defecto". La bibliografía científica existente va en esa misma línea. [1][2]

Dentro de la tipología de vivienda típica en España y de acuerdo con las bases de datos consultadas [7][8] para llevar a cabo una primera simulación modelo, tendremos en cuenta que las viviendas están habitadas por una media de poco más de 2 personas, su dimensión será entorno los 100-140m² (escogeremos 105m²), tendrá 3 dormitorios, 2 baños, salón, cocina y un pasillo comunicante. Para una simulación más realista, estudiaremos un bloque de apartamentos, para ello, situaremos tres viviendas una encima de otra con las mismas características, y así poder ver también la diferencia de demanda energética entre la situada a nivel del terreno, la intermedia, y la de cubierta.

Para la primera definición de los cerramientos tendremos, para los huecos:

Ventanas correderas; Escogemos las ventanas correderas de doble cristal con una carpintería de PVC, puesto que dentro de las viviendas plurifamiliares como pueden ser las zonas residenciales o apartamentos, es lo más habitual, debido a su menor coste notable, aunque cada vez se usen menos debido a la mala estanqueidad que producen.

Elementos estructurales:

Fachada exterior: Será la fachada que da al exterior. Las características serán las determinadas "por defecto" en el documento reconocido utilizado.

Forjado: Usaremos un forjado reticular, ya que hoy en día es un sistema muy utilizado.

No se define tabiquería interior puesto que no se toma en consideración en los cálculos realizados por los documentos reconocidos.

En el estudio realizado se han llevado a cabo los cálculos para una vivienda situada a altura media en un bloque de viviendas, además de hacerse en las cuatro orientaciones principales (N, S, O y E) y en varias zonas climáticas.

2.3 SOFTWARE DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Para la realización de la calificación energética de cualquier vivienda es necesario la utilización de un software reconocido por el ministerio de energía para tal fin y, aunque existen pequeñas diferencias en los resultados que se obtienen para un mismo cálculo según el software con el que se calcule, la metodología para dichos cálculos viene definida por la legislación vigente.

Dicho esto, cabe esperar que los resultados que se van a obtener de los cálculos que se llevarán a cabo serán similares (o al menos las diferencias entre viviendas con distintas hermeticidades) sea cual sea el software utilizado.

Por ello, se elige el software de cálculo CYPETHERM HE Plus, que es una herramienta informática que ha sido reconocida por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y por el Ministerio de Fomento, y que permite obtener la certificación de eficiencia energética de un edificio, tanto en su fase de proyecto como del edificio terminado.

3 RESULTADOS

En términos de demandas nos encontramos lo siguiente:

	0,7 Renov		1,9 Renov		5 Renov	
	Dcal (kWh/m ²)	Dref (kWh/m ²)	Dcal (kWh/m ²)	Dref (kWh/m ²)	Dcal (kWh/m ²)	Dref (kWh/m ²)
MÁLAGA	0,00	10,40	0,00	10,50	61,50	20,10
VALENCIA	0,00	11,10	0,00	11,20	86,20	20,90
BARCELONA	0,70	5,80	1,80	5,80	142,20	9,10
MADRID	3,00	1,30	5,60	11,40	201,60	21,00
LEÓN	6,40	2,00	10,90	2,00	254,30	3,00

Tabla 1 valores obtenidos de demandas de calefacción y refrigeración en viviendas situadas en una planta intermedia de un bloque de viviendas en ciudades en distintas zonas climáticas y con 0.7, 1.9 y 5 renovaciones/hora de aire infiltrado. Fuente: elaboración propia.

Se realiza la calificación energética en una ciudad de cada zona climática con 3 renovaciones hora, 0,7 que es la que tiene por defecto el software de calificación energética, 1,9 renovaciones hora que correspondería con una vivienda hermética según prEN-ISO 13790 [9], y 5 renovaciones hora que, de acuerdo a la bibliografía disponible y la experiencia de los autores, es el valor medio n50 en España.

Se aprecia al gran aumento de las demandas con 5 renovaciones hora lo que supone, como mínimo, un aumento de entre una y dos letras en la calificación energética, es decir, pasar de una B a una C o D, dependiendo de la zona climática.

4 CONCLUSIONES. LINEAS FUTURAS DE TRABAJO.

Los resultados muestran que, en base a una misma vivienda y en todas las zonas climáticas las infiltraciones generan importantes demandas de refrigeración y calefacción, por lo que influyen de forma importante en la calificación energética.

Hasta la reciente modificación del CTE, no se tenían en cuenta las infiltraciones en las viviendas, sin embargo, actualmente es posible tener un valor, ya sea medido mediante el ensayo blower door, ya sea mediante el cálculo que propone el propio CTE, lo que permite realizar el cálculo de la calificación energética de cualquier vivienda incluyendo la influencia de las infiltraciones.

Cada vez se realizan ensayos blower door con mayor frecuencia en la construcción de nuevas viviendas como control de la calidad. Así pues, los nuevos proyectos ejecutados bajo la última modificación del CTE tendrán un valor n50 determinado que se podrá incluir en la calificación energética final de los edificios residenciales, ya sean nuevos o reformados bajo dicha norma. De acuerdo a lo visto en este artículo, estas calificaciones energéticas serán más exactas ya que las realizadas sin incluir estos datos son entre una y dos letras mejores de lo que deberían.

Por tanto se comprueba la importancia de determinar el valor de infiltraciones n50 para determinar correctamente la calificación energética.

Futuros estudios podrían enfocarse a conocer la posible diferencia de hermeticidad y por tanto en la calificación energética de los valores n50 calculados de acuerdo a la fórmula del Código Técnico de la Edificación y a la hermeticidad real medida con el ensayo blower door.

5 REFERENCIAS

- [1] Jesús Feijó-Muñoz, Roberto Alonso González-Lezcano, Irene Poza-Casado, Miguel Ángel Padilla-Marcos, Alberto Meiss, Airtightness of residential buildings in the Continental area of Spain. *Building and Environment* 148 (2019) 299–308
- [2] Jesús Feijó-Muñoz, Cristina Pardal, Víctor Echarri, Jesica Fernández-Agüera, Rafael Assiego de Larriva, Manuel Montesdeoca Calderín, Irene Poza-Casado, Miguel Ángel Padilla-Marcos, Alberto Meiss, Energy impact of the air infiltration in residential buildings in the Mediterranean area of Spain and the Canary islands. *Energy & Buildings* 188–189 (2019) 226–238
- [3] Feijó-Muñoz Jesús, Poza-Casado Irene, González-Lezcano Roberto Alonso, Pardal Cristina, Echarri Víctor, Assiego de Larriva Rafael, Fernández-Agüera Jesica, Dios-Viéitez María Jesús, del Campo-Díaz Víctor José, Montesdeoca Calderín Manuel, Padilla-Marcos Miguel Ángel and Meiss Alberto, Methodology for the Study of the Envelope. Airtightness of Residential Buildings in Spain: A Case Study. *Energies* 2018, 11, 704
- [4] Código Técnico de la Edificación. Web: <https://codigotecnico.org>, 2010. Último acceso 24 de agosto de 2021.
- [5] Documentos reconocidos. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Web: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx>. Último acceso 24 de agosto de 2021.
- [6] Comité técnico CTN 92 Aislamiento térmico. Norma Española UNE-EN ISO 9972 Julio 2019. Prestaciones térmicas de los edificios. Determinación de la permeabilidad al aire de los edificios. Método de presurización con ventilador.

- [7] Unión Europea. (17 de Febrero de 2020). Web oficial de la Unión Europea. Obtenido de https://ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-feb-17_es. Último acceso 24 de agosto de 2021
- [8] Instituto Nacional de Estadística. (6 de Octubre de 2020). Proyección de hogares 2020-2035. Obtenido de https://www.ine.es/prensa/ph_2020_2035.pdf. Último acceso 24 de agosto de 2021
- [9] prEN-ISO 13790 - A simplified Method to Assess the Annual Heating Energy Use in Buildings. ASHRAE Transactions · January 2002

Intervenciones y ensayos de soluciones naturales implementadas en la fachada de viviendas EDEACICE

I. Amigo Gamero ⁽¹⁾, A. Perianes Gutierrez ⁽²⁾, B. Martín Jarillo ⁽³⁾

INTROMAC. (1) irene.amigo@juntaex.es. (2) angeles.perianes@juntaex.es. (3) beatriz.martinj@juntaex.es

Resumen

Se presentan las experiencias y conclusiones de los ensayos experimentales a escala real con materiales naturales y reciclados para una construcción de baja huella de carbono, llevados a cabo en el entorno del Centro de Innovación y Calidad de la Edificación (EDEA CICE) en las actividades del proyecto LIFE ReNatural NZEB. El proceso demostrativo y experimental ha consistido en probar de manera sucesiva distintas soluciones de fachada tanto en supuestos de rehabilitación, adicionando capas, como de obra nueva, tras demoler la solución constructiva existente. Los ensayos específicos llevados a cabo en la vivienda experimental para testear las distintas soluciones constructivas han sido, entre otros, relativos a infiltración de aire de la sección constructiva completa, y el comportamiento térmico de los materiales de la fachada a través de mediciones de transmitancia térmica; permitiendo el estudio comparativo entre fases y respecto a la vivienda patrón en el marco de condiciones ambientales conocidas.

Palabras claves: materiales sostenibles, eficiencia energética, demostradores experimentales, ensayos.

