



# III Congreso EECN

## Edificios Energía Casi Nula

Madrid, 21-22 Junio 2016

# LIBRO DE COMUNICACIONES

ORGANIZA:



COMUNICA:



Todo Sobre Construcción Sostenible

APOYO INSTITUCIONAL:





# **III Congreso EECN Edificios Energía Casi Nula Madrid, 21-22 Junio 2016**

## **LIBRO DE COMUNICACIONES**

**III Congreso Edificios Energía Casi Nula**

**21-22 Junio 2016**

**Madrid**

Organizado por:



**GRUPOTECMARED**



---

Editado por:

Grupo Tecma Red S.L.  
C/ Jorge Juan 31, 1º izq. ext.  
28001 Madrid, España  
Tel: (+34) 91 577 98 88  
Fax: (+34) 91 101 19 33

Email: [info@grupotecmared.es](mailto:info@grupotecmared.es)

Web: [www.grupotecmared.es](http://www.grupotecmared.es)

ISBN: 978-84-608-8686-0

Depósito Legal: M-19727-2016

Copyright: © 2016 Grupo Tecma Red S.L.

Todos los derechos reservados por Grupo Tecma Red S.L. Queda prohibida la reproducción total o parcial de todos los contenidos de este libro bajo cualquier método incluidos el tratamiento digital sin la previa y expresa autorización por escrito de Grupo Tecma Red S.L.

## INTRODUCCIÓN - GRUPO TECMA RED

Hace ya seis años de la publicación de la Directiva 2010/31/UE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios donde, por primera vez, oímos hablar del concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo. Una Directiva que dimensionó la aportación de la Eficiencia Energética en la Edificación a la lucha contra el cambio climático y generó cierta incertidumbre ante un reto que todos veíamos lejano, 2020.

En este contexto, en 2012 organizamos el I Congreso de Edificios de Energía Casi Nula como respuesta a la necesaria demanda de información y conocimiento sobre el tema, logrando convertirlo en el Foro referencia en el que plantear las implicaciones que suponían para el sector de la edificación la adopción de las Directivas europeas relativas a la Eficiencia Energética de los Edificios y el objetivo de conseguir Edificios de Alta Eficiencia Energética en España.

En 2014, el II Congreso Edificios Energía Casi Nula, demostró que el sector de la edificación estaba preparado y apostaba por la Eficiencia Energética y conocimos de primera mano proyectos reales que en aquellos momentos comenzaban a construirse siendo una realidad a día de hoy.

En todo este tiempo y hasta hoy, la pregunta más repetida por todos ha sido *¿Cómo será un Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo en España?* Espero que el III Congreso Edificios Energía Casi Nula aporte respuestas y entre todos podamos alcanzar, hasta el 2018, los objetivos marcados por Europa e incluso superarlos, consiguiendo Edificios de Energía Positiva.

El III Congreso de Edificios de Energía Casi Nula, que se celebra los días 21 y 22 de Junio de 2016 está organizado conjuntamente por Grupo Tecma Red y Ministerio de Fomento, y queremos agradecer especialmente en este punto la valiosa implicación de la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo durante estos años de trabajo de conjunto. Asimismo, dar las gracias al Ayuntamiento de Madrid, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través del IDAE; Ministerio de Agricultura y Medioambiente, a través de la Oficina Española de Cambio Climático; y Ministerio de Economía y Competitividad, a través de su Dirección General de Innovación y Competitividad, por su continuo apoyo y colaboración a todos los niveles.

En el III Congreso Edificios de Energía Casi Nula se tratarán áreas y temáticas diversas a través de profesionales relevantes por su experiencia y conocimiento. Encontramos cuestiones normativas, ejemplos prácticos, resultados de proyectos en marcha, oportunidades de mercado y, en general, todos los aspectos que permiten tener una perspectiva global de situación actual y su evolución hasta 2020.

Como en anteriores ocasiones, para determinar el programa del Congreso se ha convocado un llamamiento de comunicaciones, invitando a todo el sector a presentar propuestas. El llamamiento de comunicaciones para este III Congreso Edificios de Energía Casi Nula ha recibido 116 propuestas que finalmente se han convertido en 85 comunicaciones finales. Las comunicaciones recibidas proceden de todos los puntos de la geografía española, contando con autores de perfiles diversos que reflejan la transversalidad del concepto, representando a todos los sectores implicados: Profesionales, Administración, Empresas, Universidades, Centros de Investigación, Promotores, Inversores, etc. Muchas de las comunicaciones han sido realizadas en coordinación por varios autores lo que refleja la necesaria colaboración multidisciplinar de la Eficiencia Energética en la edificación.

Las temáticas del III Congreso Edificios Energía Casi Nula se han planteado por el Comité Técnico en ocho bloques, evolucionando a partir de las planteadas en ediciones anteriores buscando una mayor concreción y agrupación de temas relacionados. Las áreas temáticas sobre las que se han estructurado las comunicaciones finales son: Estrategias para fomentar los EECN, Viabilidad económica y Modelos de Negocio; Diseño y Soluciones Arquitectónicas; Soluciones Constructivas, Sistemas y Tecnologías integrables; Integración de Energías Renovables in situ o en el entorno del Edificio; Proyectos EECN en Rehabilitación de Edificios; Planificación y Regeneración Urbana; y Uso, Gestión y Mantenimiento.

El papel del Comité Técnico del III Congreso Edificios Energía Casi Nula ha sido también analizar y valorar todas las comunicaciones finales recibidas, seleccionando de ellas las 20 ponencias orales que conforman el programa del Congreso. Asimismo, las comunicaciones seleccionadas, junto con otras consideradas de interés, se han incluido en este Libro de Comunicaciones, en el que se publican 82 comunicaciones ordenadas por temáticas, y dentro de cada temática, por orden de llegada de las propuestas. Expertos de referencia en Eficiencia Energética en Edificación conforman los 41 miembros del Comité Técnico del Congreso pertenecientes a todos los ámbitos de influencia. Desde aquí, nuestro más sincero agradecimiento por la excelente labor realizada y por su compromiso con el éxito del Congreso.

Por otro lado, hemos incrementado también el número entidades de prestigio, tanto del ámbito público como del sector privado, que han mostrado su respaldo al Congreso y su interés por los Edificios de Consumo de Energía casi Nulo. Una amplia red transversal de entidades y asociaciones han querido, a lo largo de estos años, contribuir a la difusión del Congreso y desde aquí les damos también las gracias por su entusiasmo y sus relevantes aportaciones.

En este 2016, contamos con más de 80 colaboradores: A3e, ACA, ADHAC, AEA, AEDIP, AETIR, AFEC, AFELMA, AFME, AHK, AIDICO, AIPEX, AISLA, AMI, ANAIP, ANAPE, ANDIMAT, ANERR, ANESE, ANFAPA, aniLED, ASA, ASEFAVE, ASHRAE Spain Chapter, ASIT, ASPRIMA, Agrupación AUS, AVS, BREEAM ES, BuildingSMART Spanish Chapter, Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático, Fundación Cartif, CECU, CEDOM, CEEC, CENER, CEPKO, CGCOIL, Circe, Cni, COAM, COIIM, CAFMadrid, CGATE, COGEN España, CONAIF, Construcción21, CSCAE, COIT, COGITT/AEGITT, Domotys, EFENAR, EMVS, Encuentros Edificación, EnerAgen, EnergyLab, enerTIC, F2E, FECOTEL, FENIE, FENITEL, Fundación Laboral de la Construcción, GBCe, HISPALYT, IFMA, IMDEA Energía, Innovaarcilla, IETcc, IVE, IPUR, IREC, ITH, Fundación La Casa que Ahorra, Asociación KNX, LEITAT Technological Center, Madrid Network, Materfad, PEP, Secartys, SLOW ENERGY, SmartLivengPlat, Tecnalia, UNEF, WWF.

En el ámbito privado, ha sido también fundamental la implicación de compañías de referencia nacional e internacional, siendo apoyada esta tercera edición por empresas líderes en sus sectores y que trabajan activamente para que los Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo sean una realidad. Su patrocinio ha hecho viable la celebración de un evento alto nivel y calidad - Patrocinio Oro: ACCIONA Service, KÖMMERLING, SAINT-GOBAIN; Patrocinio Plata: LafargeHolcim, SIKA y URSA; y Patrocinio Bronce: Schlüter-Systems, SIBER Ventilación, SOMFY España, SOUDAL y ZENHDER.

Además, quiero dar las gracias a los cientos de profesionales que han contribuido a consolidar este gran evento y convertirlo en una referencia necesaria para todo aquel que trabaje en el sector de la Eficiencia Energética en la edificación en España. Autores de Comunicaciones, ponentes, participantes en conferencias magistrales, mesas redondas, los equipos detrás de todos los apoyos institucionales, colaboradores, patrocinadores y, por supuesto, los congresistas, que fielmente han querido estar presentes en cada una de las ediciones desde el 2012. Nos hemos convertido en una comunidad de valor cuyo trabajo conjunto ha dado sus frutos. Gracias a todos por vuestra contribución.

Quiero terminar con una mirada nostálgica y positiva, y para ello recomiendo volváis a releer los Libros de Comunicaciones del primer y el segundo Congreso Edificios Energía Casi Nulo. Os daréis cuenta de la gran evolución desde aquellos inicios, cuando conocíamos proyectos que se presentaban como novedosos y que hoy son una realidad, proyectos e iniciativas que vimos nacer en las primeras ediciones del Congreso y que hoy son realidades construidas que nos presentan resultados.

Os esperamos en el IV Congreso de Edificios de Energía Casi Nulo que os anuncio que incluirá novedades de formato y periodicidad para adaptarse en estos años hasta 2020 a todos esos cambios que nos esperan y que se presentan apasionantes y plenos de actividad.

Madrid, Junio 2016

**Inés Leal**

Directora III Congreso Edificios Energía Casi Nulo  
Directora Editorial y Desarrollo, Grupo Tecma Red

## INTRODUCCIÓN - MINISTERIO FOMENTO

En diciembre de 2015 la COP21 (Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) finalizó con la adopción del Acuerdo de París que establece el marco global de lucha contra el cambio climático a partir de 2020. Es un acuerdo histórico que promueve una transición hacia una economía baja en emisiones y resiliente al cambio climático.

El objetivo de evitar que el incremento de la temperatura media global supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales obliga a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta alcanzar un escenario de neutralidad de carbono en la segunda mitad de siglo. Para alcanzar este escenario es necesario actuar de forma decidida sobre el sector de la edificación por su alto impacto sobre el medio ambiente, ya que representa en España en torno al 30 % del consumo de energía final y es el responsable de aproximadamente el 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este contexto, las Directivas europeas sobre eficiencia energética (Directiva 2010/31/UE y Directiva 2012/27/UE) son más que una obligación, una necesidad nacional, sobre todo si tenemos en cuenta el elevado nivel de dependencia energética de España, muy superior al de la media europea. La reducción del consumo mediante la mejora de la eficiencia de nuestro parque edificado y la incorporación sustantiva de las fuentes de energía renovables en este sector se convierten, por tanto, en objetivos principales.

Por todo ello, se ha considerado fundamental la puesta en marcha de un amplio conjunto de medidas a lo largo de esta legislatura, tanto de tipo de reglamentario como de sensibilización de los consumidores, que actuando de forma integrada con los planes de ayuda (Plan Estatal de Vivienda, PAREER CRECE, etc.), permitieran reducir el consumo energético de la edificación.

En el ámbito reglamentario, de forma análoga a lo hecho por los países de nuestro entorno, las exigencias relativas a la eficiencia energética de los edificios han ido incrementándose de forma gradual en la medida que los avances tecnológicos lo han permitido y buscando siempre un equilibrio óptimo entre las inversiones realizadas y los costes energéticos ahorrados a lo largo del ciclo de vida del edificio. El Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía aprobado en 2006 fue actualizado en 2013, lo que supuso un considerable endurecimiento de las exigencias con reducciones medias de consumo de hasta el 45% en los climas más adversos en régimen de invierno. Y la revisión actualmente en curso y cuya tramitación está prevista para 2017, nos conducirá hacia edificios de alta eficiencia energética y de consumo casi nulo, en un proceso dinámico que no concluye aquí y que debe continuar en el futuro, más allá del 2020, hacia edificios de energía positiva.

En cualquier caso, la mejora de la eficiencia energética de nuestra edificación hasta alcanzar los objetivos de consumo energético casi nulo, fijados en la Directiva 2010/31/UE para el año 2020, no es una cuestión enmarcada exclusivamente en el ámbito reglamentario, sino que requiere de un profundo cambio social y de mentalidad que nos afecta a todos los agentes del sector, incluidos los usuarios que deben ser capaces de valorar los beneficios de una edificación sostenible de alta eficiencia energética.

Como decía ya en el año 2014, los técnicos como principales responsables de proyectar, construir y rehabilitar los edificios, han que ser capaces de asumir este reto y convertir la eficiencia energética en uno de los valores principales de los edificios y también de la arquitectura, utilizando todas las posibilidades que el estado de los conocimientos y de la industria de la construcción ponen actualmente a su disposición.

Hoy en día el sector está en disposición de dar respuesta adecuada a los grandes retos planteados por la Directiva europea y sin duda alguna el Congreso de Edificios de Energía Casi Nula, que este año alcanza su tercera edición, ha jugado un papel fundamental para llegar hasta aquí. La capacidad de sus organizadores para conformar el Congreso como un lugar de encuentro para el intercambio de experiencias, inquietudes y sensibilidades entre todos los agentes del sector, ha permitido evolucionar de una forma progresiva hacia este nuevo escenario.

El Congreso de Edificios de Energía Casi Nula se ha consolidado ya como elemento de referencia, y tras las dos ediciones anteriores, en esta edición va a permitir dar un salto cualitativo y profundizar en cuestiones tan relevantes como viabilidad económica y los modelos de negocio, la integración de soluciones constructivas, sistemas y tecnologías, o la forma de alcanzar estos estándares de alta eficiencia energética en la rehabilitación.

Solo resta, felicitar a la organización por el éxito seguro de esta tercera edición del Congreso, agradecer a todos los patrocinadores y colaboradores su apoyo e interés y esperar que cumpla, como en ocasiones anteriores, con todas las expectativas generadas.

Madrid, Junio 2016

**Francisco Javier Martín Ramiro**

Subdirector General de Arquitectura y Edificación  
Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo  
Ministerio Fomento

## MIEMBROS COMITÉ TÉCNICO

El Comité Técnico del III Congreso Edificios Energía Casi Nula ha sido constituido con personalidades de relevancia y representatividad en el sector de la Edificación y la Eficiencia Energética en España. Se ha conformado un grupo heterogéneo y operativo con las siguientes personas:

- **Luis Vega**, Coordinador Unidad de Edificación Sostenible, Subdirección General de Arquitectura y Edificación, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Cristina Colomo**, Jefe de Área de Habitabilidad, Subdirección General de Arquitectura y Edificación, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Eduardo de Santiago**, Consejero Técnico, Subdirección General Urbanismo, Dirección General Arquitectura, Vivienda y Suelo, Ministerio de Fomento
- **Aitor Domínguez**, Técnico de Proyectos, Departamento Doméstico y Edificios, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, Ministerio de Industria, Energía y Turismo
- **Eduardo González**, Subdirector General de Coordinación de Acciones frente al Cambio Climático, Oficina Española de Cambio Climático, OECC, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- **Ramón López**, Jefe Servicio, Oficina Española de Cambio Climático, OECC, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
- **Pilar Pereda**, Asesora Concejalía Desarrollo Sostenible, Ayuntamiento de Madrid
- **Gloria Gómez**, Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, CSCAE
- **Juan Layda**, Consejo General de Colegios de Ingenieros Industriales de España, CGCOII
- **Juan López-Asiain**, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, CGATE
- **Marta Rodríguez**, Secretaria de la Comisión de Urbanismo, Vivienda y Patrimonio Histórico, Federación Española de Municipios y Provincias, FEMP
- **Fernando Aranda**, Coordinación Técnica, Innovación y Eficiencia Energética, INCASOL, Generalitat Cataluña
- **José Antonio Tenorio**, Coordinador Unidad de Calidad, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc
- **Alberto Ortiz de Elgea**, Asociación de Promotores Públicos de Vivienda y Suelo, AVS
- **Florencio Manteca**, Director del Departamento de Energía en la Edificación, Centro Nacional de Energías Renovables, CENER
- **Jaume Salom**, Director del Grupo de Energía Térmica y Edificación, Institut de Recerca en Energia de Catalunya, IREC
- **Miguel Angel García**, Coordinador de Proyectos, División de Energía, Centro Tecnológico CARTIF
- **Benjamín Eceiza**, Secretario, Colegio Profesional Administradores Fincas de Madrid, CAFMadrid
- **César Ruiz-Larrea**, Vocal Junta Gobierno, Colegio Oficial Arquitectos de Madrid, COAM
- **Rafael Úrculo**, Presidente de AEDICI (Asociación Española de Ingenierías e Ingenieros Consultores de Instalaciones)
- **Yago Massó**, Director Técnico y Asistencia Técnica, Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes, ANDIMAT
- **David Martínez**, Vicepresidente, Sociedad Española de Facility Management, IFMA España
- **Dolores Huerta**, Secretaria Técnica, Green Building Council España, GBCe
- **Oscar Martínez**, Director, BREEAM ES
- **Ana González**, Responsable de Recursos Didácticos, Fundación Laboral de la Construcción