1 INTRODUCCIÓN

Se presenta en este trabajo la descripción del uso de la infraestructura experimental del Centro de Innovación y Calidad en la Edificación de la Junta de Extremadura, EDEACICE [1], por el proyecto Life ReNatural NBEB, *Recycled and Natural Materials and Products to develop Nearly Zero Energy Buildings with low carbon footprint* Convocatoria Life 2017. LIFE17 ENV/ES/000329. Duración: 2018-2021 [2].

Partiendo de la infraestructura experimental EDEACICE, se explica la metodología empleada, las intervenciones realizadas y algunos de los resultados más relevantes obtenidos a través de diferentes ensayos a escala real. Las intervenciones de fachada consisten en sustituir, en el demostrador de Vivienda Experimental, algunos componentes constructivos por otros más naturales y/o reciclados y realizar el análisis comparativo, respecto del demostrador de Vivienda Patrón, del comportamiento térmico de ambos demostradores. El objetivo es evaluar la reducción del impacto ambiental que suponen, todo ello orientado a alcanzar edificios de energía casi nula con baja huella de carbono. Estos ensayos han sido realizados por el personal investigador del Instituto Tecnológico de Rocas Ornamentales y Materiales de Construcción, INTROMAC, socio del proyecto LifeReNaturalNZEB.

2 INFRAESTRUCTURA EDEACICE

La infraestructura experimental incluye dos viviendas de tamaño real y características de VPO de Extremadura, denominadas Vivienda Experimental (VE) y Vivienda Patrón (VP). Todos los

paramentos, espacios, equipos e instalaciones están monitorizados y controlados a través de un sistema de gestión y control que permite visualizar, comparar y medir en tiempo real las condiciones ambientales y el comportamiento ambiental asociado a diferentes intervenciones. La infraestructura experimental EDEACICE se describe con mayor detalle en comunicación a este mismo congreso cuyo título es "EDEACICE, Centro de Innovación y Calidad de la Edificación: Ensayos a escala real en vivienda social" [3].

La solución constructiva de fachada Norte preexistente en ambas viviendas VP y VE consiste en, de exterior a interior: 1/2 pie de ladrillo perforado 11,5cm; mortero de cemento 1,5cm; aislamiento de lana mineral 3,5cm; cámara de aire sin ventilar 5cm; panel de cartón yeso de 1,5cm. La adición de aislamiento térmico se aplica sobre los espacios habitables de fachada con orientación Norte: cocina, aseo, entrada, dormitorio 2 y dormitorio 3. El aislamiento térmico adicionado es lana mineral MW con $\lambda = 0,034 \text{ W/m}^2\text{K}$ de 5cm de espesor. Esta solución constructiva es la que se toma como referencia en la Fase de Ensayo inicial E0 cuyos valores de monitorización y ensayo se evaluarán respecto de los obtenidos en posteriores fases de ensayo tras cada una de las intervenciones constructivas realizadas.

2.1 MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización continua de ambiente interior EDEACICE engloba a la VE, la VP, y la sala de instalaciones (Servidor Tomcat, con BBDD SQL), están controladas mediante un sistema de control y telegestión SCADA, de tipo propietario Siemens, DESIGO 5.0; el cual permite visualizar, comparar y medir en tiempo real las condiciones existentes en cualquier periodo de tiempo. Además se utilizan los valores de monitorización continua del ambiente exterior obtenidos a través de la estación metereológica propia. En la Figura 1 se muestran valores de monitorización ambiental continua interior y exterior durante el periodo de ensayos desde el 18 agosto 2020 hasta el 31 de diciembre de 2020.

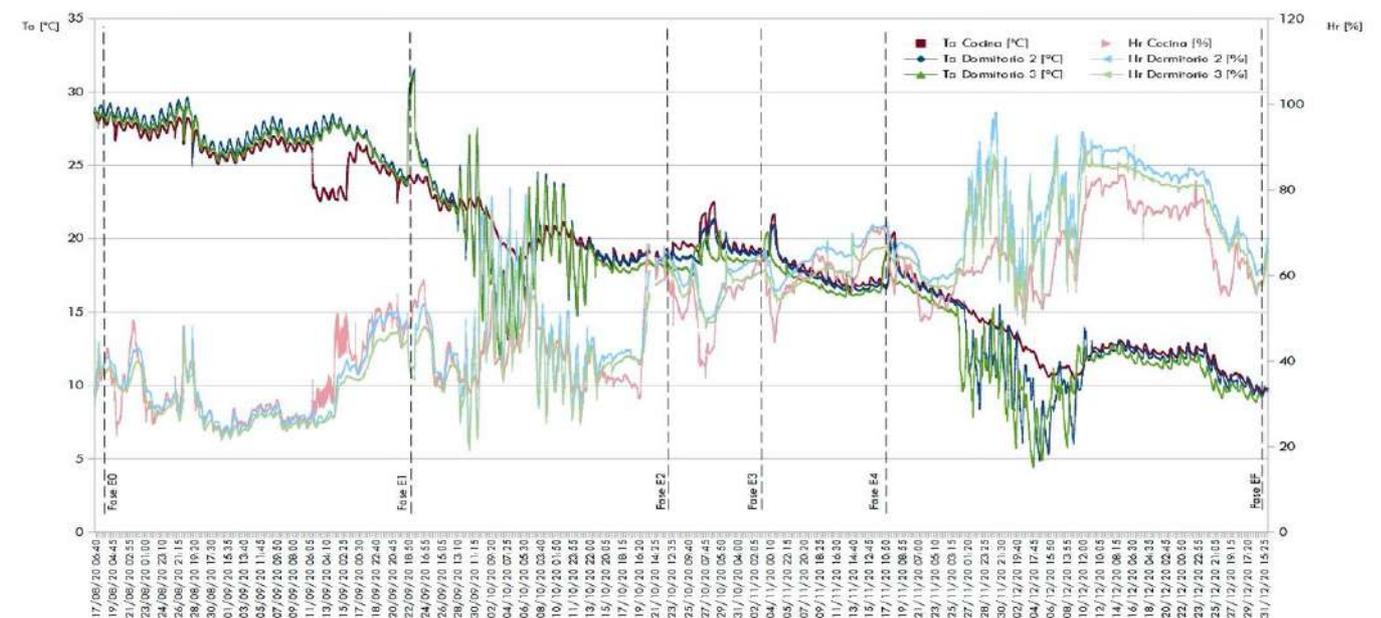


Fig. 1 Variables ambientales interiores monitorizadas

3 INTERVENCIONES Y METODOLOGÍA DE ENSAYOS

Se ejecutan, y ensayan una serie de intervenciones constructivas en la fachada Norte de la vivienda VE. Se analizará en tiempo real la influencia en el confort térmico en las estancias afectadas, comparando valores ambientales de VE (vivienda en la que se interviene) respecto de los de VP (vivienda en la que no se interviene y sirve de referencia). Concretamente las intervenciones en VE son:

En la Cocina (C), situada en planta baja, fachada Norte:

- Se conserva el cerramiento preexistente y se añade un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) de placa de Corcho de 6cm.
- En el Dormitorio 2 (D2) y Dormitorio 3 (D3), ambos situados en planta primera de fachada Norte:
- Se conserva el cerramiento preexistente y se insufla la cámara de aire con diferentes aislamientos
- Se sustituye en cerramiento preexistente por uno nuevo con Bloques de Tierra Comprimida (BTC) + trasdosado con panel de arcilla y diferentes tipos de aislantes naturales

Como elementos aislantes se testan: celulosa y corcho granulado para el insuflado en cámara de aire; paneles de aglomerado de corcho, kenaf, papel reciclado y algodón reciclado para la solución de BTC+ trasdosado de panel de arcilla.

Se comienza ensayando en la fase inicial E0 las tres estancias con la solución constructiva preexistente en fachada. Progresivamente se ensayan y se monitorizan estancias y paramento de fachada conforme se van ejecutando intervenciones [Fig.2] en las fases de ensayo E1-E2-E3-E4. Finalmente en la fase final EF se vuelve a ejecutar la solución constructiva preexistente en E0 que se monitoriza y ensaya para comprobar el grado de desviación de valores asociados respecto a E0.



Fig. 2 Vista frontal de las viviendas VE y VP durante la ejecución de las intervenciones de fachada

3.1 FASES DE ENSAYOS

En Tabla 1 se muestran las intervenciones constructivas realizadas en la fachada Norte de VE y su respectiva fase de ensayo.

Fase ensayo	Estancia	Intervención en fachada
Fase E0	cocina, dormitorio 2 y 3	Sin intervención
Fase E1	cocina dormitorio 2 dormitorio 3	- Insuflado en cámara de 5cm con Corcho granulado Insuflado en cámara de 5cm de Celulosa
Fase E2	cocina dormitorio 2 dormitorio 3	SATE con Panel de Corcho 6cm 1/2 pie BTC + 4cm Kenaf + (3+3)cm Algodón + Placa arcilla 1/2 pie BTC + 4cm Celulosa + (3+3)cm Algodón + Placa arcilla
Fase E3	cocina dormitorio 2 dormitorio 3	- 1/2 pie BTC + 4cm Kenaf + Placa arcilla 1/2 pie BTC + 4cm Celulosa + (4+4)cm Corcho + Placa arcilla
Fase E4	cocina dormitorio 2 dormitorio 3	- 1/2 pie BTC + 4cm Kenaf + (4+4)cm Corcho + Placa arcilla 1/2 pie BTC + (3+3)cm Algodon + (4+4)cm Corcho + Placa arcilla
Fase EF	cocina, dormitorio 2 y 3	Ejecución de la solución constructiva preexistente en E0

Tabla.1. Descripción de las intervenciones en VE según fase y estancia.

En cada una de las fases o intervenciones de fachada descritas anteriormente se realizan test o ensayos para analizar la influencia que tienen en el comportamiento térmico de las estancias afectadas. Los ensayos o test que se realizan son Test de infiltración al aire o ensayo Blower Door en estancias (Cocina, Dormitorios D2 y D3) y Test de transmitancia térmica puntual en fachada intervenida en cada estancia.

3.1.1 Ensayos de infiltración al aire

Este tipo de ensayo sirve para evaluar la estanqueidad al aire de un edificio, es decir, cuantifica la cantidad de infiltraciones de aire no deseadas que se producen a través de la envolvente. Este ensayo de Blower Door se realiza junto con análisis de imágenes termográficas y otros equipos auxiliares para localizar por dónde se producen esas infiltraciones de aire no deseadas en el paramento opaco, las carpinterías de los huecos, y los encuentros entre distintos elementos constructivos, así como la modulación de los propios materiales. Lo interesante del método es que no solo se extraen conclusiones sobre la solución constructiva en sí, sino también sobre la ejecución de la solución. El procedimiento observado para la realización de estas pruebas se basa en la norma UNE-EN ISO 9972_2019.

En la Figura 3 se muestran primeros resultados de variación del número de renovaciones por hora que se producen en las estancias afectadas por las modificaciones de cerramiento, se obtienen los siguientes resultados:

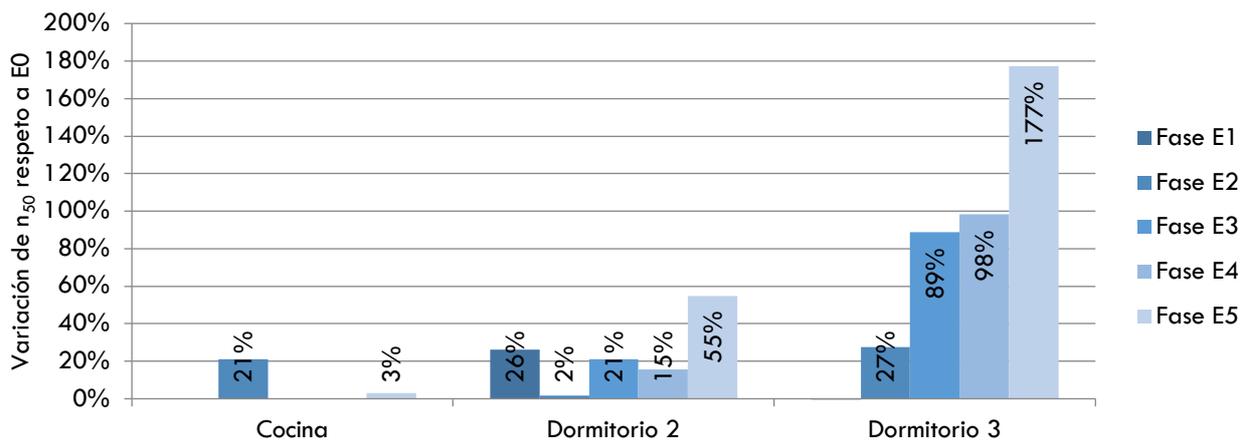


Fig. 3 Desviación de la permeabilidad al aire de las estancias respecto al estado inicial E0

- La fase E1 de insuflado de la cámara existente produce un empeoramiento de la estanqueidad de la sala Dormitorio 2, causado presumiblemente por un orificio no sellado adecuadamente que comunica con la cámara del tabique interior.
- La fase E2, primera fase en la que se ha demolido todo el cerramiento e instalado de nuevo, se obtienen datos muy similares a los de partida en D2 y D3. Las características en cuanto a hermeticidad y estanqueidad de la solución constructiva de todo el cerramiento son similares a las de la situación de partida. En el D3 empeora ligeramente porque la solución se ejecuta sin revestir el pilar de esquina que sí se encontraba revestido en la situación E0. En el caso de la sala cocina, instalación de SATE en E2, empeora su comportamiento frente a las infiltraciones de aire. Por el interior no se aprecia empeoramiento más allá del provocado por la carpintería.
- Las fases E3 y E4 empeoran la estanqueidad del cerramiento. Esto es debido principalmente a la ejecución y puesta en obra de los sucesivos trasdosados interiores y la reutilización de las mismas piezas de acabado de manera sucesiva, aumentando la holgura entre juntas y por lo tanto reduciendo la estanqueidad de las soluciones.
- La fase E5, vuelta al estado inicial, distan mucho los valores de estanqueidad en D2 y D3 respecto a las iniciales. La Cocina recupera su comportamiento respecto a la permeabilidad del aire.

De los resultados anteriormente mostrados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La sustitución de la solución en fase E0 por una completamente nueva en fase E2 obtienen prestaciones similares en cuanto a la estanqueidad.
- Los materiales, per sé, no tienen un comportamiento distinto en cuanto a estanqueidad respecto a las soluciones convencionales.
- La ejecución de las distintas soluciones, tanto trasdosados interiores como exteriores, modifica el comportamiento de los cerramientos en cuanto a su estanqueidad. Los detalles constructivos de encuentros, perfilaría, y sellado son decisivos.
- El estado final en fase E5 de las viviendas no es el mismo que en fase E0, empeorando hasta en un 177% la permeabilidad del Dormitorio 3 respecto a la fase E0, y en el Dormitorio 2

aumentando en un 55%. Esta diferencia entre ambas estancias puede deberse a la diferencia entre la superficie de fachada de las mismas.

3.1.2 Ensayos de Transmitancia Térmica

En cada una de las fases o intervenciones descritas en párrafos anteriores se realiza el ensayo mediante test "in situ" de transmitancia térmica "U". Se utiliza equipo del fabricante TESTO, modelo 635-2. El equipo utiliza una sonda de radio para determinar el valor U. Esta sonda inalámbrica se coloca en el exterior de la vivienda. Transmite las lecturas al instrumento de medición colocado en el interior. Para medir la temperatura de la superficie, los tres cables de la sonda de valor U se conectan a la pared con masilla térmica. La temperatura del aire interior se registra con un sensor ubicado en el conector de la sonda.

Es preciso matizar que el cálculo de la transmitancia térmica mediante Test "in-situ" tiene un carácter experimental y no constituye un método de alta precisión en cuanto al valor exacto de U de cada solución constructiva ensayada (según las fases de intervención mencionadas) dado que estos ensayos no se realizan en condiciones de laboratorio controladas, sino en demostradores de vivienda experimental. Sin embargo, hoy por hoy es una de las metodologías conocidas y más utilizadas para caracterizar "in situ" el comportamiento térmico real de un cerramiento en un edificio terminado.

4 CONCLUSIONES

A continuación, se describen brevemente los resultados de los ensayos realizados sobre las intervenciones en la fachada y las conclusiones más relevantes.

En la fachada del D2 comprobamos una reducción importante de la transmitancia térmica si comparamos resultados de la fase E1 respecto a la fase E0, se demuestra por tanto que el insuflado de aislamiento en cámara mejora notablemente las prestaciones térmicas coincidiendo con el cálculo teórico. Sin embargo, según los resultados durante E1 (intervención consistente en insuflado de corcho en cámara de 5cm espesor) apenas difiere el valor de transmitancia respecto del obtenido en esta misma fase de ensayo aplicado en la fachada del D3 (insuflado con celulosa en cámara de 5cm), por lo que se puede concluir que los diferentes tipos de aislamiento empleados no influyen apenas en el resultado final de transmitancia. Durante la fase E3 (sustitución de fábrica de FLV por BTC y del aislamiento de LR por Kenaf) la transmitancia térmica aumenta notablemente, esto es debido a que tanto el BTC como el Kenaf tienen una conductividad térmica mayor que la FLV y la LR de la fachada ensayada en la fase E0. Además, la carencia de revestimiento exterior e interior del BTC influye negativamente en el resultado. Además, si comparamos resultados de ensayos de fachada en las fases E2 y E4 observamos una menor transmitancia térmica en E4 debido a que el espesor del aislamiento en este caso es 2cm mayor. Se demuestra que a mayor espesor de aislamiento térmico, menor es la transmitancia térmica de la fachada. También se demuestra de forma experimental que los diferentes tipos de aislamiento empleados en estos ensayos no son determinantes en el resultado de transmitancia medida in situ.

5 REFERENCIAS

[1] EDEA CICE. Available in: www.edeacice.juntaex.es/. Last accessed on October 19, 2021.

- [2] Proyecto LIFE RENATURAL NZEB, Materiales y productos naturales y reciclados para alcanzar edificios de consumo de energía casi nulo con baja huella de carbono. Available in: www.liferenatural.com/. Last accessed on October 19, 2021.
- [3] A. Perianes, I. Amigo, B. Martín, EDEACICE, Centro de Innovación y Calidad de la Edificación: Ensayos a escala real en vivienda social. Congreso de Innovación y Sostenibilidad en la Vivienda Social, 2021.

Financiación: Esta comunicación ha sido financiada por la Junta de Extremadura según DOE 92 del 17 de mayo de 2021.