- **Joaquín Villar**, Coordinador Comité Eficiencia Energética, Asociación Agencias Españolas de Gestión de la Energía, ENERAGEN
- **Manuel Herrero**, Adjunto a la Dirección General, Asociación Fabricantes de Equipos de Climatización, AFEC
- **Sara Sanz**, Responsable Área Técnica, Confederación Nacional de Asociaciones de Instaladores y Fluidos, CONAIF
- **Pablo Martín**, Director, Asociación Española Fabricantes Fachadas Ligeras y Ventanas, ASEFAVE
- **Begoña Serrano**, Directora, Instituto Valenciano de la Edificación, IVE
- **Alejandro Bosqued**, Secretario, Asociación Sostenibilidad y Arquitectura, ASA
- **Luis Rodulfo**, Director General, Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción, CEPCO
- **Coralía Pino**, Responsable de Sostenibilidad y Eficiencia Energética, Instituto Tecnológico Hotelero, ITH
- **Oscar Querol**, Director, Asociación Española de Domótica e Inmótica, CEDOM
- **Alba Álvarez**, Clúster Manager, Clúster Empresas Domótica, Inmótica y Smart Cities, DOMOTYS
- **Sergio Melgosa**, Presidente, Asociación Española de Termografía, AETIR
- **Ana Etchenique**, Vicepresidenta, Confederación de Consumidores y Usuarios, CECU
- **Georgios Tragopoulos**, Energy Efficiency Officer, WWF España
- **José Luis López**, Coordinador Proyectos, Asociación de Ciencias Ambientales, ACA
- **Stefan Junstrand**, Director General, Grupo Tecma Red
- **Inés Leal**, Directora del III Congreso de Edificios Energía Casi Nula, Grupo Tecma Red

# ÍNDICE

## ESTRATEGIAS PARA FOMENTAR LOS EECN:

<b>DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA</b>	<b>1</b>
<i>Nicolás Bermejo Presa y Alberto Coloma Campal Gómez</i>	
Saint-Gobain ISOVER y HABITAT Saint-Gobain	
<b>EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD: ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE INSTITUCIONES ACADÉMICAS</b>	<b>7</b>
<i>María Angélica Romero Ascanio, Milena Sofía Duran Ramos, José Antonio Delgado Monroy y Jair Díaz Barbosa</i>	
Universidad de Santander	
<b>EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN</b>	<b>13</b>
<i>F José Castilla Asensio y Miguel Fernández Ramos</i>	
Cundall España	
<b>ESTRATEGIA DE CONTROL DE EMISORES DE CALOR DE BAJA TEMPERATURA</b>	<b>19</b>
<i>José Miguel Peña Suárez y María del Carmen González Muriano</i>	
Corporación Empresarial Altra	
<b>INTERNET DE LAS COSAS Y GAMIFICACIÓN APLICADOS A EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS</b>	<b>25</b>
<i>Fernando Terroso Sáenz, Victoria Moreno Cano, Aurora González Vidal, Miguel Angel Zamora-Izquierdo y Antonio F. Skarmeta</i>	
Universidad de Murcia y Odin Solutions	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE CUBIERTAS AJARDINADAS EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>31</b>
<i>Josep Bové</i>	
Knauf Insulation	
<b>BLESIL: RECOGIENDO LAS MEJORES PRÁCTICAS Y SOFTWARES INNOVADORES DE PROYECTOS EUROPEOS PARA FORMAR AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN HACIA LOS EECN</b>	<b>37</b>
<i>José Andrés López Pérez, Eva Sanchís Pelegrín, Ángel Martínez López, Eva Roldán Saso, Robert Gerylo, Michal Piasecki, Dominic Bekierski, Duygu Başoğlu y Gülfem Inaner</i>	
AITIIP, GEEZAR SOLUCIONES, ITB y EKODENGE	
<b>LA NECESIDAD DE UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR EN LA FORMACIÓN DEL SECTOR DE EECN: PROYECTO PROF/TRAC</b>	<b>43</b>
<i>Cristina Jareño Escudero, Leticia Ortega Madrigal, Laura Soto Francés y Carolina Mateo Cecilia</i>	
Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)	
<b>ECOINVOLÚCRATE, LA ESTRATEGIA DE ECUADOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA</b>	<b>49</b>
<i>Marina Pérez Pérez y Luis A. Márquez Pérez</i>	
Universidad de Cuenca-Ecuador y Universidad Autónoma de Yucatán-México	
<b>ESTRATEGIAS PARA CONSTRUIR EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN LA VIVIENDA PÚBLICA DE EUSKADI</b>	<b>55</b>
<i>Juan M. Hidalgo Betanzos, Carlos García-Gáfaró, Cesar Escudero-Revilla, Eider Iribar Iribarren, Jose María Sala Lizarrag, Daniel Pérez González e Imanol Ruiz de Vergara-Ruiz de Azua</i>	
Universidad del País Vasco UPV/EHU y Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco LCCE	
<b>PROYECTO ZEBRA2020: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LOS CERTIFICADOS ENERGÉTICOS Y LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN ESPAÑA</b>	<b>61</b>
<i>José Santos López, Jordi Cipriano y José Manuel Salmerón</i>	
BEE Group-CIMNE y AICIA	
<b>PROYECTO ZEBRA2020: ANÁLISIS DE DATOS DE MERCADO DE LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN ESPAÑA</b>	<b>67</b>
<i>José Santos López y Jordi Cipriano</i>	
BEE Group-CIMNE	
<b>HACIA UN HOSPITAL EECN. "BIOMÍMESIS" PARA CONVERTIR LA NECESIDAD DE CAMBIO, EN UNA OPORTUNIDAD DE MEJORA</b>	<b>73</b>
<i>Paula Gómez Vela y Oscar Jiménez Salvador</i>	
Vela & Salvador Arquitectos	
<b>RED DE PARQUES DE INNOVACIÓN BRE - INFORMANDO AL FUTURO DE NUESTRA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>79</b>
<i>Dr David Kelly, Jordan Grant y Carlos Campos</i>	
BRE-Building Research Establishment y University of Strathclyde UK	
<b>VIABILIDAD ECONÓMICA Y MODELOS DE NEGOCIO:</b>	
<b>EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO EN LA VIVIENDA ITAPEVA F</b>	<b>85</b>
<i>Déborah Hager Lopes de Andrade y Dr. Marcone Susumo Gomazako</i>	
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo	

<b>EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA, ¿CUÁNTO Y POR QUÉ?</b>	<b>91</b>
<i>Celia Zorzano Gonzalo y David Zorzano Gonzalo</i>	
<i>Zorzano Gonzalo Arquitectos</i>	
<b>DISEÑO Y SOLUCIONES ARQUITECTÓNICAS:</b>	
<b>ORONA IDEO: UN CAMPUS DE ENERGÍA CASI NULA. DATOS DE FUNCIONAMIENTO REAL Y VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SOSTENIBILIDAD ADOPTADAS</b>	<b>96</b>
<i>Xabier Barrutieta Basurko</i>	
<i>Xabier Barrutieta arquitectura, urbanismo, ecotecnologías</i>	
<b>FACTORES ARQUITECTÓNICOS Y OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE OFICINAS EN MADRID. HORIZONTE 2020-50 (A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO TOBEEM)</b>	<b>102</b>
<i>Carlos Expósito Mora</i>	
<i>Alia, Arquitectura Energía y Medio Ambiente y Proamas</i>	
<b>CENTRO DE PRODUCTOS DE LA TIERRA EN CEBREROS, CAMINANDO HACIA UN EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA A TRAVÉS DE LA INERCIA TÉRMICA</b>	<b>108</b>
<i>Iban Jaén R. Carrascal y Javier Durán Escribano</i>	
<i>E. R. Elia-Solar</i>	
<b>ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS PUNTOS DE ANCLAJE A FORJADO DE UNA SUBESTRUCTURA DE FACHADA VENTILADA</b>	<b>114</b>
<i>Beñat Arregi Goikolea, Roberto Garay Martinez, Alberto Riverola Lacasta y Daniel Chemisana Villegas</i>	
<i>Tecnalia y Universidad de Lleida</i>	
<b>ESTABLECIMIENTO POSTAL DE CORREOS EN ARGAMASILLA DE ALBA. UN EDIFICIO #EFICIENTE Y #SOSTENIBLE #NZE</b>	<b>120</b>
<i>Borja Sánchez Miranda, Laura Bellido García-Seco, Roberto Portugués Porras, Sonia Sánchez Bermejo, José Ramón Martín Sotillo y Natalia Marcos Lopez</i>	
<i>GesHAB gestión del hábitat y Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos</i>	
<b>ENVOLVENTE DE BAJO ESPESOR CON RESULTADOS DE DEMANDA ENERGÉTICA A</b>	<b>126</b>
<i>Juan José Berbel Rubia y Pablo Aguilar Gil</i>	
<i>Pabloaguilarstudio</i>	
<b>VIVIENDA EXPERIMENTAL DE CONSUMO CASI NULO MEDIANTE DISEÑO PASIVO Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES ADAPTADAS A LOS REQUISITOS ACTUALES</b>	<b>132</b>
<i>Alberto Monreal Aliaga y Elisa Durán Pérez</i>	
<i>Arquitecturas Naturales</i>	
<b>HACIA EL NUEVO MODELO DE EDIFICIOS 0,0 - 92 VIVIENDAS NZEB EN TORREJÓN DE ARDOZ</b>	<b>138</b>
<i>Miguel Díaz Martín, Gorka Álvarez Ugalde y Gabriel Ruiz-Larrea Fernández</i>	
<i>Ruiz-Larrea &amp; Asociados</i>	
<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR, DE 300 M2, CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A, USANDO ARQUITECTURA SOLAR PASIVA Y GEOTERMIA</b>	<b>143</b>
<i>Juan José Tejedor Hernández, Sandra Sánchez Matéos, Gonzalo Tejedor Panchón, José Manuel Rodríguez Márquez y José Antonio Cobos Saiz</i>	
<i>Arquitejedor, GISA e ISSOS</i>	
<b>APORTACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULO EN EL ARCO MEDITERRÁNEO</b>	<b>149</b>
<i>Raquel Torres Marrades</i>	
<b>LOS RETOS DE LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO PARA EL SECTOR INMOBILIARIO</b>	<b>155</b>
<i>Lola Ripollés, Ana Cunha Cribellier, Julien Daclin, Olivier Severini y Andrei Pawlaczyk</i>	
<i>Deerns Group, Deerns France y Deerns Spain</i>	
<b>SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS, SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS INTEGRABLES:</b>	
<b>EL GRAN PREFABRICADO DE INGENIERÍA CIVIL, RENACE PARA CREAR ESPACIOS BIOCLIMÁTICOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ACÚSTICA SIN ELIMINAR ZONAS VERDES</b>	<b>161</b>
<i>José F. Pedraza París, Fernando Sahagún Sanz, Ana Isabel Arguas Pedraza, Gorka Muñoz Isuskiza, Gustavo Pérez Saiz y Tamara Ruiz Alonso</i>	
<i>Bioclimática Modular Concept</i>	
<b>LOS EECN AUNARÁN SOLUCIONES PASIVAS, ACTIVAS Y LA TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL DOMÓTICO</b>	<b>167</b>
<i>Ana Isabel Menéndez Suárez, Ana Pérez Otero, Pablo García Fernández y Pablo Arboleya Arboleya</i>	
<i>EFINCO, Ingenium y Universidad de Oviedo</i>	
<b>WOOL4BUILD UN NUEVO MATERIAL AISLANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADO EN LANA NATURAL</b>	<b>173</b>
<i>Alberto Jiménez Tiberio, Luca Cappelli, Bruno Marco Barrachina, Miriam Martínez Carbonell, Jesús Alba Fernandez, Romina Del Rey Tornos y Federico Cartasegna</i>	
<i>ACR Grupo, INPELSA, AITEX, Universitat Politècnica de Valencia y ENVIRONMENT PARK</i>	

<b>GEOTERMIA CON TUBOS CANADIENSES COMO ALMACENAMIENTO ESTACIONAL DE ENERGÍA EN LOS EECN. COP MÁXIMO A PRINCIPIOS DE PRIMAVERA Y OTOÑO</b>	<b>179</b>
<i>Manuel Sánchez Iturbe y Claudio Javier García Ballano</i>	
IDEYA y USJ	
<b>CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS MEDIANTE TERMOACTIVACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y EN COMBINACIÓN CON GEOTERMIA</b>	<b>185</b>
<i>Iván Castaño Simón e Israel Ortega</i>	
Uponor y Uponor Iberia	
<b>UN MODELO GENERAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA</b>	<b>191</b>
<i>Eneko Iturriaga, Unai Aldasoro, Álvaro Campos-Celador y José M. Sala</i>	
LKS Ingeniería, Basque Center for Applied Mathematics (BCAM) y Universidad del País Vasco (UPV-EHU)	
<b>STRUCTURA, SOLUCIÓN DE FACHADA DE LADRILLO CARA VISTA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO</b>	<b>197</b>
<i>Concepción del Río Vega, Elena Santiago Monedero y Ana Ribas Sangüesa</i>	
Hispalyt y Geohidrol	
<b>INFLUENCIA DE LA INMÓTICA EN LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO DE OFICINAS EN BARCELONA</b>	<b>203</b>
<i>Ignacio de Ros y Jordi Sabaté</i>	
AdRC Ingeniería y CEDOM	
<b>LOS MODELOS DE LAS CERTIFICACIONES SOSTENIBLES Y LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS UTILIZADOS EN BRASIL Y ESPAÑA</b>	<b>209</b>
<i>Éric Frade y Marccone Susumu Gomazako</i>	
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) y Universidad de Barcelona	
<b>IMPORTANCIA DEL DISEÑO HIGROTÉRMICO EN LAS ENVOLVENTES DE ENTRAMADO LIGERO DE MADERA PARA EDIFICIOS NZEB</b>	<b>215</b>
<i>Emma Romero Brey</i>	
FINSA	
<b>LA BÓVEDA TERMOACTIVA Y VENTILACIÓN DE CONFORT EN UNA VIVIENDA DE CONSUMO NULO EN MADRID CAPITAL</b>	<b>221</b>
<i>Juan Postigo Castellanos, Ana Martín Ayala y Santiago Pascual Solà</i>	
POSCON y Siber Ventilación	
<b>EL EDIFICIO MÁS ALTO DE MADERA DE BARCELONA, SOSTENIBLE, SALUDABLE Y EFICIENTE CON CRITERIOS ECCN</b>	<b>227</b>
<i>Pere Linares, Jaime Llamas, Artur García, Juan Ortega y Santiago Pascual</i>	
House Habitat, Zero Consulting y Siber Ventilación	
<b>CONSTRUCCIÓN DE EECN MEDIANTE SISTEMA SEMI-PREFABRICADO DE PANELES AISLANTES DE VIRUTA DE MADERA REICLADA AGLOMERADA. EJEMPLO REAL Y RESULTADOS</b>	<b>232</b>
<i>Roberto Higuero Artigas y Emilio de la Red Belvis</i>	
In.Genium Arquitectura y EcoHaus	
<b>MONTEALISO: REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EDIFICACIÓN RESIDENCIAL</b>	<b>238</b>
<i>Javier Pinilla Costa y Jesús García López</i>	
CP Grupo	
<b>NUEVAS SOLUCIONES DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA FACHADAS CON ARLIBLOCK. THERMOSILENCE F</b>	<b>244</b>
<i>Alberto Rubio Benito y Nicolás Bermejo Presa</i>	
Saint-Gobain WEBER y Saint-Gobain ISOVER	
<b>UN NUEVO MATERIAL DESCONTAMINANTE PARA HORMIGONES Y MORTEROS</b>	<b>249</b>
<i>Isabel Mateos Delso</i>	
LafargeHolcim	
<b>PREIS - PROYECTOS PILOTO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL</b>	<b>255</b>
<i>José Carlos Greciano Merino</i>	
ANERR – ingeniae	
<b>LA INSTALACIÓN ESTANCA DE LAS VENTANAS, UN FACTOR CRÍTICO PARA LOS EDIFICIOS DE EECN</b>	<b>261</b>
<i>Peter Esselens</i>	
Soudal Química	
<b>LA MEMBRANA LÍQUIDA: UNA SOLUCIÓN RÁPIDA Y FÁCIL PARA LA ESTANQUEIDAD EN INTERIOR</b>	<b>267</b>
<i>Peter Esselens</i>	
Soudal Química	
<b>AHORRO ENERGÉTICO Y SIMPLIFICACIÓN DE INSTALACIÓN EN GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (A.C.S.) CENTRALIZADA</b>	<b>273</b>
<i>Jaime Gil Centelles</i>	
Hiplus Aire Acondicionado	