Modelo holístico de evaluación predictiva y adaptativa de la Pobreza Energética

M^a Desiree Alba-Rodríguez ⁽¹⁾, Carlos Rubio-Bellido ⁽¹⁾, Raúl Castaño-Rosa ^(2, 3),
Jaime Solís-Guzmán⁽¹⁾, Madelyn Marrero ⁽¹⁾

(1) Departamento de Construcción de Edificios II, Universidad de Sevilla. malba2@us.es; carlosrubio@us.es; jaimesolis@us.es; madelyn@us.es. (2) Escuela de Arquitectura, Facultad de Entorno Construido, Universidad de Tampere, Finlandia. (3) Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Carlos III de Madrid, raulcastano90@gmail.com.

Resumen

La Pobreza Energética (EP) se ha convertido en uno de los principales objetivos de la política social en la actualidad. El escenario de pandemia Covid-19 y la actual crisis económica han incrementado el ya elevado número de viviendas con dificultades para mantener unas condiciones adecuadas de confort en sus hogares. El objetivo de este trabajo es proporcionar un nuevo enfoque a la PE mediante la identificación de hogares vulnerables, teniendo en cuenta la adaptabilidad económica, social y al cambio climático de los hogares en un contexto de calentamiento global. Como resultados de la investigación se genera una nueva herramienta con un gran impacto técnico, ya que permite definir las prioridades en obras de rehabilitación. Esto hará posible que la financiación pública se asigne de forma más sostenible y eficiente, para hacer frente a la vulnerabilidad de los hogares ante un escenario de cambio climático, garantizando unas condiciones mínimas de habitabilidad.

Palabras claves: pobreza energética, cambio climático, confort adaptativo, hogares vulnerables, habitabilidad.

1 INTRODUCCIÓN

La Pobreza Energética (EP) se define como la incapacidad de obtener los servicios energéticos necesarios para alcanzar el confort térmico en el hogar, asociado comúnmente a la ineficiencia de la vivienda [1]. Teniendo en cuenta que la EP se encuentra asociada a condiciones locales, el modelo desarrollado se acerca a la realidad económica, ambiental y social a nivel local, para predecir y evaluar la casuística de los hogares vulnerables. Para el análisis de la EP pueden emplearse indicadores basados en aspectos como los gastos, habitabilidad, condiciones energéticas, etc., sin embargo, la mayoría de estos indicadores son de diagnóstico y carecen de un sistema de predicción. Esto suscribe la necesidad de desarrollar un modelo holístico como el que se propone, adaptado a la compleja realidad de los hogares vulnerables. Para ello el modelo, además de indicadores como el Indicador de Pobreza Monetaria (IMP) que mide el ingreso familiar neto, el Indicador Energético (IEn) que permite cuantificar el consumo energético de la vivienda y el Indicador de Confort (IC) que mide las horas de confort térmico, el modelo integra indicadores como "Fuel Poverty Potential Risk Index" (FPPRI) [2] que permiten detectar el potencial de riesgo de pobreza energética en la asignación viviendas y el Health-Related Quality-Life Cost (HRQLC) [3] que permite conocer el costo de calidad de vida relacionado con la Salud (HRQLC). Con la implementación de estos indicadores, es posible crear un modelo robusto que permite evaluar la vulnerabilidad de los hogares considerando el confort adaptativo, así como los escenarios futuros de cambio climático, la pobreza

monetaria, la comodidad y la salud de los inquilinos. El objetivo principal es poder predecir el impacto de los proyectos de renovación en la vulnerabilidad presente y futura a la EP.

2 METODOLOGÍA

El primer paso para el desarrollo del modelo, consiste en la implementación de una serie de mejoras sobre el Índice de Hogares Vulnerables (IVH) [4] con el objeto de transformarlo en un indicador integral de evaluación del PE. La necesidad de esta implementación se debe a que los índices y parámetros sociales requeridos para el análisis están dispersos, por lo que es muy complejo llevar a cabo una evaluación holística del problema. Además, los indicadores actuales no incluyen en el análisis escenarios futuros de cambio climático, y es necesario abordar el tema desde una perspectiva integradora. El modelo propuesto, además de integrar factores sociales, como el análisis sanitario y económico de los ocupantes de los hogares [5], [6], integra factores de eficiencia energética y su previsión futura.

El IVH analiza la situación de vulnerabilidad de los hogares en relación a las consecuencias, así como la posibilidad de evaluar el impacto de la adaptación energética para mejorar su calidad de vida. El IVH identifica diferentes situaciones de vulnerabilidad al PE [4], [6], [7], convirtiéndose en un indicador que permite una mejor comprensión de la PE a escala local. El índice está formado por cuatro componentes: Indicador de Pobreza Monetaria (IPM), Indicador de Energía (IEn), Indicador de Confort (IC) e Indicador de Salud (HRQLC) (Figura 1).

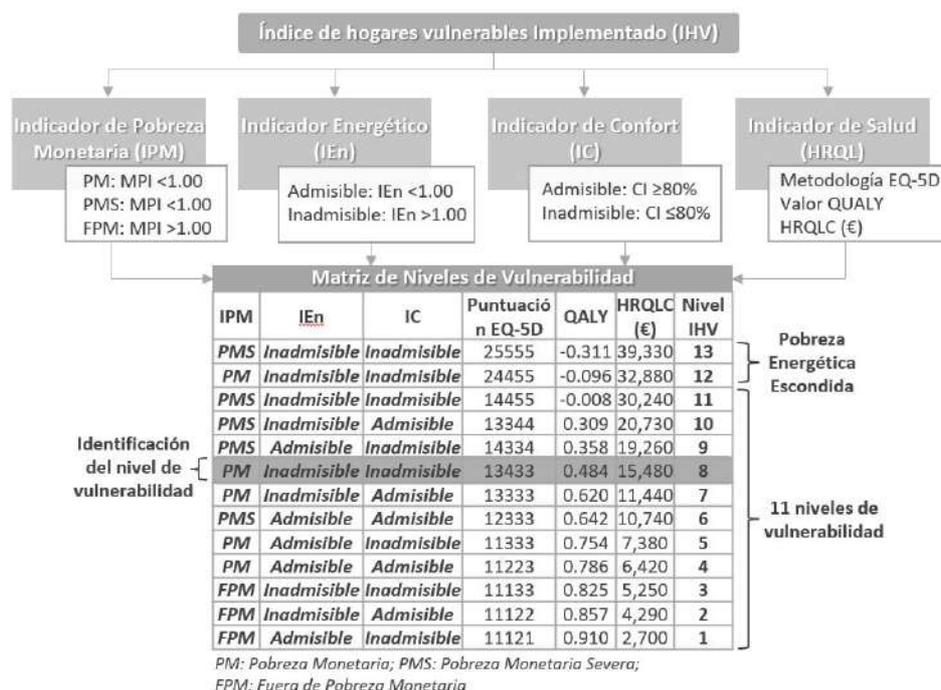


Fig. 1 Resumen metodológico de cálculo del Índice de Hogares Vulnerables (IVH) implementado y niveles de vulnerabilidad [6].

2.1 INDICADOR DE POBREZA MONETARIA (IPM)

La vulnerabilidad monetaria del hogar se analiza combinando indicadores específicos regionales, el Umbral de Pobreza Monetaria (MPT) y el Umbral de Pobreza Monetaria Severa (SMPT). El MPT se obtiene extrayendo el 60% del ingreso operativo promedio del área en estudio, según estadísticas de Eurostat [8]. El SMTP define la pobreza extrema y corresponde a la prestación extraordinaria por

desempleo más baja que concede el Estado español, denominada renta de inserción activa [9]. Luego relaciona los ingresos netos de la unidad familiar (NI) con el umbral de pobreza (T) (Ecuación 1). Un hogar se encuentra en pobreza monetaria o pobreza monetaria severa cuando el IPM < 1.00. El procedimiento de cálculo se resume en las Ecuaciones (1), (3), (4) y (5).

$$MPI = \frac{NI}{T} \quad (1) \text{INDICADOR DE ENERGÍA (EnI)}$$

El consumo de energía requerido (CE) de un hogar se compara con el umbral de energía establecido para el vecindario (Ecuación (2)) y se obtiene de acuerdo con la en 16798-1:2019 [10] y los trabajos de Sánchez-García et al. [11]; MEC es el consumo medio de energía requerido para el tipo de edificio en el área de estudio [12]. Por lo tanto, el consumo de energía de la vivienda es admisible si está por debajo del umbral de energía, o $EnI < 1.00$.

$$EnI = \frac{EC}{MEC} \quad (2)$$

2.3 INDICADOR DE CONFORT (IC)

El enfoque adaptativo puede influir en la definición de EP ya que permite aplicar el confort adaptativo teniendo en cuenta la influencia del cambio climático [13], [14]. IC determina el porcentaje de horas que la temperatura está fuera del rango de confort establecido. El umbral de confort se establece en el 80% porque el 20% restante se considera parte de las horas de sueño. La norma europea EN 16798-1:2019 [10] establece 3 categorías según la capacidad de adaptación térmica en función del tipo de edificio o usuario. Para esta investigación se utiliza la categoría III, en la que la temperatura óptima de confort térmico (Ecuación (3)) oscila entre los límites superior e inferior (Ecuaciones (4) y (5)). Cuando las horas consideradas dentro del confort térmico son en un porcentaje igual o superior al 80%, se establece que IC es admisible ($IC \geq 80\%$).

$$\text{Temperatura de confort óptima} = 0.33 \cdot T_{rm} + 18.8 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (10 \leq T_{rm} \leq 30) \quad (3)$$

$$\text{Límite superior (Categoría III)} = 0,33 \cdot T_{rm} + 22,8 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (10 \leq T_{rm} \leq 30) \quad (4)$$

$$\text{Límite inferior (Categoría III)} = 0,33 \cdot T_{rm} + 13,8 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (10 \leq T_{rm} \leq 30) \quad (5)$$

2.4 INDICADOR DE SALUD (HRQLC)

El costo relacionado con la salud está definido por el Año de Vida Ajustado por Calidad (QALY), equivalente a cada nivel de vulnerabilidad de la IVH (Figura 1), la Tabla 1 muestra el resultado de un QALY que depende de los niveles de dimensiones de 1 a 5, siendo 5 el peor. La combinación de ejemplo 13433, definida en la Tabla 1, se introduce en la calculadora de valores de índice EQ-5 D-5 [3], y se obtiene su correspondiente QALY. El HRQLC (EUR) es el valor monetario asignado a ese QALY y se obtiene en este caso aplicando el QALY al coste del NHS español para mantener a una persona en buen estado de salud durante un año (EUR 30.000).