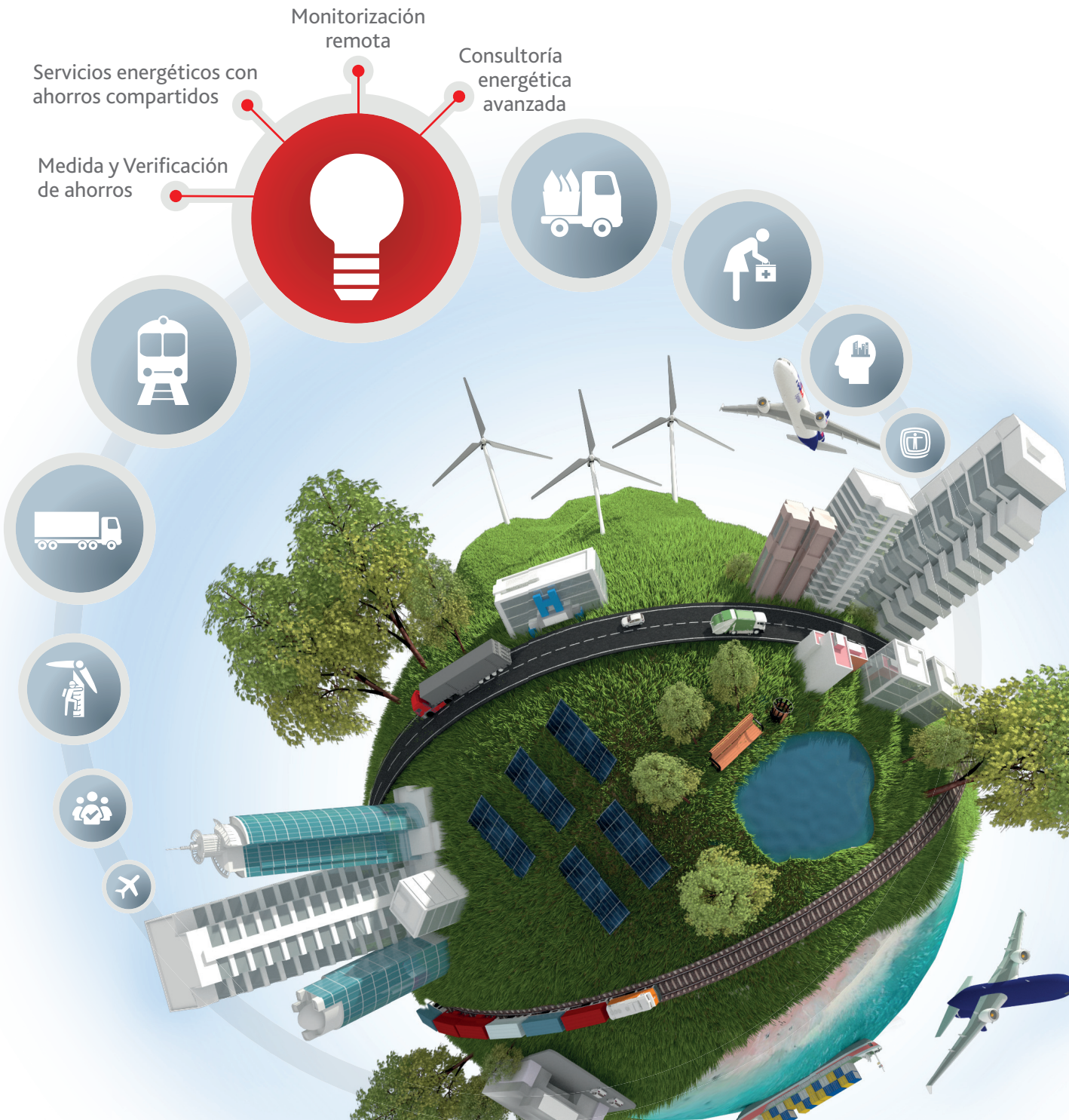
<b>SELLADO DE CARPINTERÍA Y ENCOLADO PARA UN CERRAMIENTO ÓPTIMO DE LA ENVOLVENTE EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, SEGÚN CRITERIOS DE PASSIVHAUS INSTITUT</b>	<b>279</b>
<i>Oscar Jansa y Pere Linares</i>	
Tremco Illbruck y House Habitat	
<b>INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES IN SITU O EN EL ENTORNO DEL EDIFICIO:</b>	
<b>SISTEMA PIONERO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE PARA UN COMPLEJO DE VIVIENDAS</b>	<b>284</b>
<i>Estefanía Hernández Lugones</i>	
Robert Bosch España	
<b>ARQUITECTURA Y RENOVABLES: HACIA EL BALANCE NETO EN EDIFICACIÓN</b>	<b>290</b>
<i>Miguel Ángel Díaz Camacho y Joaquín Martínez Matute</i>	
MADC arquitectos	
<b>PRESENTACIÓN DE ESTUDIO PARA CONSTRUIR UN TALLER DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA POSITIVA EN I.E.S. GRAN VÍA DE ALICANTE</b>	<b>296</b>
<i>Fco. José Serra Otero, José Manuel Escribano, Miguel Ángel Padilla Sáez, Antonio Riquelme, Manuel Abellaneda Larios, Carlos Clemente, Enrique Ceres, Daniel Pomares Oliver y M<sup>a</sup> Ángeles Rubio Sánchez</i>	
Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte/I.E.S. Gran Vía de Alicante	
<b>EL EDIFICIO CINE: HACIA UN ENTORNO DE ENERGÍA CERO</b>	<b>302</b>
<i>Rubén Cereijo González, Fernando Barreiro Ferro y Daniel Blanco Moa</i>	
Norvento	
<b>PANELES SOLARES HÍBRIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN, MÁS ENERGÍA SOLAR CON MENOS SUPERFICIE DE CAPTACIÓN</b>	<b>308</b>
<i>Isabel Guedea, Alejandro del Amo, Montserrat Domínguez y Gonzalo Brun</i>	
EndeF Engineering	
<b>VIVIENDA EECC GUADALIX, VENTILACIÓN DE CONFORT ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR</b>	<b>314</b>
<i>Ander Echevarría, Manuel Daniel Camero Hernanz, Alberto Rodríguez Bravo, Santiago Pascual Solà y Domingo González</i>	
100x100 madera, Solucciona Energía, Siber Ventilación y Saunier Duval	
<b>ESTUDIO DE LA FACHADA VENTILADA FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA INNOVADORA DE INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN PAÍSES DE LA REGIÓN MENA</b>	<b>320</b>
<i>David Martín Jiménez, Elena Rico Rodríguez, Teodosio del Caño González y Juan Luis Lechón</i>	
Onyx Solar Energy	
<b>¿EXCESO DE ENERGÍA PRODUCIDA? APROVECHAMOS PARA CARGAR EL COCHE ELÉCTRICO—PASSIVHAUS “EISENSTRASSE”</b>	<b>326</b>
<i>Francesc Soler y Mertixell Esquius</i>	
Loxone	
<b>BIOMASA CONTENEDORIZADA, SOLUCIÓN DE INTEGRACIÓN DE BIOMASA CUANDO FALTA ESPACIO</b>	<b>332</b>
<i>Josep Vergés Fort</i>	
Grupo Nova Energía	
<b>PROYECTOS EECN EN REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS:</b>	
<b>LA REGENERACIÓN URBANA: ADECUACIÓN DE EDIFICIOS, MEJORA TÉRMICA Y ENTORNO</b>	<b>337</b>
<i>Ana Isabel Menéndez Suárez</i>	
EFINCO	
<b>REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL CENTRO CÍVICO DE CAN PORTABELLA DE BALANCE ENERGÉTICO NETO</b>	<b>343</b>
<i>Josep Bunyesc Palacín</i>	
Josep Bunyesc	
<b>CASO TECTUM: PRIMERA AEROTERMIA EN BLOQUE DE VIVIENDAS EN ASTURIAS</b>	<b>348</b>
<i>Aser Moris Rodríguez</i>	
Moris Arroes	
<b>REHABILITACIÓN DE EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS MUNICIPALES CON CRITERIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO</b>	<b>354</b>
<i>Gil Lladó Morales, Ana Romero Calix, Julia Hereza Atienza, Micheel Wassouf y Berta Pujol</i>	
Àrea Metropolitana de Barcelona y Energiehaus	
<b>CASO TECTUM 2.0: PRIMER BLOQUE DE VIVIENDAS REHABILITADO EN ASTURIAS CLASE A CON BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA PARA CALEFACCIÓN Y ACS</b>	<b>360</b>
<i>Aser Moris Rodríguez</i>	
Moris Arroes	
<b>REPUBLIC_ZEB: REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS PÚBLICOS EN BASE A CRITERIOS NZEB Y NIVELES COSTE-ÓPTIMOS</b>	<b>366</b>
<i>Joana Ortiz y Jaume Salom</i>	
Instituto de Investigación en Energía de Cataluña	

<b>REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE CENTROS ESCOLARES. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EDIFICIOS REHABILITADOS DE CONSUMO CASI NULO EN ZONAS CLIMÁTICAS C1, C2 Y D1</b>	<b>372</b>
<i>José Manuel Castro Vázquez</i>	
Escuela de Arquitectura de la Universidad Camilo José Cela y Universidad de A Coruña	
<b>REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN CENTROS DEPORTIVOS. PROYECTO EUROPEO STEP-2-SPORT</b>	<b>378</b>
<i>Marc Torrentellé Soler y Marta Escamilla Monell</i>	
Centro Tecnológico LEITAT	
<b>REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE DOS VIVIENDAS EN LEÓN</b>	<b>384</b>
<i>Horacio Díez Domínguez</i>	
<b>REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL BARRIO RESIDENCIAL FASA- RENAULT CON CRITERIOS DE DISTRITO DE ENERGÍA CASI NULA DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO FARO REMOURBAN</b>	<b>390</b>
<i>Cristina de Torre Minguela, Ignacio González Pérez, Alfonso Gordaliza Pastor, Miguel Á. García-Fuentes y Diego Romera Pascual</i>	
Fundación CARTIF, ACCIONA Infraestructuras y VEOLIA Servicios LECAM	
<b>METODOLOGÍA DE COSTE ÓPTIMO APLICADA A LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS EN MADRID</b>	<b>396</b>
<i>María Fernández Boneta y Luis Marquez Barrero</i>	
CENER – Centro Nacional de Energías Renovables y Garrigues Asociados	
<b>SÍ ES POSIBLE LA VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR EN LA REHABILITACIÓN - REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE BLOQUE DE VIVIENDAS EN ZARAMAGA</b>	<b>402</b>
<i>Ramón Ruiz-Cuevas, Santiago Pascual Solà e Iván Agudiez Andrés</i>	
Luzyespacio arquitectura y energía y Siber Ventilación	
<b>CÓMO EDUCAR Y CONCIENCIAR EN EFICIENCIA ENERGÉTICA: REHABILITACIÓN CON CRITERIOS DE EECN PARA UN CENTRO EDUCATIVO</b>	<b>408</b>
<i>Marta Epelde, Alex Orena y Auritze Etxezarreta</i>	
Kursaal Rehabilitaciones Integrales y Centro Integrado de Formación Profesional Don Bosco	
<b>LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE LOS AÑOS 70, PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE FACHADAS DE LADRILLO</b>	<b>413</b>
<i>Soledad Camino y Gonzalo Martín</i>	
Universidad de Valladolid	
<b>ENERPHIT Y PASSIVHAUS EN DOS CASAS RURALES PARA ESTANCIAS TEMPORALES EN IBERO, NAVARRA</b>	<b>419</b>
<i>Iñaki Archanco Mancho, Raúl Bellosó Luqui y Pablo Díaz Torquemada</i>	
BOA arquitectos	
<b>INFLUENCIA DE LOS PUENTES TÉRMICOS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS. CASO PRÁCTICO: PROPUESTAS PARA REHABILITACIÓN DE EDIFICIO RESIDENCIAL</b>	<b>425</b>
<i>Mercedes Sánchez Mateos</i>	
<b>REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS. CÓMO PASAR DE CLASE E A CLASE A</b>	<b>431</b>
<i>Penélope González de la Peña</i>	
URSA Ibérica Aislantes	
<b>DREEM PROJECT: METODOLOGÍAS ESTANDARIZADAS PARA LA REHABILITACIÓN CON CRITERIOS EECN DE EDIFICIOS RESIDENCIALES</b>	<b>437</b>
<i>Ángel Luis Teso Alonso</i>	
Everis Ingeniería (Exeleria)	
<b>PLANIFICACIÓN Y REGENERACIÓN URBANA:</b>	
<b>OPTEEMAL: UNA HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS URBANAS HACIA DISTRITOS DE ENERGÍA CASI NULA</b>	<b>443</b>
<i>Miguel Á. García-Fuentes, Gema Hernández, Víctor Iván Serna y Julia M<sup>a</sup> Vicente</i>	
Fundación CARTIF	
<b>METODOLOGÍA PARA LA REDACCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE E INTEGRADO (EDUSI)</b>	<b>449</b>
<i>Enrique Mínguez Martínez, María Vera Moure y Diego Meseguer García</i>	
Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), Universidad de Alicante (UA) y Enrique Mínguez Arquitectos	
<b>USO, GESTIÓN Y MANTENIMIENTO:</b>	
<b>NUEVO CONCEPTO DE MANTENIMIENTO EN LOS EECN RESIDENCIALES, LA GARANTÍA DEL ÉXITO</b>	<b>455</b>
<i>Fernando Aranda Moreno</i>	
Institut Català del Sòl - Generalitat de Catalunya	

<b>PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y MANTENIMIENTO DE 12 EDIFICIOS RESIDENCIALES REHABILITADOS. MEJORA DE LA EFICIENCIA EN 576 VIVIENDAS</b>	<b>461</b>
<i>Isabel Martín Sanz, Iñigo Urrea Mardaraz, Javier Martín Sanz, Francisco Javier Rodríguez, Félix Larrinaga Barrenechea, Susana María Gutiérrez Caballero, Carol Pascual Ortiz, Imanol Aguirre, Ali Vasallo Belver y Andoni Díaz de Mendibil</i>	
3IA Ingeniería acústica, Tecnalía Research & Innovation, LKS Ingeniería, Mondragon Unibertsitatea y Fundación CARTIF	
<b>MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN A TRAVÉS DE LA MONITORIZACIÓN Y AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. PROYECTO ME3A</b>	<b>467</b>
<i>Lorena Druet y Diego Fernandez</i>	
Fundación HABITEC	
<b>CIEMDATALAB-PROYECTO DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO</b>	<b>473</b>
<i>Francesco Oliva, Octavio Cabello Villalobos, David de Torres y Daniel Sarasa Fuenes</i>	
Zeroaplus, Energy-minus y Ayuntamiento Zaragoza	
<b>ESTRATEGIAS DE OCUPACIÓN, OPERACIÓN Y GESTIÓN DE ENERGÍA CASI NULA PARA EL EDIFICIO DE RECTORADO UNSJ, SAN JUAN, ARGENTINA</b>	<b>479</b>
<i>Bruno Arballo, Ernesto Kuchen, Alción Frank y Yesica Alamino</i>	
Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa)	

# TU SOCIO EN SERVICIOS ENERGÉTICOS

Comprometidos con la optimización de los recursos  
y la eficiencia operacional de nuestros clientes





## PROYECTOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO CON SISTEMAS KÖMMERLING

Desde KÖMMERLING avanzamos hacia nuevos modelos de construcción sostenible. Entra en [www.ctarquitectura.es](http://www.ctarquitectura.es) e inspírate con algunos de los proyectos de KÖMMERLING con Consumo de Energía Casi Nulo.

Proyecto de Talía Dombriz y Daniel Diedrich. DMDV ARQUITECTOS.

Realizado con el sistema de carpinterías KÖMMERLING 76 (valor  $U_w = 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

### ¿CONOCES YA EL SERVICIO DE PRESCRIPCIÓN DE KÖMMERLING?

Biblioteca en BIM, cálculos mecánicos, térmicos y acústicos, soluciones constructivas a medida para proyectos EECN... Cuéntanos tu proyecto y deja que te asesoren nuestros técnicos:  
[www.ctarquitectura.es/proyectos](http://www.ctarquitectura.es/proyectos)

**DMDVA**  
ARQUITECTOS

### ¿ES POSIBLE UN EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA NULO?

En KÖMMERLING estamos convencidos de ello y aportamos nuestro granito de arena desarrollando soluciones aptas para este tipo de proyectos.

Infórmate de nuestra ventana de alta eficiencia con el SISTEMA KÖMMERLING 76 con un valor  $U_w$  de hasta  $0,88 \text{ W/m}^2\text{K}$ .\*

\*Vidrio con valor  $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



**KÖMMERLING®**  
Sistemas de ventanas

PATROCINADOR ORO DEL

 **III Congreso EECN**  
Edificios Energía Casi Nula  
Madrid, 21-22 Junio 2016

# Innovación y eficiencia energética para construir un Hábitat Sostenible

www.habitatsaint-gobain.es

calidad del aire

confort térmico

confort visual

confort acústico

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN  
La referencia en el aislamiento sostenible

**GLASSOLUTIONS**  
SAINT-GOBAIN  
Soluciones en vidrio

**Placo**  
SAINT-GOBAIN  
Soluciones innovadoras en yeso

**CLIMALIT PLUS**  
Aislamiento Térmico reforzado para las ventanas

**weber**  
SAINT-GOBAIN  
Morteros industriales y áridos ligeros de arcilla expandida para la Edificación Sostenible



El concepto Multi-Confort de Saint-Gobain apuesta por un uso eficiente de la energía en la edificación garantizando al mismo tiempo el máximo confort



Declaración Ambiental de Producto Certificada (Environmental Product Declaration)



Saint-Gobain Patrocinador oficial





# III Congreso EECN

## Edificios Energía Casi Nula

Madrid, 21-22 Junio 2016

ORGANIZA:



COMUNICA:



PATROCINIO ORO:



PATROCINIO PLATA:



PATROCINIO BRONCE:



APOYO INSTITUCIONAL:



COLABORADORES:



# DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

**Nicolás Bermejo Presa**, Responsable Departamento Prescripción, Saint-Gobain ISOVER  
**Alberto Coloma Campal**, Director proyecto, HABITAT Saint-Gobain

**Resumen:** La necesaria certificación energética de edificios, puede representar una excelente oportunidad para su transformación en EECN. La implementación de medidas pasivas durante los procesos de Rehabilitación conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios. En esta comunicación analizamos como pueden ser integradas las medidas pasivas de última generación en el procedimiento de calificación energética, para transformar un edificio a través de su rehabilitación en un EECN. Durante la exposición de esta comunicación, se realizarán simulaciones en tiempo real utilizando un complemento que se integra dentro del procedimiento para la calificación energética de edificios Ce3x y con el que transformaremos diferentes edificios en EECN.

**Palabras clave:** Certificación Energética de Edificios, Eficiencia Energética, Aislamiento, Sistema SATE, Fachada Ventilada, Trasdosado, Insuflado, Arquitectura, Materiales, Rehabilitación

## INTRODUCCIÓN: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

En un contexto internacional de crisis económica, en el que la energía sigue aumentando su coste y en el que no se ha resuelto el problema medioambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero, unido a unos consumos de energía en el sector residencial insostenibles, se publica la directiva europea 2010/31/UE, de Eficiencia energética en edificios, según la cual todos los estados miembros deberán de tomar medidas encaminadas para que a partir de 2020 los edificios de nueva planta tengan un consumo de energía casi nulo.

No debemos de olvidar de igual manera, la necesidad de la aplicación de los anteriores conceptos a la rehabilitación de edificios existentes y cuya anterior Directiva insta a los estados miembros a establecer un procedimiento que permita certificar la eficiencia energética de los edificios, velando por el derecho a información a los ciudadanos.

El Real Decreto 235/2013 de 5 de Abril por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética. De esta forma, valorando y comparando la eficiencia energética de los edificios, se favorecerá la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

Se establece el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en su consumo energético, así como las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los edificios.

Actualmente, el proceso de calificación energética de edificios, se lleva a cabo mediante alguno de los programas reconocidos.

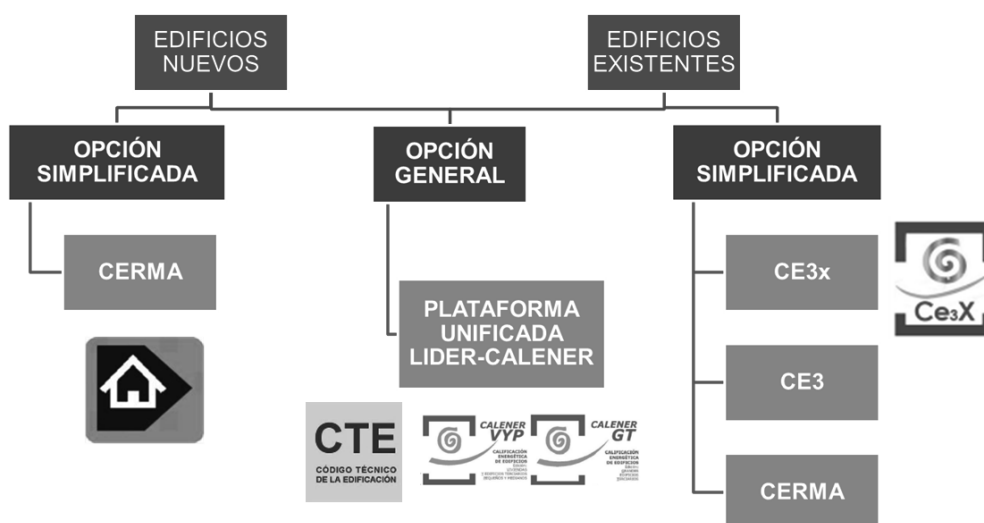


Figura 1. Procedimientos certificación energética de edificios

La necesaria certificación energética de edificios según el procedimiento anterior, puede representar una excelente oportunidad para su transformación en EECN. La implementación de medidas pasivas durante los procesos de Rehabilitación conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios.

## REHABILITACIÓN: INTEGRACIÓN DEL INFORME DE MEDIDAS DE MEJORA EN EL INFORME DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Para los edificios existentes, el Real decreto establece en su artículo 6 la necesidad de integrar en el informe de certificación energética del edificio, un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este. Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética abordarán:

1. Las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio, y
2. Las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio.

Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética serán técnicamente viables y podrán incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.

Contendrá información dirigida al propietario o arrendatario sobre dónde obtener información más detallada, incluida información sobre la relación coste-eficacia de las recomendaciones formuladas en el certificado. La evaluación de esa relación se efectuará sobre la base de una serie de criterios estándares, tales como la evaluación del ahorro energético, los precios subyacentes de la energía y una previsión de costes preliminar. Por otro lado, informará de las actuaciones que se hayan de emprender para llevar a la práctica las recomendaciones.

Se analizarán las principales medidas de mejora existentes y como éstas se pueden integrar dentro del informe de la calificación energética de edificios en CE3x, analizando como cada una de ellas puede afectar a la mejora de la calificación energética del edificio.

Es factible, durante la definición de medidas de mejora, proponer actuaciones que nos acerquen al concepto de edificio de energía casi nulo teniendo en cuenta las mejores tecnologías técnica y

económicamente viables. Es obvio, que la demanda energética del edificio mejorado dependerá de ciertas condiciones de contorno del edificio existente como la orientación, compacidad, etc., pero existe un campo de actuación en términos de medidas pasivas que con un análisis en este preciso momento de definición de medidas, pueden conducir al acercamiento del concepto de edificio de energía casi nulo, integrando dicho concepto en el propio proceso de definición de conjuntos de medidas de mejora correspondiente a la certificación energética de edificios.

Además, del contenido mínimo exigible por la legislación de referencia, es necesario que junto con el informe de medidas de mejora, integremos información complementaria más “visual”, con el objetivo de que el usuario final pueda ser capaz de interpretar de una forma mucho más activa el contenido del mismo y sus ventajas.

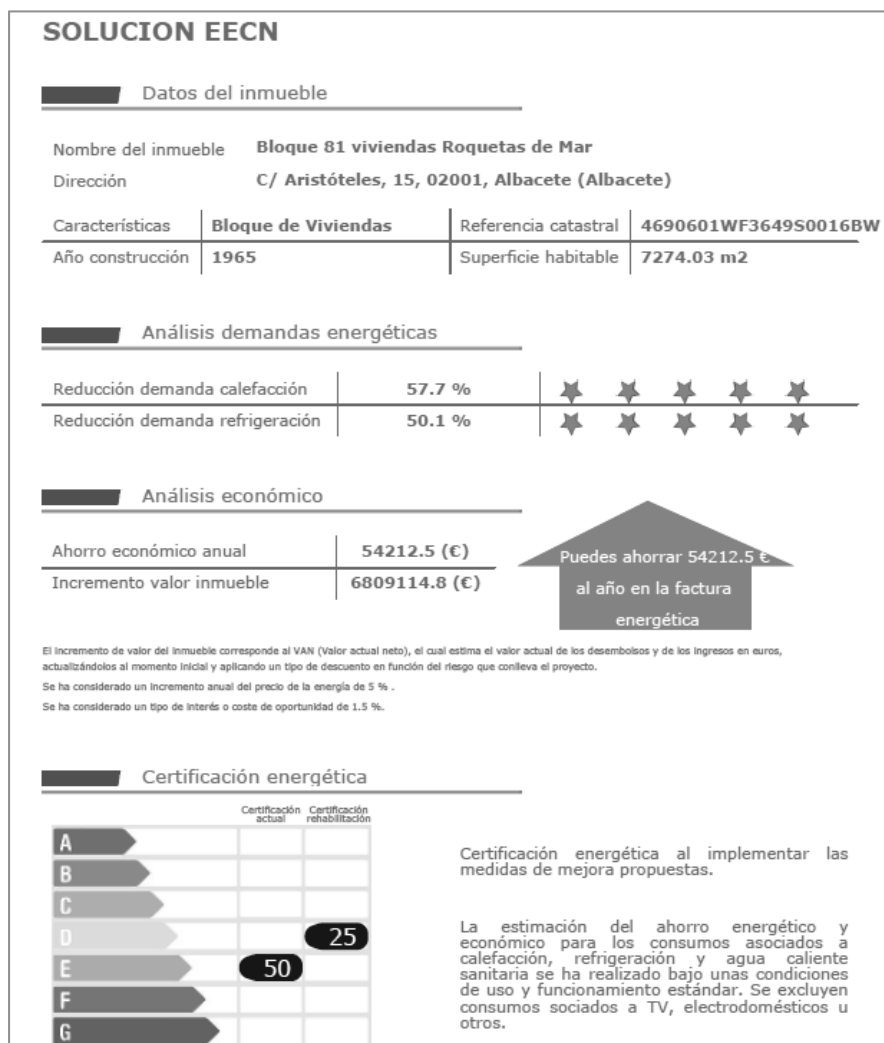


Figura 2. Informe adicional con información complementaria

## DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE MEJORA EN LA ENVOLVENTE

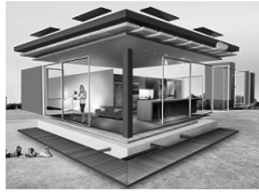
Se analizarán las principales soluciones pasivas que permiten disminuir la demanda energética del edificio y mejorar su calificación energética. Para ello, se realizará la modelización en tiempo real de distintos casos prácticos a través de un revolucionario complemento que ha sido desarrollado específicamente para la definición de medidas de mejora de forma automatizada siguiendo los siguientes pasos:

## Definir la parte o partes de la envolvente sobre la cual se van a definir las medidas de mejora

Definición del elemento del edificio a mejorar

Cubiertas

Muros exteriores



Huecos

Suelos

Solución Premium

Figura 3. Partes de la envolvente opaca de actuación

## Seleccionar la solución constructiva a integrar (parte opaca)

SOLUCIONES PARA LA ENVOLVENTE EECN		
AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR	
	TRASDOSADOS	SATE/ETICS FACHADA VENTILADA

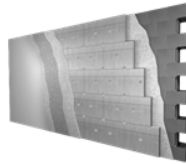
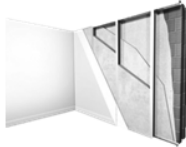


Figura 4. Principales Sistemas de aislamiento parte opaca de la envolvente

En el caso de que exista cámara de aire podemos optar por un sistema de insuflado y sin olvidar las técnicas para el aislamiento de cubiertas.

AISLAMIENTO DE CUBIERTAS	
AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR

HABITABLE

NO HABITABLE



Figura 5. Principales sistemas de actuación sobre cubierta

## Seleccionar las medidas de mejora de la parte acristalada

Ⓞ Características del hueco similares para todas las orientaciones

Aspecto del vidrio:

Vidrio:

Marco:

Estanqueidad:

Uvid:

g:

Uvent:

SGG CLIMALIT PLUS con SGG COOL-LITE SKN 165 II  
 SGG CLIMALIT PLUS con SGG COOL-LITE SKN 174 II

Figura 6. Selección del tipo de vidrio

## Análisis e interpretación de resultados. Informe final

Es muy importante, disponer de una modelización energética previa al proceso de Rehabilitación, en la cual, mediante la comparación con el escenario base, se le indique al propietario las mejoras tanto en demandas, consumos, emisiones de CO2 y calificación energética del edificio tras el proceso de implementación de las mejoras.

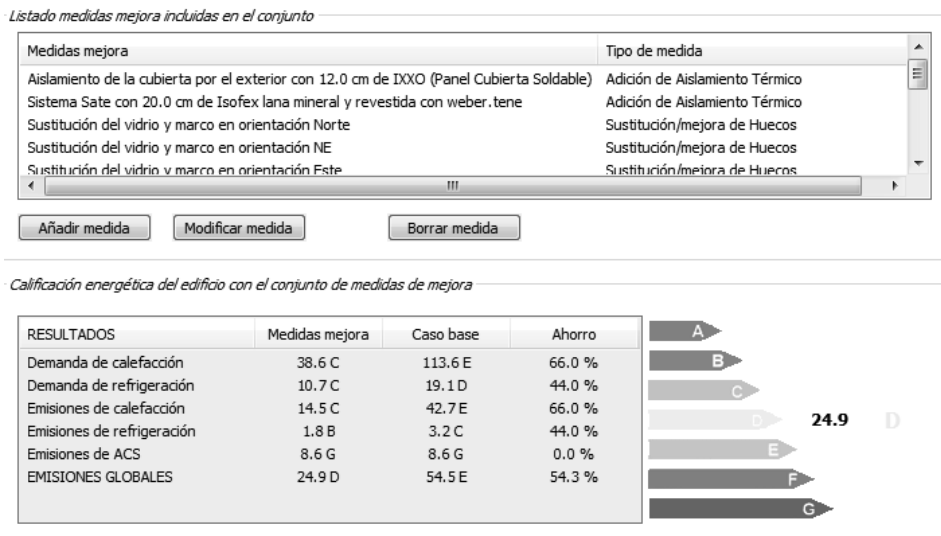
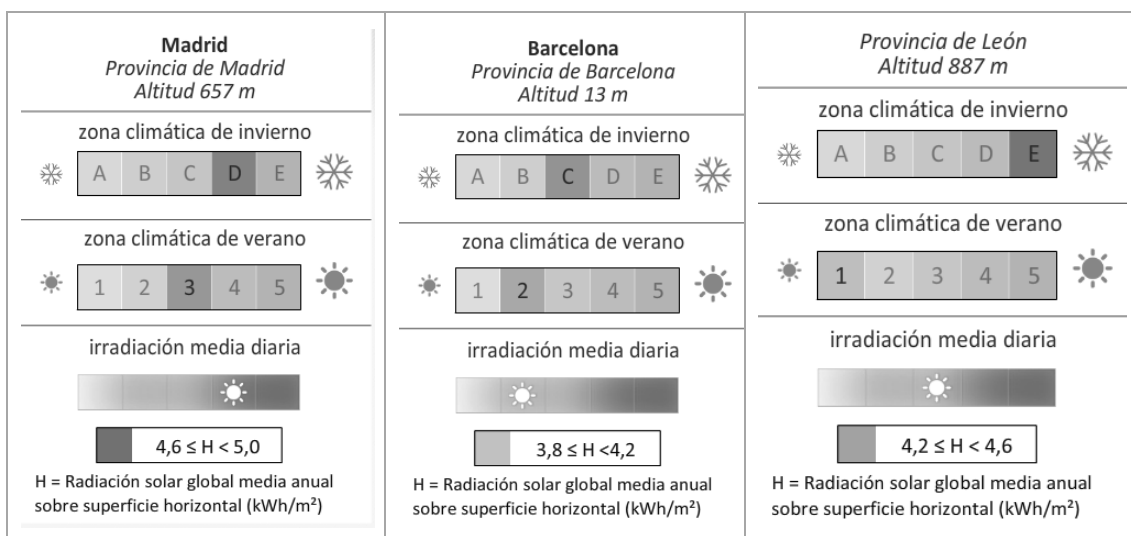


Figura 7. Resumen indicadores calificación energética de edificios

## CASO PRÁCTICO

Partiendo de un caso base, se analiza el comportamiento energético del edificio y su calificación para un edificio de un bloque de viviendas que fue construido en el año 1965 donde, se realizarán simulaciones para las ciudades de Madrid, Barcelona y León.





	BARCELONA (C2)		MADRID (D3)		LEÓN (E1)	
	Edificio de partida	Edificio mejorado SATE	Edificio de partida	Edificio mejorado SATE	Edificio de partida	Edificio mejorado SATE
Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	77.6	28.2	107.8	42.7	136.9	58.6
	63.6% de mejora		60.4% de mejora		57% de mejora	
Emisiones de calefacción (KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	29.2	10.6	40.5	16	51.5	22.1
	63.6		60.4		57	
Calificación edificio mejorado SATE	20.0		26.9		31.0	

PERDIDAS ENERGÉTICAS EDIFICIO DE MADRID (EDIFICIO DE PARTIDA)

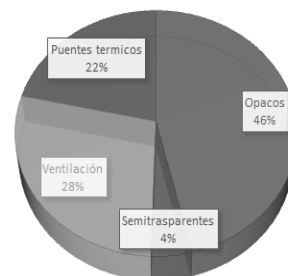


Figura 8. Resultados modelización energética antes y después de la actuación

## CONCLUSIONES

La ambiciosa apuesta europea en favor de los EECN tendrá efectos prácticos muy reducidos si los requisitos que se impondrán próximamente a los edificios de nueva planta no se ven acompañadas por estrategias de rehabilitación a gran escala del parque ya construido con criterios energéticos no menos exigentes. Por ello, la certificación energética representa una oportunidad única para promover rehabilitaciones ambiciosas en materia de energía, que debemos aprovechar bien y a la primera, puesto que si ya es complicado poner en marcha un proceso de mejora de un edificio se nos antoja imposible promover uno posterior para llevar la eficiencia energética a los niveles a los que no se quiso o supo llevar en esa primera ocasión.