Dimensiones	Niveles de salud	QALY	HRQLC (€)
-------------	------------------	------	-----------

Movilidad	1		
Autocuidado	3		
Actividades habituales	4	0.484	15,480.00
Dolor/Malestar	3		
Ansiedad/Depresión	3		

Definición de niveles de salud: Nivel 1: Sin problemas; Nivel 2: Ligeros problemas; Nivel 3: Problemas moderados; Nivel 4: Problemas graves; Nivel 5: Problemas extremos

Tabla 1 Ejemplo de un valor QALY.

3 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados se obtienen de la simulación energética realizada a un edificio residencial formado por viviendas sociales construido en 1950 en la ciudad de Sevilla (España), con las características de la vivienda social de las décadas de 1950 y 1960. Concretamente se simulan dos escenarios considerando las predicciones de cambio climático para el año 2050; un primer escenario antes de cualquier intervención en el edificio, denominado caso base y un segundo escenario tras incorporar actuaciones de mejora energética sobre el edificio, relativas a mejoras en la eficiencia en los sistemas de climatización y en las características de la envolvente térmica del edificio (fachadas, ventanas y cubierta principalmente). La Tabla 2 muestra los resultados de la IVH en los escenarios estudiados. Los niveles de vulnerabilidad se obtienen a partir de la combinación de los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores desarrollados (según la Figura 1). El nivel de vulnerabilidad del caso base es de 8.00, derivado de una eficiencia energética inadecuada en el hogar, reduciéndose a 5.00 en el caso mejorado, debido a la mejora eficiencia energética alcanzada.

Los resultados obtenidos muestran que es posible estimar la vulnerabilidad de los hogares aplicando la IVH implementada. Al analizar estos resultados se observa que, asumiendo la misma situación monetaria para todos los escenarios, mejorar la eficiencia energética de los hogares es clave para reducir el nivel de vulnerabilidad de los hogares y, en consecuencia, reducir el coste para el NHS (HRQL). La mejora energética llevada a cabo en el estudio de caso contribuyó a una mejora en la calidad de vida del hogar, reduciendo el nivel de IVH de 8 a 5; sin embargo, es necesario que el hogar supere la situación de pobreza monetaria, mediante la reducción de gastos o el aumento de sus ingresos, para salir de la situación de vulnerabilidad.

Índice Implementado de Hogares Vulnerables (IVH)						
Indicador de Pobreza Monetaria (IPM)	Indicador de energía (EnI)	Indicador de confort (IC)	Indicador de salud (HRQLC)			Niveles de IVH
			Puntuación EQ-5 D	QALY	HRQLC (€)	
CASO BASE						
MP	Inadmisible	Inadmisible	13433	0.484	15480.00	8.00
CASO MEJORADO						
MP	Admisible	Inadmisible	11333	0.754	7380.00	5.00

Tabla 2 Resultados del indicador implementado de hogares vulnerables caso base y mejorado para 2050.

La implementación del confort adaptativo en el cálculo del consumo energético identificó situaciones de incomodidad de una manera más realista debido a que la incomodidad de los

inquilinos es relativa al clima exterior promedio. De los resultados del indicador de confort, también se desprende que el reequipamiento pasivo propuesto por sí solo, no mejora el confort de la vivienda en el clima en estudio y hace necesaria la ventilación para conseguirlo.

En base al objetivo principal de este trabajo, puede concluirse que la implementación en el IVH de la adaptabilidad de los hogares en el contexto de la predicción de cambio climático, proporciona una evolución del indicador que permite reflejar la situación real de los hogares de una manera más completa y compleja, al identificar no sólo qué factores tienen el mayor impacto en la situación de vulnerabilidad, sino que valora la capacidad de adaptación del hogar en función de la variabilidad del clima y cómo influye en la calidad de vida de los ocupantes.

La implantación realizada confirma que el IVH muestra un alto potencial de flexibilidad y extrapolación a otras regiones, países y climas, siempre que se tome en consideración la variabilidad de los principales factores que define el indicador implementado: la situación monetaria del hogar según el umbral de pobreza monetaria de la zona de estudio; los consumos energéticos del hogar bajo criterios de confort adaptativo; y siempre en función de la zonificación climática donde se ubique el hogar. Destacar el gran impacto técnico de la herramienta generada como resultado del presente trabajo, ya que es capaz de definir e identificar las prioridades en obras de renovación, tanto para la evaluación de nuevos edificios como para proyectos de rehabilitación de edificios obsoletos. Esta herramienta será de ayuda para generar políticas eficientes con la financiación pública, generando inversiones más sostenibles y conscientes en materia de eficiencia energética.

4 REFERENCIAS

- [1] R. Castaño-Rosa, J. Solís-Guzmán, and M. Marrero, "Measuring fuel poverty. A review of indicators," *Habitat Sustentable*, vol. 10, no. 1, pp. 9–21, Jun. 2020.
- [2] A. Pérez-Fargallo, C. Rubio-Bellido, J. A. Pulido-Arcas, and F. Javier Guevara-García, "Fuel Poverty Potential Risk Index in the context of climate change in Chile," *Energy Policy*, vol. 113, no. October 2017, pp. 157–170, 2018.
- [3] B. van Hout et al., "Interim scoring for the EQ-5D-5L: mapping the EQ-5D-5L to EQ-5D-3L value sets," *Value Health*, vol. 15, no. 5, pp. 708–15, 2012.
- [4] R. Castaño-Rosa, J. Solís-Guzmán, and M. Marrero, "A novel Index of Vulnerable Homes: Findings from application in Spain," *Indoor Built Environ.*, p. 1420326X18764783, Mar. 2018.
- [5] R. Castaño-Rosa, J. Solís-Guzmán, and M. Marrero, "Energy poverty goes south? Understanding the costs of energy poverty with the index of vulnerable homes in Spain," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 60, p. 101325, 2020.
- [6] R. Castaño-Rosa, G. Sherriff, H. Thomson, J. S. Guzmán, and M. Marrero, "Transferring the index of vulnerable homes: Application at the local-scale in England to assess fuel poverty vulnerability," *Energy Build.*, vol. 203, p. 109458, 2019.
- [7] R. Castaño-Rosa, J. Solís-Guzmán, C. Rubio-Bellido, and M. Marrero, "Towards a multiple-indicator approach to energy poverty in the European Union: A review," *Energy Build.*, vol. 193, pp. 36–48, 2019.
- [8] Eurostat., "At-risk-of-poverty thresholds - EU-SILC and ECHP surveys," Eurostat - Data Explorer, 2021. [Online]. Available:

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_li01&lang=en. [Accessed: 07-Apr-2021].

- [9] RD_8/2015, "Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social," BOE-A-2015-11724 , 2015. [Online]. Available: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11724>. [Accessed: 11-May-2021].
- [10] European Committee for Standardization, EN 16798-1:2019 Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acous. 2019.
- [11] D. Sánchez-García, D. Bienvenido-Huertas, M. Tristancho-Carvajal, and C. Rubio-Bellido, "Adaptive Comfort Control Implemented Model (ACCIM) for Energy Consumption Predictions in Dwellings under Current and Future Climate Conditions: A Case Study Located in Spain," *Energies*, vol. 12, no. 8, p. 1498, 2019.
- [12] IDAE., "Consumption of the Residential Sector in Spain. Summary of Basic Information. SPAHOUSEC I project. Institute for the diversification and saving of energy. Eurostat. Ministry of Industry, Energy and Tourism.," Institute for the diversification and saving of energy. Eurostat. Ministry of Industry, Energy and Tourism., 2020. [Online]. Available: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf. [Accessed: 07-Apr-2021].
- [13] C. S.-G. Sánchez, F. J. N. González, and A. H. Aja, "Energy poverty methodology based on minimal thermal habitability conditions for low income housing in Spain.," *Energy Build.*, Mar. 2018.
- [14] C. Sánchez-Guevara Sánchez, A. Mavrogianni, and F. J. Neila González, "On the minimal thermal habitability conditions in low income dwellings in Spain for a new definition of fuel poverty," *Build. Environ.*, vol. 114, pp. 344–356, 2016.

Financiación: esta comunicación ha sido financiada por la CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y CONOCIMIENTO DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (España) FONDO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER), a través del proyecto de investigación denominado "Nuevo Análisis Integral de la Pobreza Energética en Andalucía (NAIPE). Predicción, evaluación y adaptación al cambio climático de hogares vulnerables desde una perspectiva económica, ambiental y social (US- 125546)".