## REFERENCIAS

- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios
- Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios. Ministerio de Fomento. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

# EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD: ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE INSTITUCIONES ACADÉMICAS

**María Angélica Romero Ascanio**, Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad de Santander  
**Milena Sofía Duran Ramos**, Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad de Santander  
**José Antonio Delgado Monroy**, Decano Facultad de Ingenierías, Universidad de Santander  
**Jair Díaz Barbosa**, Coordinador de Investigación de la Maestría de Sistemas Energéticos Avanzados,  
Universidad de Santander

**Resumen:** Este trabajo presenta una metodología para determinar la eficiencia energética, orientada al análisis en edificaciones de instituciones académicas. Son presentados los métodos y procedimientos necesarios para realizar la certificación energética de un edificio, definiendo los indicadores para establecer el equilibrio entre las dimensiones de sustentabilidad (económico, social y ambiental) pertenecientes a procesos de certificación, siguiendo los lineamientos de la International Organization for Standardization - ISO, simulando los procesos energéticos en un lenguaje computacional, proporcionando un diagnóstico actual del edificio y desarrollando una matriz de evaluación sustentable actualizada. El estudio de caso muestra una forma eficaz, flexible y práctica para proponer estrategias de mejoramiento continuo energético.

**Palabras clave:** Eficiencia, Energía, Edificaciones, Instituciones Académicas, Certificación, Sustentabilidad

## INTRODUCCIÓN

El panorama económico ha mostrado una tendencia al crecimiento constante en cuanto a la demanda de energía durante las últimas décadas. En la actualidad, la crisis mundial económica y financiera está produciendo la primera caída en el consumo de la energía global a partir de 1981. Este efecto podría ser visto como un impacto positivo para el escenario energético futuro. La IEA (International Energy Agency, 2015) registra que la inversión en energía ha mostrado una tendencia a disminuir durante este periodo, desacelerando el desarrollo de nuevos recursos y tecnologías eficientes, esta disminución es aún más relevante para la generación de energía renovable. Sin embargo, la crisis económica y financiera amenaza las consecuencias de los objetivos de mediano plazo en el consumo de energía y reducción de emisiones contaminantes para el planeta (International Energy Agency, 2015).

La fluctuación económica es una situación temporal y los signos del cambio en energía se han multiplicado en los últimos 12 meses desde el último informe de World Energy Outlook - WEO. Considerando que el precio del petróleo decae fuertemente a nivel mundial en comparación con los demás combustibles. En algunos países se aprovecha esta situación, fundamentando la eliminación gradual de los subsidios de combustibles fósiles. El papel de China a nivel global en el desarrollo energético y en su rol de impulsar las energías renovables, aporta casi la mitad de la nueva capacidad de generación eléctrica del mundo en el año 2014. Determinando que la regulación obligatoria en eficiencia energética en todo el mundo se expandió a un cuarto del consumo total mundial. Según el informe entregado por (United Nations, 2015) es notable definir cambios transitorios o cíclicos para convertir el sistema energético de manera sustentable, definiendo escenarios para el año 2040 de múltiples estudios en el camino, proporcionando información detallada sobre todas estas cuestiones relacionadas con el desarrollo sustentable y eficiencia energética.

Dada la importancia de las principales fuentes de energías se han ido incorporando el concepto de eficiencia energética, con el propósito de optimizar el desarrollo productivo y mitigar los impactos ambientales, involucrando el proceso de sustentabilidad de las edificaciones, siendo esta eficiencia, una forma de administrar y lograr limitar el crecimiento de consumo (Marc, 2012). Actualmente, existe sistemas de evaluación de edificios utilizadas en más de 156 países, (World Green Building Council, 2014) es principalmente una organización dedicada a la certificación de proyectos de construcción sostenible.

Para el año 2013 más de cien mil edificios en el mundo fueron evaluados, mostrando una mejoría significativa en el pilar social y ambiental.

Cualquier decisión sobre los costos en términos de eficiencia energética, se basa en un compromiso y un aporte entre el costo y la futura reducción de los gastos de la energía aumentando la eficiencia. Cuanto mayor sea el precio de la energía, más atractivas y lucrativas serán las soluciones. No obstante es claro que el aporte social y tecnológico es bastante beneficioso (Consejo Mundial de la Energía, 2014).

## PROYECTO

Las edificaciones presentan oportunidades significativas de economía de energía y reducción de costos a través de un gerenciamiento de la instalación, adopción de equipamientos tecnológicamente avanzados y eficientes, alteraciones de alguna característica arquitectónica, técnicas de proyecto de construcción, de los hábitos y rutinas en la edificación (Waas, et. al, 2014). La identificación del consumo de energía de una edificación y la representación de las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas. Son variables necesarias para controlar y optimizar el uso de la energía, aplicando métodos de evaluación de edificaciones que permiten no únicamente conocer el nivel de sustentabilidad sino establecer estrategias para economizar energía, agua y materiales.

El uso eficiente de la energía no significa solo una reducción en las pérdidas, sino también la mitigación en los impactos ambientales. Sin embargo, la eficiencia energética muchas veces está ligada a la mejora de la calidad del ambiente de trabajo y del proceso productivo (Berleze, 2013). En el caso del sector residencial, no existe todavía un procedimiento establecido para evaluar las interrelaciones en las dimensiones de sustentabilidad presentes en un proyecto.

Siguiendo los lineamientos de las normas ISO, siendo estas las que contribuyen positivamente al mundo en el que vivimos, facilitan el comercio, difunden el conocimiento, promueven los avances innovadores en tecnología y comparten las buenas prácticas de gestión de evaluación de la conformidad. Para nuestro estudio de caso enfocamos esfuerzos en la norma ISO 50001 que sigue el proceso Planificar-Hacer-Verificar-Actuar de mejora continua del sistema de gestión de la energía (ICONTEC INTERNACIONAL, 2011).

la Universidad de Santander – UDES, ubicada en el departamento de Santander, Colombia, es ahora la segunda más sostenible y verde de Colombia, según el más reciente ranking (UI Green Metric , 2015), presentado, anualmente, por la Universidad de Indonesia, ocupando el puesto 178.



*Figura 1. Universidad de Santander - UDES, Colombia*

Esta institución se caracteriza por tomar conciencia de su entorno y de su propio impacto al medio ambiente. Con esta investigación se busca trabajar en pro al objetivo que esta quiere alcanzar, utilizando Indicadores técnicos considerados en procesos de certificación estandarizados y modelos computacionales para la estimación de eficiencia energética. Teniendo en cuenta esta iniciativa se quiere aportar un estudio y diagnóstico avanzado sobre el uso eficiente de la energía en las edificaciones académicas, dicho estudio se realizara en el edificio MUISCA perteneciente a la facultad de Ingeniería Civil

e Ingeniería Ambiental, con el propósito de reducir el consumo de energía y el impacto que este produce, contribuyendo a impulsar el desarrollo social, ambiental y económico mediante la optimización de la eficiencia energética en los puntos de consumo de la UDES.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Entre mayor sea el desarrollo y avance tecnológico en la sociedad, mayor energía se consume, por esta razón se inician planes de acción a nivel internacional para satisfacer las necesidades de esta demanda. España ha sido uno de los principales pioneros en reaccionar inmediatamente con una estrategia de ahorro y de eficiencia energética, propuesta por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) siendo este un organismo adscrito al Ministerio de Industria, Energía y Turismo, a través de la Secretaria de Estado de Energía, a quien depende orgánicamente.

## CE3X

El Ministerio de Energía de España, lanzo una nueva versión de las herramientas informáticas CE3 y CE3X para el mes de agosto del año anterior, estos programas son la base del procedimiento para la certificación energética, obteniendo una etiqueta automáticamente incluida en el documento de certificación, indicando la calificación asignada al edificio en diferentes escalas, va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). La herramienta incorpora un conjunto de medidas en los procesos de eficiencia energética, realizando también un análisis económico basado en ahorros energéticos estimados, siendo los valores de consumo los datos de entrada (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012).

## Desarrollo Sustentable

La interrelación de los objetivos sociales, ambientales y económicos, no se alteran substancialmente en los veinte años que separan las conferencias de Estocolmo y la cumbre de Rio. Permanecen validas en las recomendaciones de objetivos para ocho de sus dimensiones: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, económica, política nacional e internacional. En cuanto las dimensiones económicas, sociales y ambientales, los objetivos de sustentabilidad fueron el trípode: preservación del potencial de la naturaleza para la producción de recursos renovables; limitación de uso de recursos no renovables; respeto y representa la capacidad de auto recuperación de los ecosistemas naturales. La figura 1, representa un esquema del concepto de sustentabilidad relacionando las tres dimensiones.



Figura 2. Trípode de Sustentabilidad. Fuente: Silva, 2000

Una evaluación de sustentabilidad debe considerar simultáneamente variables en las dimensiones ambiental, económica y social, que eventualmente dificulta sintetizar las informaciones en un único índice, como es el caso del Índice de Desarrollo Humano - IDH (VIEGA, 2010).

## METODOLOGÍA

El procedimiento de certificación energética CE3X inicia con la recolección de los datos significativos del edificio a evaluar, entre estos se define los datos generales y administrativos del edificio. El programa se fundamenta en la comparación del edificio y una base de datos para cada una de las ciudades representativas de las zonas climáticas, esta base de datos es lo suficientemente amplia para cubrir cualquier caso del parque edificatorio español. Como el edificio del caso de estudio se encuentra ubicado en Bucaramanga, Colombia, se hace necesario analizar los datos arrojados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) identificando la elevación por medio de la latitud y longitud (7°06'23.54" N - 73°05'41.66" O). Con esta información se seleccionó la ciudad de Burgos, siendo esta la ciudad con mayor similitud a la ubicación donde se encuentra el edificio a evaluar. Siguiendo los parámetros establecidos, determinando la envolvente térmica, las instalaciones de refrigeración, calefacción e iluminación, se obtiene el resultado final que corresponde a la calificación energética del edificio.

La calificación energética obtenida anteriormente es el insumo primordial para lograr definir los parámetros iniciales de la matriz de sustentabilidad y sus indicadores, basados en los datos de consumo de agua y energía. La elaboración de esta se determinó, estableciendo un modelo sistémico del edificio analizado, definiendo los criterios de selección y el peso de los mismos. Las dimensiones de sostenibilidad establecidas fueron; económicas, sociales y ambientales, los cuales representan una significativa interrelación. La dimensión social contempla criterios para evaluar el confort higrotermico, acústico, visual, olfativo y la calidad sanitaria del agua. Este pilar estima la temperatura, la humedad, la ventilación natural de los espacios, la calidad del sonido, la relaciones entre los usuarios y el control de la higiene del agua. También pretende evitar los deslumbramientos, los contaminantes del aire, los problemas de salud y la disminución de la productividad para así mejorar la calidad y el bienestar del ambiente interior del edificio.

El pilar económico cuenta con un indicador que mide los productos integrados, sistemas y procesos de construcción, el cual considera todas las instalaciones de mantenimiento de la calidad y el rendimiento técnico en uso, con criterios económicos y arquitectónicos de carácter social, teniendo como objetivo principal lograr la reducción de los costos operacionales, la durabilidad y eficiencia de las inversiones.

La extensión ambiental emplea indicadores como; construcción de la relación con su entorno, obra de construcción de bajo impacto ambiental, administración de energía, gestión del agua, uso de la gestión de residuos y operación del edificio, mantenimiento y permanencia del desempeño ambiental, calidad sanitaria del medio ambiente y calidad del aire. Los cuales buscan en general evaluar el impacto ambiental, identificando las fuentes de contaminación externas e internas con la intención de limitar las alteraciones emitidas por los residuos radioactivos y contaminantes del aire. Además pretende acotar el consumo de energía y manejar el suministro de aguas pluviales y residuales definiendo los procesos alternativos de gestión de consumo durante la construcción e implementación del sistema de gestión. En general la matriz de sostenibilidad debe basarse en los lineamientos de la ISO 50001 de (ICONTEC INTERNACIONAL, 2011), siguiendo el alcance y los límites de un sistema de gestión de energía (SGEn).

En este sentido los indicadores son importantes herramientas de evaluación, ya que al determinar los resultados obtenidos por el programa CE3X es posible establecerlos y representarlos en todas las dimensiones de la sostenibilidad, siendo posible a través de su interpretación, el análisis de una situación real.

## RESULTADOS

La investigación realizada acerca de la evaluación energética del edificio Muisca de la universidad de Santander, arrojó diferentes resultados obtenidos por medio del simulador CE3X y la evaluación de construcción de sostenibilidad mediante la aplicación de la matriz propuesta. El informe final del programa CE3X muestra la calificación de eficiencia energética del edificio evaluado de acuerdo con los

datos actuales activos de consumo de energía. Teniendo en cuenta tanto los elementos de construcción como el equipo, el programa determina los valores que se utilizaron para caracterizar el comportamiento de los ocupantes, los sistemas de iluminación, ventilación y refrigeración. Con un rendimiento energético actual, el edificio es clasificado y posicionado en el nivel D con un indicador de más de 53.5 kilogramos de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012).

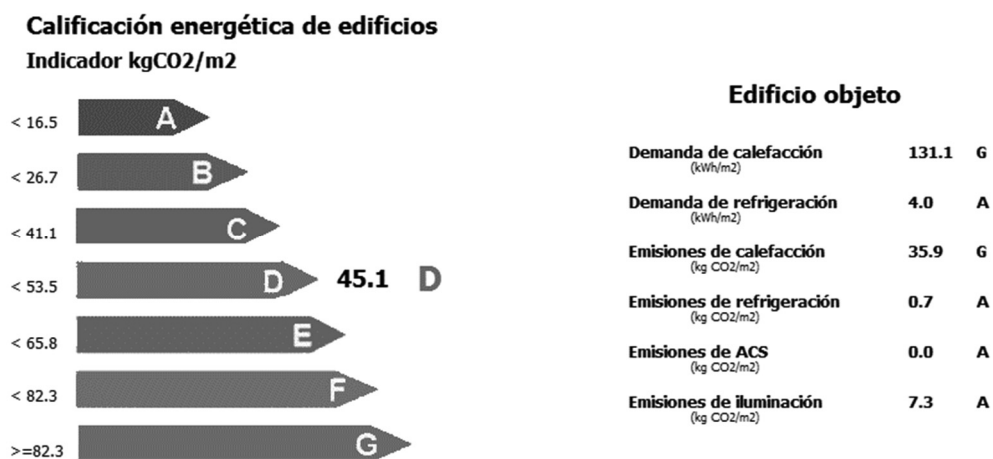


Figura 3. Calificación energética actual del edificio muisca. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012

Siguiendo los parámetros propuestos por la ISO 50001, se hizo énfasis en mejorar y reestablecer la administración de la energía consumible, dando como resultado un proceso sistematizado que planifica el dominio y manejo actual de fuentes de energía.

MATRIZ DE SUSTENTABILIDAD						
Fecha: Abril del 2016						
POLÍTICA	DIMENSIÓN	INDICADOR	CALIFICACIÓN			
			Bueno	Superior	Excelente	
El programa de ingeniería civil, de la Universidad de Santander – UDES, tiene como política energética, asumir el compromiso de utilizar eficientemente la energía del edificio MUJSCA y actividades con el propósito de contribuir a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar su posicionamiento competitivo, impulsando programas de sistemas energéticos, apoyados en un personal competente y comprometido, para el mejoramiento continuo de su sistema de gestión de la energía.	ECONOMICO	Ambiental	Productos Integrados, Sistemas y Procesos de Construcción	X		
		Social	Control Consumo Eléctrico		X	
		Social	Control Consumo Refrigeración		X	
		Social	Control Consumo Ventilación	X		
		Social	Control Consumo Iluminación			X
		Social - Ambiental	Gastos por consumo Energético	X		
	SOCIAL	Ambiental	Confort Higrotérmico	X		
		Ambiental	Confort Acústico	X		
		Ambiental	Confort Visual		X	
		Ambiental	Confort Olfativo	X		
		Ambiental	Calidad Sanitaria del Agua		X	
	AMBIENTAL	Social	Construcción de la Relación con su Entorno		X	
		Social	Obra de Construcción de Bajo Impacto Ambiental	X		
		Económico	La Administración de Energía	X		
		Económico	Gestión del Agua		X	
		Social	Uso de la Gestión de Residuos y Operación del Edificio	X		
		—	Mantenimiento - Permanencia Desempeño Ambiental	X		
		Social	Calidad Sanitaria del Medio Ambiente	X		
Social	La Calidad del Aire	X				

Tabla I. Matriz de Sustentabilidad del Edificio Muisca de la Universidad de Santander - UDES

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Con la evaluación energética aplicada al estudio de caso, se demostró la importancia sobre el uso y el consumo de la energía, haciéndose visibles los beneficios de poder aplicar los parámetros mencionados con anterioridad que pueden ser proporcionados no solo a instalaciones con fin académico, sino también, haciendo partícipes a cualquier organización, sea cual sea su tamaño o actividad, independientemente de su ubicación geográfica, conduciendo a las edificaciones a mejorar el rendimiento energético, a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a disminuir el costo de la energía, y otros impactos ambientales relacionados.

El trabajo con indicadores es un proceso dinámico sujeto a frecuentes revisiones y actualizaciones. Se entiende que las dificultades para el desarrollo de evaluaciones de sustentabilidad menos subjetivas para edificaciones deben ser vistas como desafío y motivación para mayor realización de investigaciones. La principal contribución del presente trabajo consiste en la atenuación de la subjetividad en la evaluación de sustentabilidad mediante el uso de indicadores cuantificados y calificados del medio ambiente de simulación establecido para evaluación de eficiencia energética.

Fue posible presentar los conceptos de sustentabilidad y eficiencia energética en el ámbito de las edificaciones y su aplicación en la evaluación de los sistemas académicos, a fin de contextualizar el tema de evaluación de la sustentabilidad en edificaciones, los cuales muestran que el uso de los indicadores evalúa las características de consumo, identifica las prácticas ambientales y permite mejorar la eficiencia energética en la edificación. Cuando es evaluada la edificación se está considerando parámetros de ponderación y permiten comparar el comportamiento de predios construidos en diferentes regiones, climas o con distintos tamaños y formas arquitectónicas.

## REFERENCIAS

- Berleze, A. S., 2013, Avaliação do Nível de Eficiência Energética da Envoltória de Edifícios Públicos Educacionais da UFSM com Base no RTQ-C. Santa Maria, RS, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria.
- Consejo Mundial de la Energía, 2014, WECouncil.
- FAES Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales, 2013, Propuestas para una Estrategia Energética Nacional. España: Lavel S.A.
- ICONTEC Internacional, 30 de 11 de 2011, Norma Técnica Colombiana ISO - 50001. Sistemas de Gestión de la Energía. Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012, Manual de Usuario de Calificación Energética de Edificios Existentes CE3X. Madrid, España: IDAE.
- International Energy Agency, 2015, Except From: Energy Balances of OECD Countries. IES's.
- International Energy Agency, 2015, World Energy Outlook. Paris: OECD/IEA.
- Marc, G. C., 25 de Junio de 2012, Modeling the Impacts of Climate Change on the Energy Sector: A Swiss Perspective. págs. 1 - 25.
- Waas, T., Hugé, J., Block, T., Wright, T., & Verbruggen., F. B.-C., 2014, Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development. Sustainability, 5512 - 5534.
- World Green Building Council, 2014, Impact Report.

# EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN

**F José Castilla Asensio**, Director, Cundall España  
**Miguel Fernández Ramos**, Consultor, Cundall España

**Resumen:** Con la intención de obtener conclusiones cuantitativas a la indefinición provocada por la directiva europea 2010/31/EU de eficiencia energética de edificios se ha estudiado un caso mostrando una metodología de diseño con el fin de obtener un edificio de oficinas de consumo de energía casi nulo. Utilizando simulación energética horaria, partimos de un edificio base situado en Madrid que posee soluciones arquitectónicas y técnicas típicas en el mercado español con un consumo total de energía final de 220kWh/m<sup>2</sup> consiguiendo mediante mejoras en el diseño llegar al escenario de consumo casi nulo. Se concluye que: 1- Es posible llegar a una reducción total del 87% respecto al caso inicial siendo la reducción del primer 50% con muy poco coste adicional. 2- El diseño final es autosuficiente, quedándose únicamente sin cubrir 29.0kWh/m<sup>2</sup> proveniente del consumo ofimático, ascensores y otros equipos auxiliares. Estos resultantes 29.0kWh/m<sup>2</sup> pueden ser un orden de magnitud apropiado para definir el parámetro de consumo energético “casi” nulo.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Consumo Casi Nulo, Diseño Pasivo, Energías Renovables, Simulación

## INTRODUCCIÓN

El 40 % del consumo total de energía en la Unión Europea corresponde a los edificios. Pese a las acciones normativas de los distintos gobiernos y agentes del sector, el nivel de emisiones no ha parado de aumentar desde la entrada en vigor de la primera directiva europea en este campo (2002/91/CE). La nueva directiva europea 2010/31/EU pretende cambiar esta tendencia. Para ello establece un nuevo escenario donde cobra importancia el “edificio de consumo casi nulo” y obliga a los estados miembros a que definan éste y apliquen medidas para que sea el estándar común en 2020.

La directiva establece en su artículo 2: “edificio de consumo de energía casi nulo es aquel con un nivel de eficiencia energética muy alto...”, “...la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”.

Igualmente en el artículo 4 se da libertad a los estados miembros para que implementen la directiva de manera autónoma e independiente, eximiéndolos de que establezcan unos niveles de eficiencia energética mínimos cuando éstos no sean rentables a lo largo de la vida útil del edificio.

Es inevitable pensar que este proceso de definición de edificio de consumo casi nulo está en una fase muy incipiente por lo que es necesario que todos los agentes implicados, gobierno, inversores y profesionales del sector, contribuyan en la definición de un marco nacional duradero y efectivo que garantice una reducción del consumo energético en el sector de la edificación y de su huella de carbono asociada.

## UN EDIFICIO DE CONSUMO CASI NULO. CASO PRÁCTICO

En respuesta a la indefinición actual acerca del concepto de edificio de consumo casi nulo, se ha realizado un análisis de simulación energética por ordenador en el que, partiendo de un edificio de consumo medio o típico en el mercado español, se llegue, mediante mejoras en su diseño, a una reducción máxima de su consumo energético para, posteriormente, establecer el potencial de generación renovable. De esta manera se podrá identificar el potencial de reducción energético y obtener una idea del orden de magnitud y lo que significaría el consumo casi nulo del que trata la directiva europea en el marco español.



## Modelo Energético - Simulación Informática

Se dispone en la actualidad de herramientas informática para simular con un alto grado de detalle el comportamiento energético del edificio. Se trata de herramientas que simulan, para cada hora del año, cuanta energía demanda y consume el edificio en función de la climatología del emplazamiento, su volumetría y propiedades arquitectónicas, las condiciones interiores de funcionamiento, la configuración de los equipos internos y su grado de eficiencia. Concretamente, en este ejercicio, se ha utilizado la herramienta TAS (versión 9.3.3) propiedad de EDSL.

### Edificio de Referencia

Para reproducir el reto al que se enfrentará la industria en los próximos meses, se ha partido de un edificio de oficinas con características medias en el mercado español.

Se puede observar que el edificio presenta las cuatro orientaciones y tiene un acristalamiento de suelo a techo sin elementos de sombreado exterior. El edificio tiene un área sobre rasante de 5.000m<sup>2</sup> distribuidas en 5 plantas y 1.000m<sup>2</sup> de aparcamiento subterráneo. El sistema de climatización se compone de enfriadora condensada por aire y caldera de gas; sistema de bombeo primario y secundario; fancoils a 4 tubos y climatizadora centralizada de caudal constante. Los parámetros de diseño se listan a continuación:

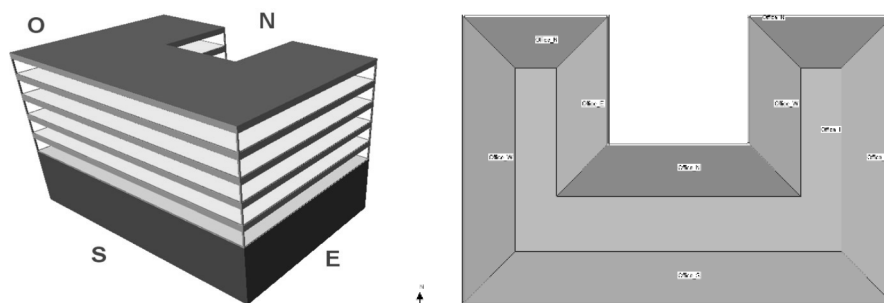


Figura 1. Imagen y zonificación del modelo energético de referencia

Envolvente	Altura de acristalamiento: 2.5m Vidrios factor g: 0.7 Infiltración: 0.15 ren/h Sin control solar	Transmitancias factor-U (W/m <sup>2</sup> K): Muro exterior: 0.66 Cubierta: 0.38 Solera U: 0.49 Vidrios U: 1.9
Cargas Internas	Equipamiento: 15W/m <sup>2</sup>	
Iluminación	Potencia Instalada de Iluminación: Oficinas: 15W/m <sup>2</sup> Aparcamiento: 2W/m <sup>2</sup>	
Sistema Climatización	Temperatura consigna: 22°C SEER: 3.0 Eficiencia calefacción: 92%	Potencia específica de los ventiladores de las climatizadoras SFP: 3.0W/l/s Potencia específica de los ventiladores de los fancoils SFP: 1.0W/l/s Recuperación de calor en climatizadoras: 0%

Tabla I. Parámetros de diseño. Edificio de referencia

### Proceso de Mejora de diseño

A la hora de mejorar el diseño para reducir el consumo energético se sigue una metodología lógica para maximizar el beneficio a un menor coste. Para ellos seguimos un planteamiento ascendente según el siguiente esquema.

Es importante resaltar la importancia del orden secuencial de las acciones (comenzando por mejorar las bases de diseño y sucesivamente hacia arriba).

De esta manera el resultado final, antes de la inclusión de equipos activos de climatización, será el de una menor demanda energética, propiciado un importante ahorro en cuanto a coste capital. Igualmente, al tener el edificio una menor demanda energética, el impacto que la energía renovable tendrá sobre el resultado final será más significativo requiriendo, a su vez, una instalación bastante más pequeña.

Los siguientes apartados presentan los resultados de la simulación energética cuando acometen las mejoras según el esquema anterior.

### Actuación sobre las bases de diseño

Se actúa, principalmente, sobre la temperatura de consigna que pasa a 21 °C en invierno y 25°C en verano; la altura de ventana, reduciéndola a 1.5m; y el ajuste de los niveles de iluminación, reduciendo los niveles en zonas donde no aportan y potenciando, mediante iluminación de tarea donde es necesario. El efecto de esta acción es la reducción de la potencia instalada de iluminación a 10W/m<sup>2</sup>.

### Diseño pasivo

A las medidas descritas en el apartado anterior se le incorporan medidas de mejora pasivas. Se mejoran los vidrios ( $g=0.2$ ), se incluye elementos externos de control solar, se aumenta la inercia térmica y se introducen estrategias de refrigeración pasiva mediante ventilación natural y enfriamiento nocturno. Es de resaltar la reducción tan importante en refrigeración y de manera asociada en bombas y ventiladores.

### Cargas internas

A las medidas descritas en el apartado anterior se le incorporan medidas que reducen las cargas internas. Mediante la selección de equipos eficientes, es posible reducir la potencia en equipamiento a 10 W/m<sup>2</sup>. Se propone la instalación de iluminación LED reduciendo la iluminación instalada a 6 W/m<sup>2</sup> en oficinas y de 1 W/m<sup>2</sup> en garaje así como control de apagado mediante sensores de luz natural y de presencia.

### Eficiencia energética

A las medidas descritas en el apartado anterior se le incorporan de eficiencia energética en el diseño. Entre ellas destacan: enfriadora de alta eficiencia SEER 4.5, baja pérdida de carga en el sistema de ventilación e incorporación de motores DC en fancoils (SFP climatizadores = 2, SFP fancoils = 0.2), caudal de ventilación variable controlado por sensores de CO<sub>2</sub>, integración de biofilia en la arquitectura para

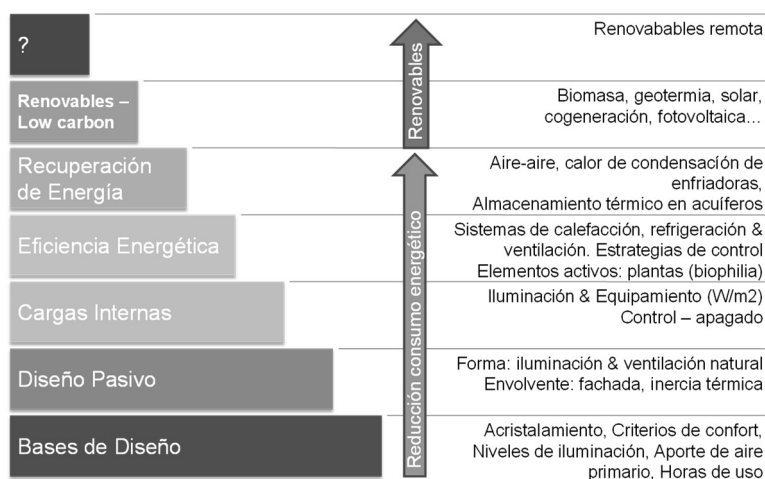


Figura 2. Planteamiento ascendente de mejora en el diseño

mejorar la calidad de aire, ventilación de aparcamiento variable controlada por sensores de CO y fancoils de caudal variable.

### **Recuperación de energía**

A las medidas descritas en el apartado anterior se le incorporan elementos recuperadores de energía en los climatizadores. Estos incorporan una sección adiabática en el retorno para maximizar la recuperación en verano.

### **Energías renovables**

Una vez incorporadas todas las medidas propuestas con el objeto de obtener un diseño de baja demanda y bajo consumo energético se integran las estrategias renovables que mejor pudieran adaptarse al perfil energético resultante. Se plantea la incorporación de 80kWp (700m<sup>2</sup>) de instalación solar fotovoltaica así como cubrir el 100% de la demanda de ACS mediante energía solar térmica.

Se generarían 27kWh/m<sup>2</sup> año de electricidad por la fotovoltaica y 4.5kWh/m<sup>2</sup> año con la solar térmica.

## **Modelo Energético - Resultados**

Los resultados del estudio se muestran en las siguientes tablas. Los distintos escenarios son acumulativos. Observando los resultados de aplicar las medidas 1 y 2 (mejoras en bases de diseño y diseño pasivo) permiten un ahorro del 33%. Se aprecia un ahorro considerable en refrigeración provocado principalmente por el control solar y el empleo de la inercia térmica, la refrigeración pasiva y el enfriamiento nocturno. Igualmente es posible obtener una reducción considerable en iluminación.

Energía final	Edificio referencia kWh/m <sup>2</sup>	Mejoras 1 Bases de diseño kWh/m <sup>2</sup>	% Ahorro	Mejoras 1 & Mejoras 2 Diseño Pasivo kWh/m <sup>2</sup>	% Ahorro
Calefacción	8.4	8.9	-5.9%	9.0	-6.7%
Refrigeración	65.7	43.6	33.7%	19.6	70.1%
Ventiladores	49.2	48.3	1.9%	40.5	8.7%
Bombas	10.7	7.2	32.4%	3.6	65.9%
Iluminación	37.9	25.2	33%	25.2	33%
ACS	4.5	4.5	0%	4.5	0%
Equipamiento	35.2	35.2	0%	35.2	0%
Extractores	10	10	0%	10	0%
Ascensores	1	1	0%	1	0%
<b>Total</b>	<b>222.7</b>	<b>183.9</b>	<b>17.4%</b>	<b>148.6</b>	<b>33%</b>

*Tabla II. Ahorros por mejoras en bases de diseño y diseño pasivo*

Al acometer medidas de ahorro en las cargas internas se observa que el ahorro acumulado llega al 50% comparado con el edificio de referencia. Debemos indicar que las actuaciones hasta este punto, no llevan acarreados un aumento considerable del coste de proyecto. Si se incorporan medidas adicionales de eficiencia energética vemos que los ahorros en refrigeración superan el 90% y en iluminación el 75%.

Energía final	Edificio referencia kWh/m2	Mejoras 1, 2 & Mejoras 3 Cargas Internas kWh/m2	% Ahorro	Mejoras 1, 2, 3 & Mejoras 4 Eficiencia Energética kWh/m2	% Ahorro
Calefacción	8.4	9.8	-16.1%	9.8	-16.1%
Refrigeración	65.7	11.0	83.3%	4.7	92.8%
Ventiladores	49.2	40.5	8.7%	5.2	89.2%
Bombas	10.7	1.9	82.1%	1.3	82.1%
Iluminación	37.9	9.3	75.5%	9.3	75.5%
ACS	4.5	4.5	0%	4.5	0%
Equipamiento	35.2	23.5	33.3%	23.5	33.3%
Extractores	10	10	0%	4.5	65%
Ascensores	1	1	0%	1	0%
<b>Total</b>	<b>222.7</b>	<b>111.5</b>	<b>50.0%</b>	<b>63.8</b>	<b>71.3%</b>

Tabla III. Ahorros por mejoras en bases de diseño, diseño pasivo, reducción de cargas internas y eficiencia energética

La recuperación energética mejora el comportamiento en calefacción del edificio situando la cifra de ahorros en este punto por encima del 72%. Al integrar las estrategias de energías renovables, pueden desplazarse 31kWh/m2 tanto en electricidad como en energía destinada al tratamiento del ACS situando la cifra total de ahorros en un 87% y el consumo neto del edificio en tan solo 29 kWh/m2.