Agradecimientos: al proyecto de investigación denominado "Nuevo Análisis Integral de la Pobreza Energética en Andalucía (NAIPE). Predicción, evaluación y adaptación al cambio climático de hogares vulnerables desde una perspectiva económica, ambiental y social (US- 125546)", financiado por la "Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía (España)" con el fondo de desarrollo regional (FEDER).

Cubierta evaporativa ventilada CAVE como técnica de rehabilitación e integración de sumideros medioambientales de calor en la envuelta del edificio

Daniel Castro Medina⁽¹⁾, MCarmen Guerrero Delgado⁽²⁾, José Sánchez Ramos⁽³⁾, Teresa Rocío Palomo Amores⁽⁴⁾, Alberto Cerezo Narváez⁽⁵⁾, Servando Álvarez Domínguez⁽⁶⁾

(1) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. dcastro@us.es (2) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. mgdelgado@us.es (3) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. jsr@us.es (4) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. tpalomo@us.es (5) Dep. Ingeniería Mecánica. Universidad de Cádiz Alberto.cerezo@uca.es (6) Grupo Termotecnia. Universidad de Sevilla. salvarez@us.es

Resumen

Los distritos de viviendas sociales en pobreza energética en el sur de España presentan un grave problema de sobrecalentamiento en régimen de refrigeración. En estos casos, las medidas convencionales para mejorar el rendimiento de la envuelta del edificio no son suficientes, por lo que en este trabajo se diseña e integra una solución innovadora de cubierta en una promoción de viviendas sociales en bloque situado en Camas, Sevilla. Este trabajo consiste en resolver el diseño y evaluar una cubierta innovadora, como también la integración de técnicas naturales de enfriamiento en la propia envuelta del edificio para el aprovechamiento de la inercia térmica. Para dicha evaluación se simulará la solución innovadora y se mostrarán los resultados que determinan su impacto.

Palabras claves: Cubierta ventilada; envuelta activa; Sumideros medioambientales; Refrigeración pasiva;

1 INTRODUCCIÓN

El alto consumo de energía del sector de la construcción, el cambio climático y la pobreza energética son unos de los graves problemas que aparecen en las ciudades [1]. Las ciudades se han convertido en una de las piedras angulares en la lucha contra el cambio climático debido a su creciente demanda energética. Frente al objetivo de combatir el cambio climático se presenta además el fenómeno de Isla de Calor Urbana (UHI), el cual es un problema mundial cada vez más importante [2]. El problema de sobrecalentamiento y el clima extremo al que se enfrentan los núcleos urbanos ha provocado un rápido incremento de los días, aumentando extremadamente la demanda de refrigeración en los edificios [3]. El aumento de la demanda de refrigeración conduce a un incremento del consumo de energía, lo que genera el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Según la IEA [4] las necesidades de refrigeración se han triplicado en los edificios desde 1990, siendo la refrigeración responsable del 10% del consumo eléctrico total del año 2019 en el mundo.

La cubierta ha sido un elemento de estudio en detalle en la literatura. Diferentes autores han estudiado como optimizar las prestaciones de la cubierta de los edificios, temática que ha sido intensificada en su importancia en edificios de uso limitado o nulo de sistema de acondicionamiento por el impacto tan elevado que presenta la cubierta en las necesidades de refrigeración [5,6]. Aparecen multitud de soluciones adaptativa de cubierta como los roof ponds [7,8], los techos diodo

[9], las cubiertas verdes o las cubiertas ventiladas, las cuales han sido ampliamente tratadas en la literatura a nivel simulación detallada [10,11] o incluso prototipos a escala laboratorio [12,13]. Por tanto, la literatura no resuelve el desarrollo científico y tecnológico que requiere la implementación práctica en un edificio real de cámaras de aire sobre cubiertas ventiladas. Asimismo, no se resuelve la integración de este tipo de elementos en procedimientos de toma de decisiones para la definición óptima de intervenciones de rehabilitación energética sobre edificios existentes. Esta integración implica la valoración energética del impacto energético y económico que suponen estos elementos innovadores.

El objetivo principal del trabajo es integrar un elemento de cubierta sobre una propuesta de rehabilitación integral de un edificio residencial. Esta integración conlleva resolver el diseño y evaluación de un elemento de cubierta que permita la integración de técnicas naturales de enfriamiento en la propia envuelta del edificio para el aprovechamiento de la inercia térmica. Todo con una solución híbrida modo día-noche, con un sobrecoste interesante desde el punto de vista de estudios de ciclo de vida (inferior a 60 €/m² de cubierta) [14] y de alta rentabilidad porque esta solución también mejorará las prestaciones de la envuelta en modo calefacción y refrigeración. Más aún, en refrigeración, como elemento activo, enfriará por la noche la masa térmica del edificio y con su alto nivel de aislamiento impedirá el calentamiento durante el día.

El edificio responde a tipología plurifamiliar en manzana (ver Figura 1). Se dispone en la parcela sensiblemente rectangular en forma de U, que se cierra mediante una tapia, quedando en su centro un espacio libre ajardinado. Los portales de las viviendas se disponen entorno a este espacio, al que se accede a través de pasos o pasajes que en un inicio estuvieron cerrados con cancelas. El diseño del conjunto muy unitario, con fachadas enfoscadas, pintadas de blanco con zócalo de ladrillo visto; a modo de remate del conjunto, los extremos de la U, cambia la combinación de estos materiales, utilizando el ladrillo visto en fachada de todas sus plantas y el enfoscado pintado de blanco en las cajas de escalera; en la tapia que cierra el espacio libre, igualmente se utiliza el ladrillo visto. Consta de planta baja más dos, subdividiéndose en 6 portales, albergando cada uno 6 viviendas (2 por planta), lo que suma un total de 36 viviendas en la promoción. Existen 5 viviendas de 1 dormitorio, 10 de 2 dormitorios, 17 de 3 dormitorios y 4 de 4 dormitorios.

La valoración inicial usando la herramienta HULC da como resultados unos valores promedio de demanda de calefacción de 38 kWh/m² y de refrigeración de 27 kWh/m² en los edificios plurifamiliares. Asimismo, si se analizan las horas ponderadas en disconfort de las viviendas bajo cubierta se observan valores superiores a 18000 °C·h·ppi (grados hora ponderados por el % de personas insatisfechas). Estos indicadores justifican la necesidad de un intervención integral en la promoción y la necesidad reforzar el tratamiento sobre las viviendas bajo cubierta con una tecnología emergente como la propuesta.

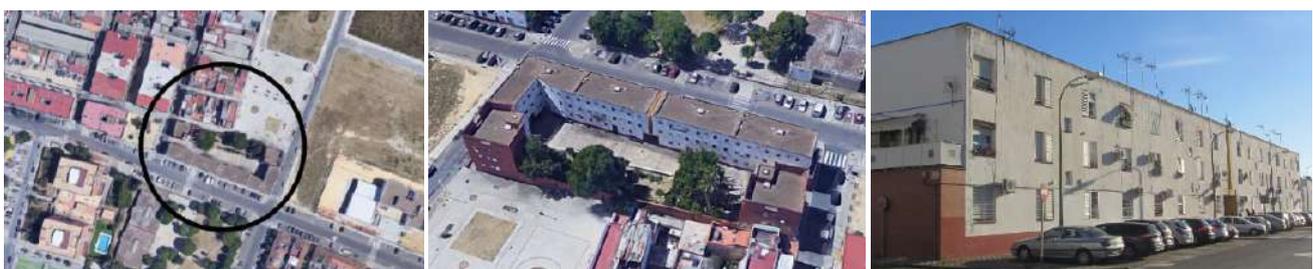


Fig. 1 Distrito vivienda social AVRA – Camas (Sevilla)

La metodología llevada a cabo en dicho estudio se muestra en la Figura 2. Esta se compone principalmente de tres etapas: 1. Evaluación de la situación energética inicial del distrito a estudio en relación a la eficiencia energética y confort térmico. 2. Descripción y diseño de la cubierta activa en relación a las necesidades energéticas y constructivas de los edificios. 3. Evaluación del impacto energético de la integración de dicha solución en el distrito. Dicha metodología de trabajo se expone en la presente comunicación de la siguiente forma: 1. La introducción contextualiza la problemática existente y la necesidad del estudio e integración de elementos especiales de la envuelta. Además, se expone de forma general las características de los edificios a nivel geométrico y constructivo. 2. En segundo lugar, se lleva a cabo la descripción del diseño de cubierta activa y 3. Finalmente, en el tercer apartado se muestran los resultados del impacto energético que genera la integración de la solución.