Energía final	Edificio referencia kWh/m2	Mejoras 1, 2, 3, 4 & Mejoras 5 Recuperación de Energía kWh/m2	% Ahorro	Aporte de renovables kWh/m2	Consumo neto final kWh/m2	% Ahorro
Calefacción	8.4	4.5	46.8%	0	4.5	46.8%
Refrigeración	65.7	4.4	93.3%	4.4	0	100%
Ventiladores	49.2	7.5	84.8%	7.5	0	100%
Bombas	10.7	1.3	82.1%	1.3	0	100%
Iluminación	37.9	9.3	75.5%	9.3	0	100%
ACS	4.5	4.5	0%	4.5	0	100%
Equipamiento	35.2	23.5	33.3%	0	23.5	33.3%
Extractores	10	4.5	65%	4.5	0	100%
Ascensores	1	1	0%	0	1	0%
<b>Total</b>	<b>222.7</b>	<b>60.5</b>	<b>72.8%</b>	<b>31.5</b>	<b>29</b>	<b>87.0%</b>

Tabla IV. Ahorros por mejoras en bases de diseño, diseño pasivo, reducción de cargas internas y eficiencia energética, recuperación energética y contribución de renovables

## CONCLUSIONES

En base al análisis realizado y mostrado en el presente artículo, se puede concluir que la obtención de un edificio de consumo casi nulo es posible. El estudio muestra un orden de magnitud posible a la hora de definir el consumo neto de energía de un edificio de oficinas de consumo casi nulo, el cual ha resultado ser de 29kWh/m2, con unos ahorros relativos del 87% respecto a un edificio de referencia representando la práctica común en el mercado de oficinas. Debemos resaltar que el camino seguido para llegar a esta cifra es viable técnica y económicamente en el contexto actual.

Es muy importante para garantizar el éxito de un diseño de consumo casi nulo el realizar un diseño integrado donde todos los agentes participen desde el inicio. Igualmente es necesario la concienciación de los ocupantes ya que ellos son una parte importante en todo el proceso; el uso de una vestimenta adecuada a la estacionalidad, la relajación en los puntos de consigna o el uso de la refrigeración pasiva son medidas necesarias en el ahorro energético del edificio.

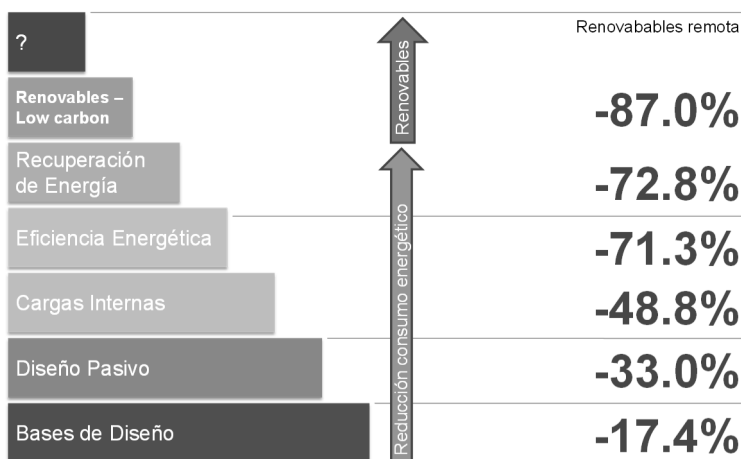


Figura 3. Planteamiento ascendente de mejora en el diseño. Ahorros acumulados asociados

Al final de la cadena se identifica como necesario el empleo de energías renovables para cubrir el consumo existente una vez aplicadas todas las medidas posibles, siendo necesario el esfuerzo económico del promotor.

Por último, indicar que el consumo restante podría verse cubierto mediante el uso de energía primaria de origen renovable o de bajo contenido en carbono para que el resultado final fuera lo más próximo a las emisiones cero de carbono.

## REFERENCIAS

- Clark, D.H., 2013, What Colour is Your Building?, RIBA Publishing, Londres.
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

# ESTRATEGIA DE CONTROL DE EMISORES DE CALOR DE BAJA TEMPERATURA

José Miguel Peña Suárez, Ingeniero I+D, Corporación Empresarial Altra S.L.

María del Carmen González Muriano, Dirección dpto. Proyectos, Corporación Empresarial Altra S.L.

**Resumen:** Las recientes directivas europeas relativas a edificios de energía casi nula, han fomentado el aumento de la inercia térmica en los edificios de nueva construcción, permitiendo beneficiarse de las ventajas que presentan los emisores de calor a baja temperatura. En este trabajo Airzone presenta una estrategia de control para sistemas aire-agua donde se controla de forma conjunta emisores térmicos con inercias térmicas muy diferentes (suelo radiante y fan coil). Se ha evaluado esta estrategia mediante el software TRNSYS. Revelando los resultados una disminución del consumo eléctrico en calefacción de un 7,4 % y un 20,1 % si se compara con una solución de control tradicional para suelo radiante y para fan coil, respectivamente.

**Palabras clave:** Calefacción, Aire-Agua, Suelo Radiante, Fan Coil, Control Combinado

## INTRODUCCIÓN

En general, los edificios de nueva construcción, a raíz de la entrada en vigor del CTE, cuentan con un nivel de aislamiento mejorado con respecto a las edificaciones más antiguas, siguiendo las indicaciones recogidas en la Directiva 2010/31/CE. Esta propiedad, al aumentar la inercia del edificio en su conjunto, permite aprovechar los beneficios de los sistemas de emisión de calor a baja temperatura, mejorando los niveles de confort y de ahorro (Hesaraki & Holmberg, 2013), además de poder reducir la potencia térmica instalada. Ello provoca una disminución de la inversión inicial y del coste de funcionamiento del sistema. Un funcionamiento prolongado del sistema de calefacción a temperatura reducida incrementa el rendimiento y garantiza el bienestar de los ocupantes (Sarbu & Sebarchievici, 2015).

Cada vez es más frecuente la apuesta en el sector residencial por una solución integral para satisfacer las demandas térmicas (refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria) con un único equipo de producción. Los equipos hidrónicos tipo bomba de calor aire-agua, presentan una gran versatilidad, ya que permiten configuraciones mixtas con suelo radiante, fan coils y radiadores.

Los sistemas de calefacción mediante suelo radiante incrementan el nivel de confort porque garantizan una temperatura más homogénea en todo el espacio acondicionado y evitan las corrientes de aire. Además mejoran los rendimientos de los equipos de producción (véase la Figura 1 elaborada por IDAE, 2012) al requerir un temperatura del agua de impulsión (35 °C), menor que la requerida por un emisor tipo fan coil (45 °C) o por un radiador de baja temperatura (55 °C). Del mismo modo una reducción de la temperatura del agua impulsada supone menores pérdidas térmicas en la distribución de la energía desde el sistema de producción hasta las unidades terminales.

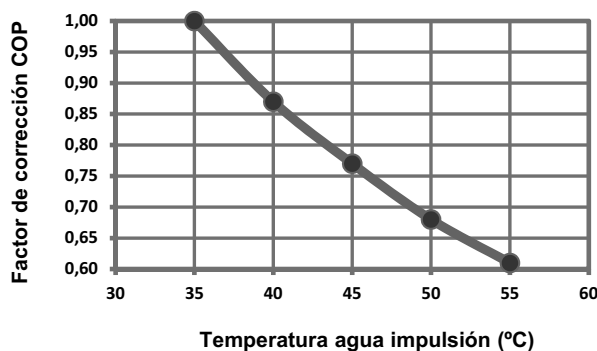


Figura 1. Factor de corrección COP nominal según la temperatura de impulsión del agua

Un inconveniente del suelo radiante es la mayor inercia térmica que presenta, comparado con sistemas que utilizan ventiladores para transferir la energía al espacio ocupado. Este hecho aumenta la complejidad del control para evitar sobrecalentamientos que incrementarían el disconfort y el consumo.

Por todo ello, Airzone presenta en este trabajo un sistema de control para equipos tipo bomba de calor aire-agua que permite el máximo aprovechamiento de las características de los elementos emisores disponibles, seleccionando la combinación más eficiente y confortable en cada situación concreta.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo del estudio es comparar estrategias de control de sistemas de calefacción que disponen de una producción mediante bomba de calor aire-agua y unidades terminales de suelo radiante y fan coil, ambas dimensionadas para la potencia punta, y que pueden trabajar de manera independiente o simultánea.

El trabajo se ha abordado mediante la simulación con TRNSYS 17 y la calibración parcial de algunos de los modelos utilizados. Para esta calibración se ha dispuesto de una instalación real de demostración. El esquema de principio de la instalación simulada se representa en la Figura 2.

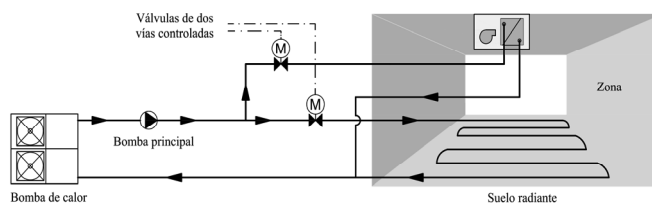


Figura 2. Esquema de principio de la instalación objeto de estudio

Para las simulaciones se ha elegido una zona de 44 m<sup>2</sup> que representa el salón de una vivienda plurifamiliar situada en Málaga (36º 43' N; 4º 25' O), con una carga térmica punta de calefacción de 1,33 kW. A continuación, se describen los principales subsistemas que integran la instalación: la bomba de calor, el suelo radiante y el fan coil.

## Modelo de bomba de calor

El modelo de bomba de calor aire-agua se ha implementado en TRNSYS a partir de las curvas de comportamiento típicas de estos sistemas. Se han utilizado los datos publicados por Daikin del equipo ERLQ-CV3 (véase la Figura 3), que consideran la penalización del COP por los ciclos de desescarche.

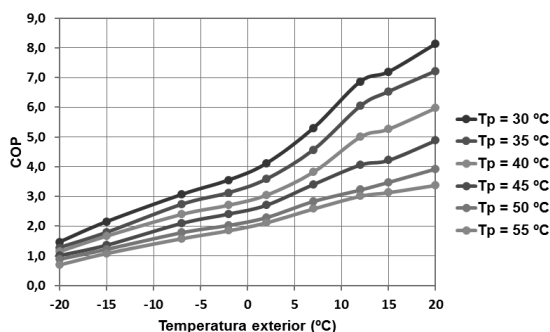


Figura 3. COP en función de la temperatura exterior y de producción del agua

## Modelo de fan coil

En el modelado del fan coil se supone efectividad constante para cada velocidad. Como la transferencia de calor la controla el aire, se puede asumir una efectividad constante para cada caudal de aire, aunque el caudal de agua no sea constante. La efectividad ( $\epsilon_v$ ) para una etapa de velocidad cualquiera del fan coil

se define según la ecuación (1), la temperatura de impulsión del aire ( $t_{aire2}$ ) se calcula a través de la expresión (2) y la temperatura de salida del agua del intercambiador ( $t_{agua2}$ ) mediante la expresión (3).

$$\varepsilon_v = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} = \frac{\dot{m}_{agua,cat} \cdot C_{P_{agua}} \cdot \Delta T_{agua,cat}}{\min\{\dot{m}_{agua,cat} \cdot C_{P_{agua}}; \dot{m}_{aire,cat} \cdot C_{P_{aire}}\} \cdot (t_{agua1} - t_{aire1})} \quad (1)$$

$$t_{aire2} = t_{aire1} + \varepsilon_v \cdot \frac{\min\{\dot{m}_{agua} \cdot C_{P_{agua}}; \dot{m}_{aire} \cdot C_{P_{aire}}\} \cdot (t_{agua1} - t_{aire1})}{\dot{m}_{aire} \cdot C_{P_{aire}}} \quad (2)$$

$$t_{agua2} = t_{agua1} - \varepsilon_v \cdot \frac{\min\{\dot{m}_{agua} \cdot C_{P_{agua}}; \dot{m}_{aire} \cdot C_{P_{aire}}\} \cdot (t_{agua1} - t_{aire1})}{\dot{m}_{agua} \cdot C_{P_{agua}}} \quad (3)$$

Donde:

- $\dot{m}_{agua,cat}$  es el caudal de agua nominal que circula por el intercambiador de calor del fan coil.
- $\dot{m}_{agua}$  es el caudal real que circula por el intercambiador de calor del fan coil.
- $\dot{m}_{aire,cat}$  es el caudal de aire nominal del fan coil.
- $\dot{m}_{aire}$  es el caudal de aire real impulsado por el fan coil.
- $C_{P_{agua}}$  es el calor específico del agua.
- $C_{P_{aire}}$  es el calor específico del aire.
- $\Delta T_{agua,cat}$  salto térmico nominal del agua en el intercambiador de calor del fan coil.
- $t_{agua1}$  temperatura del agua de entrada al intercambiador de calor (igual a la temperatura del agua impulsada por el equipo de producción).
- $t_{aire1}$  temperatura del aire de entrada al intercambiador de calor (igual a la temperatura del aire ambiente en la zona climatizada).

## Modelo de suelo radiante

El modelo de suelo radiante seleccionado es el type 993 (Thornton et. al, 2005), que calcula la transferencia de calor por el método de diferencias finitas en tres dimensiones. El dimensionado del suelo se ha realizado conforme a lo dispuesto en la normativa UNE-EN 1264-2012, tomando 5 °C como salto térmico de diseño y un caudal de 5,2 l/h·m<sup>2</sup>. El suelo está compuesto por 54 tubos en serpentín de polietileno reticulado (conductividad 0,35 W/m·K) de diámetros 16/12 mm. Los espesores y propiedades térmicas del mortero y el acabado se muestran en la Tabla I.

	Espesor (cm)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Calor específico (J/kg·K)
<b>Mortero</b>	4,5	0,34	2000	1000
<b>Acabado</b>	1,5	0.01	550	800

Tabla I. Propiedades de la capa de mortero y acabado superficial

## ESTRATEGIAS DE CONTROL SIMULADAS

### Control de fan coil

Se emplea una histéresis de 1 °C entorno a la temperatura de consigna deseada ( $T_c$ ) para evitar los continuos ciclos de paro–marcha del sistema y únicamente se hace uso de la etapa de velocidad media del ventilador. La temperatura de producción del agua impulsada es de 45 °C. En las simulaciones la temperatura  $T_c$  seleccionada es de 21 °C.

### Control de suelo radiante

El suelo radiante se controla a partir de la temperatura ambiente de la zona acondicionada. Se evalúa esta temperatura en pasos de tiempo de 5 minutos (impuestos por los tiempos característicos de apertura y



cierre típicos de las válvulas de dos vías). La demanda térmica se considera satisfecha cuando la temperatura ambiente ha superado 0,5 °C a la temperatura de consigna establecida (21 °C en las simulaciones). La temperatura de producción del agua para el suelo radiante es de 35 °C.

## Control combinado suelo radiante y fan coil

Este tipo de control aprovecha las ventajas de cada elemento emisor considerando la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de consigna. Para ello se definen tres etapas, que se pueden distinguir en la Figura 4.

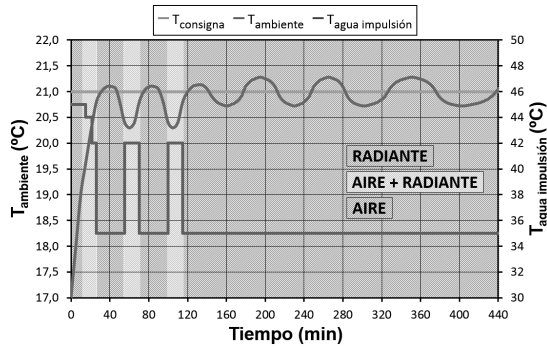


Figura 4. Control combinado

Este control presenta una histéresis de  $\pm 0,2$  °C entorno a la temperatura de consigna. La producción de agua se realiza a temperatura variable (diferentes pasos entre 35 °C y 45 °C), directamente relacionada con la diferencia entre la temperatura en la zona acondicionada y la temperatura de consigna establecida. Con el mismo criterio se seleccionan las diferentes velocidades del fan coil.

## RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Las simulaciones se han llevado a cabo bajo un perfil de ocupación comprendido entre las 8:00 y las 22:00 para cada uno de los días del periodo oficial de invierno (según UNE 100014:2004), en la vivienda descrita. Todas las simulaciones se han realizado imponiendo una temperatura de consigna de 21 °C. Durante los periodos de no ocupación no se combate la carga térmica de la zona.

## Sistema de fan coil

La Figura 5 muestra los resultados de las simulaciones del control tradicional exclusivo de fan coil.