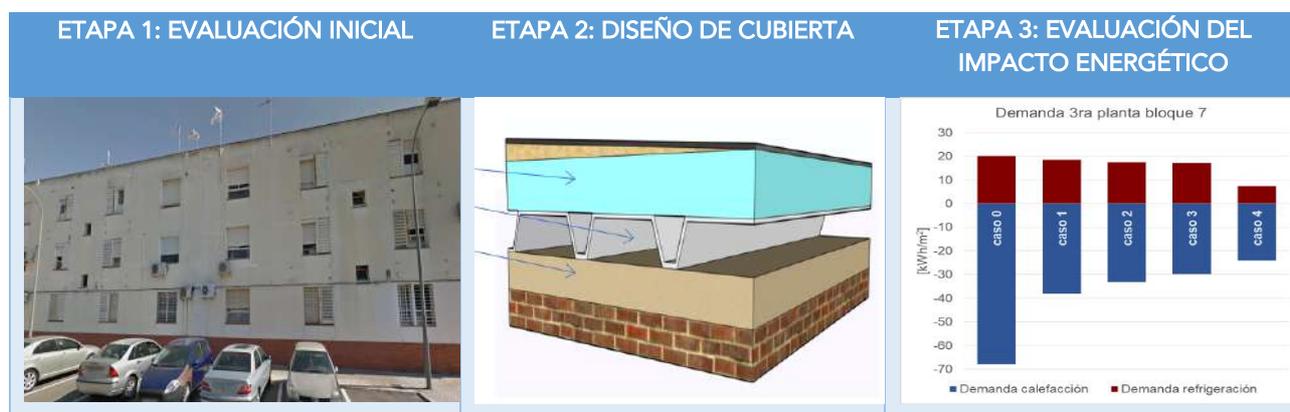


Fig. 2 Esquema de la metodología planteada

2 SOLUCIÓN INNOVADORA

2.1 DESCRIPCIÓN

La cubierta activa es un concepto desarrollado en el marco de un proyecto de investigación de la Consejería de Fomento y Vivienda de la junta de Andalucía a través de la Agencia de la Obra pública de Andalucía. El título del proyecto fue: "Análisis del comportamiento energético de los cerramientos de hormigón en base a la maximización de las ventajas derivadas de su inercia térmica", el investigador principal fue Servando Álvarez de la Universidad de Sevilla y se desarrolló en el periodo de 2014 a 2016.

La cubierta ventilada activa está formada por dos capas u hojas principales entre las cuales existe un espacio o cámara de aire por la que se puede establecer una ventilación forzada mediante un sistema de ventiladores. La operación de la ventilación está automatizada de tal manera que se realiza la ventilación únicamente cuando resulta conveniente desde el punto de vista energético. El objetivo principal de la cubierta es reducir las ganancias solares y enfriar los espacios bajo cubierta. Para ello, presenta tres modos fundamentales de operación:

- Modo 1. Durante el día, cuando hay radiación solar y las temperaturas exteriores son altas, la circulación de aire se encuentra detenida (ventilador apagado y compuertas cerradas). La hoja exterior al encontrarse aislada reduce las ganancias solares y por tanto el calentamiento del elemento interior y con ello la pérdida del frío almacenado en esa masa térmica durante la noche. De esta forma se promueve mantener una temperatura de techo inferior a la temperatura del aire ambiente de las estancias, o lo que es lo mismo, el enfriamiento del

espacio a través del techo. Este modo es la forma de trabajo en régimen de calefacción: un aislamiento de gran espesor sobre una cámara de aire que se instalan sobre la cubierta existente.

- Modo 2. Durante la noche, cuando la temperatura exterior es suficientemente baja, la circulación de aire se activa (ventilador encendido y compuertas abiertas) y disipa calor de la hoja interior de la cubierta que consecuentemente se enfría.
- Modo 3. En caso de que las temperaturas mínimas nocturnas no bajen lo suficiente como para disipar calor de la cubierta, el modo de carga de frío descrito en 2 resulta ineficaz. Para esta circunstancia se incluye un sistema de enfriamiento evaporativo para conseguir una reducción adicional de la temperatura del aire.

La solución diseñada está formada por una cámara de aire entre la cubierta existente y el muro exterior, de tal manera que se asemeja a una fachada ventilada convencional. El muro exterior se encuentra aislado en forma de "sándwich" de EPS, aportando una gran capacidad de aislamiento a la vez que ligereza y ayudando así a la reducción de la transferencia de temperatura conseguida en la cámara hacia el exterior. Finalmente, los canales de de distribución de aire son generados a partir de la integración de una chapa deck a la cubierta existente con objeto de facilitar su construcción. A continuación, en la Figura 2, se muestra el detalle constructivo de la cámara de aire de la cubierta activa diseñada para el proyecto de rehabilitación de las 36 viviendas de promoción pública en calles Guadalquivir y Geranio de Camas.

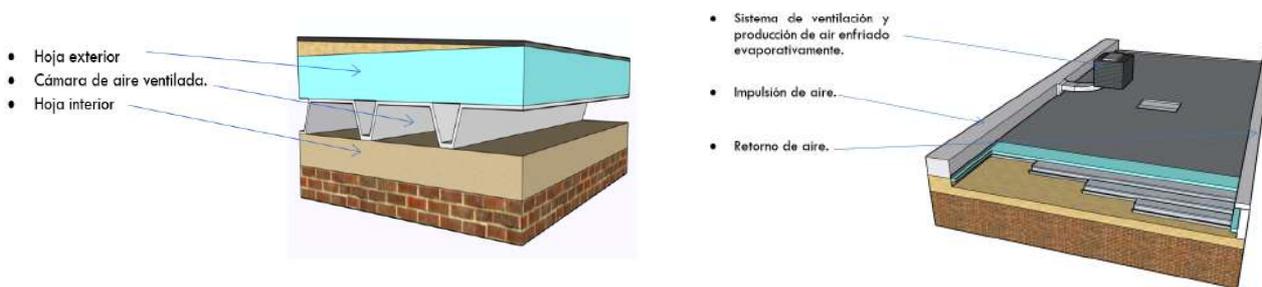


Fig. 2 Detalles constructivos de la cubierta innovadora

3 RESULTADOS

3.1 IMPACTO ENERGÉTICO DE LA SOLUCIÓN INNOVADORA

En es sección se muestran los resultados finales de la fase de diseño, obtenidos por simulación, que motivaron a la propiedad a apostar por esta solución innovadora.

Los diferentes paquetes de medidas de mejoras estudiadas se recogen en la tabla 1:

A0	Situación inicial
A1	Calidades constructivas de componentes: aislamiento de muros
A2	A1+ mejora de puentes térmicos
A3	A2 + mejora de la estanqueidad
A4	A3+ integración de la cubierta activa

Tabla 1. Paquetes de medidas de mejoras estudiadas

Los resultados obtenidos a nivel de bloque muestran que el impacto en la demanda de calefacción es mucho mayor al impacto en modo refrigeración para todo el conjunto de medidas de mejora estudiadas. Sin embargo, como se observa en la Figura 3 derecha, el impacto de la cubierta activa en la vivienda situada bajo cubierta reduce enormemente la demanda de refrigeración de la misma, logrando con ello una clara mejora del confort térmico de sus ocupantes.

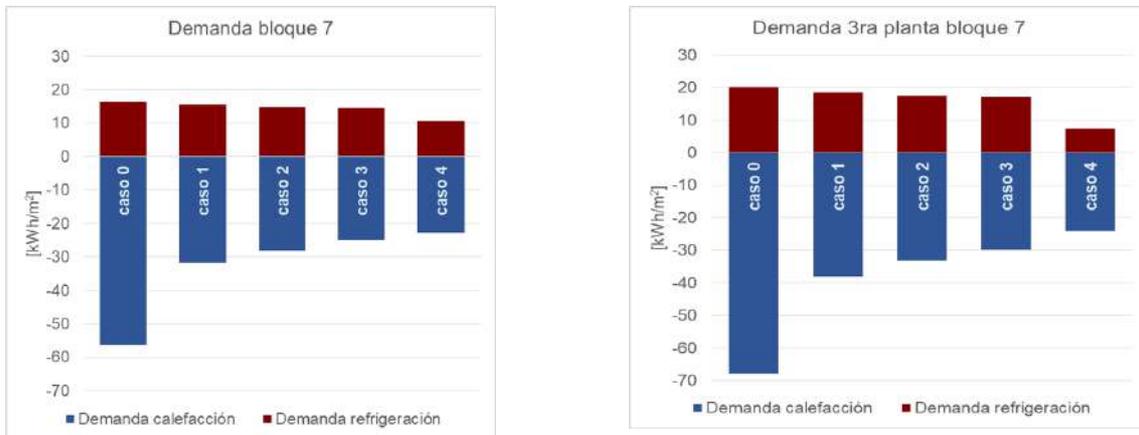


Fig. 3 Resultados de la evaluación del impacto en fase de prediseño

Los resultados de la evaluación del impacto en la vivienda bajo cubierta en términos de confort térmico muestran que la integración de la cubierta activa en régimen de refrigeración es capaz de reducir el nivel de desconfort térmico un 90% aproximadamente, tal y como se muestran en los resultados mostrados en la Figura 4. Esto demuestra el interés de dicha solución de rehabilitación en todo el distrito estudiado, tanto a nivel de vivienda bajo cubierta, como a nivel de bloque, tal y como se muestra en la Figura 3.

Verano					Verano				
[°C h]	[°C h ppi]	[h]	[% h]	[h ppi]	[°C h]	[°C h ppi]	[h]	[% h]	[h ppi]
$\Sigma T^{\circ} \text{ dif}$	$\Sigma T^{\circ} \text{ dif} \times \text{PPI}$	Comfort V	Comfort V	Comfort V x PPI	$\Sigma T^{\circ} \text{ dif}$	$\Sigma T^{\circ} \text{ dif} \times \text{PPI}$	Comfort V	Comfort V	Comfort V x PPI
4413	2583	1770	60.5	325	880	204	719	24.6	82

Fig. 4 Resultados de la evaluación del impacto en la vivienda bajo cubierta (izquierda:situación inicial y derecha:situación mejorada)

3.2 CONSUMO ELÉCTRICO Y DE AGUA

En esta sección se estiman los consumos de electricidad y de agua en una campaña de verano con clima de referencia.

3.2.1 Consumo eléctrico

Las cifras que se indican a continuación se refieren a la siguiente estrategia de control. Las directrices del sistema de control propuesto son:

- Si en las noches de verano (junio, julio agosto y septiembre), de 20h a 9h se detecta que la temperatura de bulbo húmedo es menor a 17.5°C, entonces se enciende la ventilación.
- Si además la diferencia entre la temperatura seca y la húmeda es mayor a 2°C entonces se enciende el sistema evaporativo. De esta forma se pueden estimar las horas de operación del sistema.

La tabla 2 muestra los consumos eléctricos estimados para la solución. En esta tabla 2 aparecen los valores para toda la cubierta y la parte correspondiente a cada una de las viviendas.

	Cubierta		Vivienda	
	Potencia consumida ventilador kWh	Potencia consumida bomba + control kWh	Potencia consumida ventilador kWh	Potencia consumida bomba + control kWh
Junio	115	7.2	57.5	3.6
Julio	73.5	4.96	36.8	2.5
Agosto	73.5	4.6	36.8	2.3
Septiembre	92.5	6.36	46.3	3.2
Totales	354.5	23.12	177.3	11.6

Tabla 2. Consumo eléctrico estimado

Con objeto de comparar el impacto de este consumo sobre el consumo eléctrico de las viviendas se ha tomado un trabajo previo realizado sobre una promoción de más de 300 viviendas dónde se monitorizaron 60 viviendas representativas [15]. Este estudio se realizó en Morón de la Frontera (Sevilla), misma zona climática que Camas (Sevilla) y con inquilinos de un nivel económico-social parecido. En este trabajo se concluyó que el consumo basal promedio, es decir, el consumo eléctrico debido a no climatización de las viviendas durante los periodos de ocupación era del orden de 5 a 6 kWh diarios. Ahora bien, en los periodos de verano el consumo se elevaba hasta 12 kWh en las viviendas con sistema de acondicionamiento en sala de estar y dormitorio. Esto permite obtener el siguiente argumento: el consumo de electricidad por día para acondicionamiento en verano es del orden de 6000Wh para una superficie del orden de 30m², mientras que con la cubierta activa sería de 2300 Wh cubriendo una superficie de 60m².

3.2.2 Consumo estimado de agua

Para estimar el consumo de agua se ha tomado el mismo clima anteriormente mencionado y sobre un diagrama psicrométrico, se han representado los valores horarios de temperatura y humedad que se presentan entre las 24:00 y las 08:00 en la estación de refrigeración (junio a septiembre) que es cuando presumiblemente funcionará el sistema evaporativo. La humidificación puede hacer descender la temperatura de 21°C a 17°C (4°C) en agosto, aproximadamente y para ello es necesario suministrar un flujo de 2g de agua por kg de aire. Si hace el mismo ejercicio para la media de las mínimas del mes de Junio, se observa que el descenso de la temperatura sería aproximadamente 1°C. Por otro lado, si la humedad del aire es alta, el efecto del enfriamiento evaporativo será pequeño, por lo que se toma la decisión de parar el sistema evaporativo si la diferencia entre la temperatura de bulbo húmedo y la del aire es menor a 2°C. Estos resultados aparecen en la tabla 3.

	Cubierta		Vivienda	
	l/mes	l/día	l/mes	l/día
Junio	1472.1	49.1	736.0	24.5
Julio	1185.2	38.2	592.6	19.1
Agosto	1128.1	36.4	564.0	18.2
Septiembre	1350.1	45.0	675.1	22.5

Tabla 3. Consumo de agua

4 CONCLUSIONES

La rehabilitación en viviendas sociales tiene como objetivo fomentar la utilización de estrategias pasivas de mejora adaptadas a la realidad de los inquilinos, población con escasos recursos y en situación de vulnerabilidad energética. Además, tal y como se ha comentado previamente, el sobrecalentamiento extremo alcanzado en régimen de refrigeración en la zona del mediterráneo implica la necesidad de combinar diferentes estrategias pasivas de mitigación y/o la inclusión de elementos innovadores de la envuelta, destacando para ello la cubierta por la ganancia de calor asociada a la misma y la fácil integración de soluciones. Es por ello que el objetivo principal del trabajo es el desarrollo de un sistema constructivo de cubierta que incorpore de manera integrada las tecnologías asociadas al aprovechamiento de recursos naturales para la generación de electricidad, calor y frío. Dicha solución debe garantizar unas elevadas prestaciones en régimen de calefacción y refrigeración, con una capacidad de adaptación en función de las condiciones climáticas y las necesidades del edificio.

El trabajo presentado prueba que la solución cumple con los objetivos definidos. El nivel de desarrollo tecnológico es alto, dado que está en fase de implantación mediante licitación pública. El impacto energético es relevante, puesto que sobre una situación rehabilitada se consigue un ahorro adicional de un 50% sobre la demanda de refrigeración en las viviendas bajo cubierta, mientras que el discomfort se reduce en un 90%. Este resultado es relevante de acuerdo con viviendas con uso limitado o nulo de sistemas de acondicionamiento. Finalmente, el consumo de agua mensual por vivienda es el correspondiente a lo que consume la ducha de una persona, mientras que el consumo eléctrico mensual es equivalente al consumo diario de una de las viviendas. Actualmente se encuentra en fase de puesta en marcha y será objeto de futuros estudios la evaluación del impacto real de la solución en operación.

5 REFERENCIAS

- [1] Santamouris M. Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Sol Energy* 2016;128:61-94. doi:10.1016/j.solener.2016.01.021.
- [2] Nastran M, Kobal M, Eler K. Urban heat islands in relation to green land use in European cities. *Urban For Urban Green* 2019;37:33-41. doi:10.1016/j.ufug.2018.01.008.
- [3] Yang X, Peng LLH, Jiang Z, Chen Y, Yao L, He Y, et al. Impact of urban heat island on energy demand in buildings: Local climate zones in Nanjing. *Appl Energy* 2020;260:114279. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114279.

- [4] Cooling - Tracking Buildings 2020 - Analysis - IEA n.d. <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2020/cooling> (accessed August 5, 2021).
- [5] Barrios G, Huelsz G, Rojas J, Ochoa JM, Marincic I. Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings. *Energy Build* 2012;50:120-7. doi:10.1016/j.enbuild.2012.03.030.
- [6] Chandra S, Kaushik SC, Bansal PK. Thermal performance of a non-air-conditioned building for passive solar air-conditioning: Evaluation of roof cooling systems. *Energy Build* 1985;8:51-69. doi:10.1016/0378-7788(85)90014-3.
- [7] Tang R, Etzion Y. Cooling performance of roof ponds with gunny bags floating on water surface as compared with a movable insulation. *Renew Energy* 2005;30:1373-85. doi:10.1016/j.renene.2004.10.008.
- [8] Pearlmutter D, Berliner P. Experiments with a ‘psychrometric’ roof pond system for passive cooling in hot-arid regions. *Energy Build* 2017;144:295-302. doi:10.1016/j.enbuild.2017.03.067.
- [9] Awanou CN. Radiative cooling by a diode roof. *Sol Wind Technol* 1986;3:163-72. doi:10.1016/0741-983X(86)90030-5.
- [10] Zhu Q, Xu X, Gao J, Xiao F. A semi-dynamic model of active pipe-embedded building envelope for thermal performance evaluation. *Int J Therm Sci* 2015;88:170-9. doi:10.1016/j.ijthermalsci.2014.09.014.
- [11] Guerrero Delgado McC, Sánchez Ramos J, Álvarez Domínguez S, Tenorio Ríos JA, Cabeza LF. Building thermal storage technology: Compensating renewable energy fluctuations. *J Energy Storage* 2020;27. doi:10.1016/j.est.2019.101147.
- [12] Lee S, Park SH, Yeo MS, Kim KW. An experimental study on airflow in the cavity of a ventilated roof. *Build Environ* 2009;44:1431-9. doi:10.1016/j.buildenv.2008.09.009.
- [13] Hou M, Kong X, Li H, Yang H, Chen W. Experimental study on the thermal performance of composite phase change ventilated roof. *J Energy Storage* 2021;33:102060. doi:10.1016/j.est.2020.102060.
- [14] Ramos JS, Delgado MG, Domínguez SÁ, Félix JLM, de la Flor FJS, Ríos JAT. Systematic simplified simulation methodology for deep energy retrofitting towards NZE targets using life cycle energy assessment. *Energies* 2019;12. doi:10.3390/en12163038.
- [15] Romero Rodríguez L, Sánchez Ramos J, Guerrero Delgado Mc, Molina Félix JL, Álvarez Domínguez S. Mitigating energy poverty: Potential contributions of combining PV and building thermal mass storage in low-income households. *Energy Convers Manag* 2018;173:65-80. doi:10.1016/j.enconman.2018.07.058.

Financiación: Esta investigación ha sido co-financiada por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía y por el proyecto europeo “Mediterranean University as Catalyst for Eco-Sustainable Renovation (Med-EcoSuRe) (Grant agreement A_B.4.3_0218). Ambos bajo el soporte del Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER.

Agradecimientos: Al equipo de la agencia AVRA, Elena Morón Serna y Jorge Ruiz García por su confianza y ayuda en todo momento.

Colaboran:



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