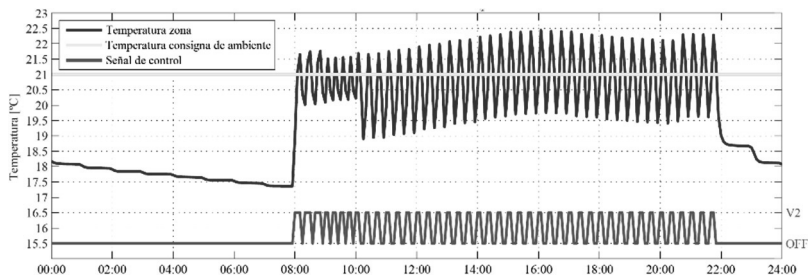


Figura 5. Evolución de temperatura en sistema de fan coil el día 13 de enero (día típico de invierno)

Se observa como rápidamente asciende la temperatura ambiente (línea azul). Además, se aprecia como los intervalos de paro–marcha son aproximadamente de 10 a 15 minutos (línea verde).

## Sistema de suelo radiante

En la Figura 6 se muestran los resultados de temperatura ambiente de la zona, temperatura en la superficie del suelo y señal de control, obtenidos en las simulaciones del control tradicional de un sistema con suelo radiante exclusivamente. A lo largo del periodo de simulación el valor del coeficiente de transferencia de calor convectivo-radiante oscila entre 8,5 y 11 W/m<sup>2</sup>·K.

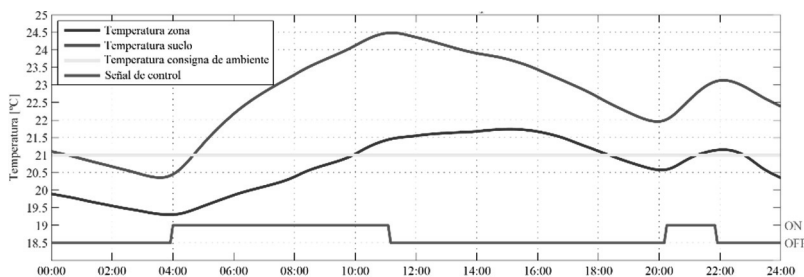


Figura 6. Evolución de temperatura en sistema de suelo radiante el día 13 de enero (día típico de invierno)

Se observa como el tiempo de respuesta de la zona una vez que el suelo se activa, es aproximadamente cuatro horas hasta alcanzar una temperatura dentro del rango  $T_c \pm 0,5$  °C.

## Sistema combinado

En la Figura 7 se muestra los resultados obtenidos en las simulaciones del control con sistema combinado.

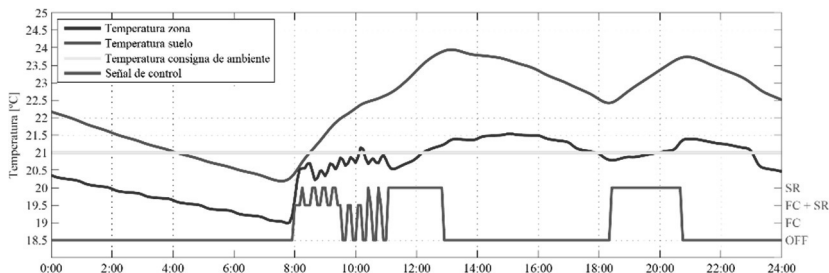


Figura 7. Evolución de temperatura en sistema combinado el día 13 de enero (día típico de invierno)

La señal de control (línea verde) pone de manifiesto como el control combinado permite alcanzar rápidamente la temperatura de consigna utilizando el fan coil con una temperatura de producción de agua a 45 °C. Cuando el suelo radiante está atemperado, la carga térmica de la zona se combate exclusivamente con él, lo que permite disminuir la temperatura de producción del agua hasta los 35 °C.

## Comparación de resultados

A continuación, en la Figura 8, se analizan los resultados de confort térmico obtenidos para los diferentes controles. Se evalúan los índices PMV (Predicted Mean Vote) y PPD (Predicted Percentage Dissatisfied), para evaluar respectivamente la sensación térmica global del cuerpo y el porcentaje de personas que, probablemente, sentirán demasiado calor o demasiado frío en un ambiente determinado. La definición detallada y el cálculo de estos parámetros están recogidos en la norma UNE-EN ISO 7730.

En el análisis de estos índices se ha supuesto una actividad metabólica de 58,2 W/m<sup>2</sup> (1 met), un aislamiento térmico de ropa de 0,155 W/m<sup>2</sup>·K (1 clo) y una velocidad relativa del aire de 1 m/s. Los índices PMV y PPD evidencian como el confort térmico con del sistema de fan coil es menor que con suelo radiante o la combinación de ambos emisores.

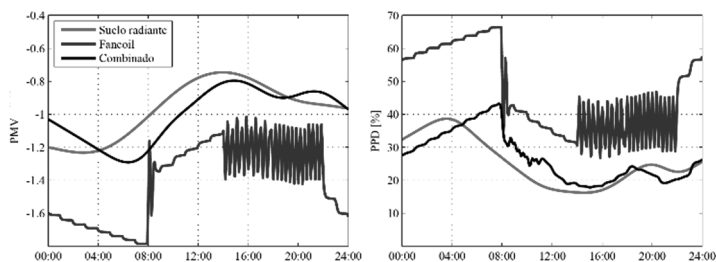


Figura 8. Resultados de confort global mediante los índices PMV y PPD.

La Tabla II recopila la comparación de los resultados relativos al consumo, siendo el control combinado propuesto por Airzone el que presenta mayores ahorros energéticos.

Control	Fan coil	Suelo radiante	Combinado
Consumo eléctrico bomba de calor (kWh)	417	391	359
Consumo ventiladores (kWh)	36	-	3
Consumo eléctrico total (kWh)	453	391	362
Factor de carga parcial medio	0,58	0,63	0,78
COP medio	3,4	4,5	4,9
Temperatura ambiente media con ocupación (°C)	20,7	20,9	21
% de reducción de consumo respecto a la solución de fan coil	-	13,7	20,1

Tabla II. Resultados obtenidos en las simulaciones para el periodo oficial de invierno (diciembre-enero-febrero)

## CONCLUSIONES

En este trabajo se simula en TRNSYS la optimización del control para un sistema de calefacción que combina distintos emisores térmicos: suelo radiante y fan coil. El control combinado propuesto por Airzone gracias a la gestión dinámica de la temperatura de producción del agua reduce el consumo de la instalación. Esta estrategia de control consigue un ahorro del 7,4 % comparada con una solución tradicional de suelo radiante y un ahorro del 20,1 % comparada con una solución típica de fan coil.

## REFERENCIAS

- Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Hesaraki A. and Holmberg S. Energy performance of low temperature heating systems in five new-built Swedish dwellings: A case study using simulations and on-site measurements. Building and Environment. Vol 64, June 2013, pp 85-93.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA). Prestaciones medias estacionales de la bomba de calor para producción de calor en edificios. Febrero 2012.
- Sarbu I. and Sebarchievici C. A study of the performances of low-temperature heating systems. Energy Efficiency. Vol 8-3, June 2015, pp 609-627.
- Thornton J. W., Bradley D., and McDowell T. "TESS Component Libraries for TRNSYS 17." Thermal Energy System Specialists, LLC., Madison (2005).
- UNE 100014:2004. Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.
- UNE-EN 1264-2012. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies.
- UNE-EN ISO 7730. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- [http://extranet.daikin.es/es/binaries/EEDES15-725\\_ERLQ-CV3\\_tcm831-392379.pdf](http://extranet.daikin.es/es/binaries/EEDES15-725_ERLQ-CV3_tcm831-392379.pdf) (8 junio 2015).
- <http://www.trnsys.com> (24 marzo 2015).

# INTERNET DE LAS COSAS Y GAMIFICACIÓN APLICADOS A EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

**Fernando Terroso Sáenz**, Investigador, Universidad de Murcia

**Victoria Moreno Cano**, IT Manager, Odin Solutions S.L.

**Aurora González Vidal**, Investigadora, Universidad de Murcia

**Miguel Angel Zamora-Izquierdo**, Profesor Titular, Universidad de Murcia

**Antonio F. Skarmeta**, Catedrático de Universidad, Universidad de Murcia

**Resumen:** En esta comunicación se describen las actuaciones llevadas a cabo dentro del proyecto europeo Entropy, que busca el diseño de un sistema que motive cambios en la conducta de las personas respecto al uso energético, a fin de incrementar su conciencia ambiental y de que adopten un estilo de vida más sostenible en la sociedad. Para conseguir un mayor nivel de implicación y motivación, se hará uso de aplicaciones para móvil, internet de las cosas para recoger datos de sensorización y del estado del consumo en los edificios, y el uso de la plataforma de gestión y monitorización de edificios inteligentes City Explorer, la cual permite definir actuaciones y reglas de mejora de la gestión energética en edificios basado en la experiencia con los usuarios.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Internet de las Cosas, Gamificación

## INTRODUCCIÓN

El consumo energético de edificios es uno de los principales sectores de consumo energético a nivel global, seguido por el transporte (32%) y la industria (25%). Según informes recientes (Petersen et al. 2009), los edificios consumieron cerca del 41% del total de la energía en Europa en 2010. En los Estados Unidos, los edificios constituyen el 41% del consumo energético primario, un 44% y 36% más que el transporte y la industria, respectivamente.

Tal y como indica el informe *Smarter 2020*<sup>i</sup>, la mayoría de los edificios - incluyendo tanto los de nueva como los de antigua construcción - no han incorporado todas las oportunidades que actualmente existen para incrementar su eficiencia energética. El desaprovechamiento de energía es debido, en su mayor parte, a una ineficaz climatización e iluminación. Considerando todos estos factores, resulta crucial llevar a cabo un cuidadoso estudio del potencial ahorro energético que puede lograrse.

En su Plan de Eficiencia Energética 2011, la Comisión Europea afirma que el mayor potencial de ahorro energético reside en los edificios (European Commission 2011). Para aprovechar dicho potencial, es necesario implementar soluciones innovadoras sobre un conocimiento sólido de los principales factores involucrados en el consumo energético en edificios, incluyendo aquí el comportamiento de los ciudadanos con respecto a dicho consumo. Sin embargo, entender las diferentes formas en las que se usa la energía dentro de los edificios es un problema complejo debido a la escasez de datos fiables, así como la gran variedad de tipos de edificios.

En este contexto, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) resultan indispensables en el desarrollo de soluciones que reduzcan los aspectos de ineficiencia energética anteriormente mencionados. En concreto, las TICs pueden ayudar tanto a proporcionar una mayor eficiencia energética como a lograr un cambio de comportamiento de los ciudadanos basado en la monitorización, la gestión y el control inteligente de los datos de consumo energético. Esto, además, proporcionaría información valiosa a los ciudadanos, la industria y los gobiernos acerca del consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub>. En este sentido, se estima que las TICs pueden reducir potencialmente las emisiones anuales de los edificios en un 1.68 GtCO<sub>2</sub> antes del 2020.

Sin embargo, los despliegues tecnológicos deben ir acompañados de una participación activa de los usuarios, pues este aspecto puede ser la mayor barrera para la total adopción y eficacia de cualquier

solución. Esto puede lograrse incrementando la concienciación general de los consumidores respecto a los principales contribuidores al consumo energético, su impacto en el medio ambiente, así como los motivos para cambiar algunas de sus rutinas diarias a fin de conseguir reducir potencialmente la energía consumida y sus gastos derivados, consiguiendo a su vez una mejor calidad de vida.

Teniendo en cuenta la necesidad de reducir el consumo energético y el potencial ofrecido por las TICs, el presente trabajo introduce un innovador ecosistema TIC orientado a incrementar la eficiencia energética a través de la comprensión por parte de los consumidores, su implicación y el cambio de ciertos hábitos, así como el soporte de características sensibles a la energía en el equipamiento TIC. La presente propuesta se basa en la aplicación del internet de las cosas, el modelado y análisis de datos, así como en sistemas de recomendación y gamificación.

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto europeo Entropy - *“Design of an innovative energy-aware IT ecosystem for motivating behavioural changes towards the adoption of energy efficient lifestyles – de la convocatoria EE-07-2016-2017 “Behavioural change toward energy efficiency through ICT”*, y en el caso de uso llevado a cabo en el Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia, a través de la plataforma tecnológica City Explorer.

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS CLAVE

Según el informe técnico de la Comisión Europea de Medio Ambiente<sup>iii</sup>, la realización de acciones interventivas centradas en el comportamiento de los consumidores puede lograr hasta un 20% de ahorro energético extra con respecto al modo de funcionamiento normal de una infraestructura.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente propuesta se basa en tres ramas de investigación diferenciadas que motivan el cambio de hábitos de los usuarios. La Figura 1 esquematiza los principales pilares tecnológicos de esta propuesta.

Por un lado, las tecnologías del internet de las cosas se usarán para: 1) la correcta y eficiente - desde el punto de vista energético - conexión de un conjunto de sensores heterogéneos; 2) la recolección de datos basados en mecanismos de *crowdsensing* móvil, que permitirá la captación de datos de una gran masa de fuentes; y, 3) la aplicación de esquemas de comunicación orientados a la captación de datos.

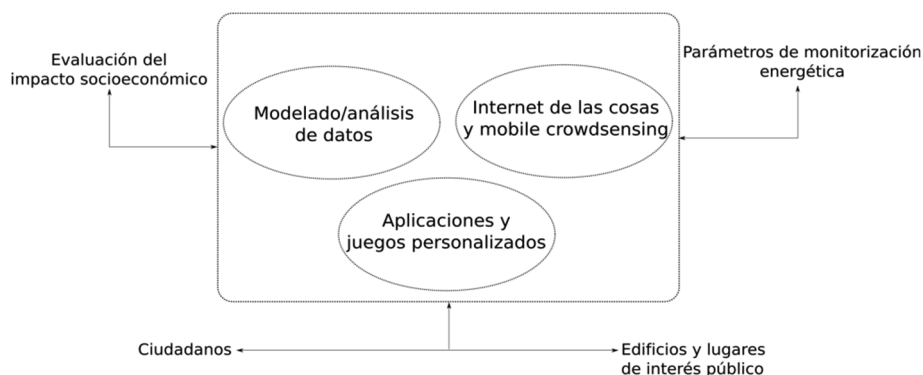


Figura 1. Pilares tecnológicos de la propuesta

Se usarán técnicas avanzadas de modelado y análisis de los datos recogidos, tanto de las redes de sensores desplegadas como de los usuarios finales, y la extracción a partir de los mismos de conocimiento haciendo uso de técnicas basadas en la web semántica y la minería de datos.

Por último, el tercer elemento de la propuesta se centra en el desarrollo de aplicaciones móviles y juegos personalizados enfocados a proporcionar a los usuarios información relacionada con la energía, incentivar la interacción con usuarios relevantes en las redes sociales (ej. usuarios dentro de una determinada área en una ciudad) e incrementar la concienciación respecto a las diferentes formas de reducir el consumo energético en sus actividades diarias. Para lograr un cambio gradual de hábitos se hará uso de sistemas

de recomendación de estilos de vida. También de técnicas de gamificación para describir el proceso y resultado donde elementos propios de los videojuegos pueden introducirse en determinadas situaciones, transformando dichas situaciones en experiencias cercanas a un juego. Finalmente, también se desarrollarán juegos que combinen datos tanto del mundo real como del digital, para estimular la colaboración y reafirmar los resultados obtenidos de una manera sostenible por los ciudadanos.

## ARQUITECTURA GENERAL

A la hora de integrar las tecnologías arriba indicadas, se ha definido una arquitectura conceptual consistente en 4 capas diferentes (ver Figura 2). Cada una de ellas tiene un rol determinado y una serie de funcionalidades asignadas.



Figura 2. Arquitectura general de la propuesta

La capa de comunicaciones del internet de las cosas es la del despliegue de la infraestructura de comunicaciones y la responsable de la interconexión de los diferentes dispositivos con las capas superiores de la arquitectura. Dicha infraestructura abarca tantos sensores inalámbricos como cableados instalados en diferentes áreas y capaces de monitorizar el consumo energético así como otras variables ambientales (ej. CO<sub>2</sub>, polución en el aire, etc.). Además, dicha infraestructura es energéticamente eficiente tanto a nivel de procesamiento como de comunicación ya que se tiene en cuenta el uso de tecnologías basadas en IPv6. Por último, esta capa contiene también una serie de mecanismos de agregación de datos heterogéneos, tales como los mencionados sensores, así como aquellos obtenidos mediante mecanismos de *crowdsensing* móvil.

La capa de modelado y fusión de datos es la responsable de proporcionar una representación común a los datos obtenidos mediante el uso de modelos semánticos apropiados. En concreto, incluye dos modelos bien diferenciados:

1. El modelo semántico de los parámetros monitorizados por la infraestructura de red que describe las entidades y conceptos relevantes para la monitorización del consumo de energía, sus parámetros de producción, así como otras variables medioambientales que puedan tener cierto impacto sobre dicho consumo.
2. El modelo semántico de comportamiento de usuarios que describe los perfiles de usuario respecto a la adopción de estilos de vida energéticamente eficientes.

Por tanto, esta segunda capa se encarga de mapear los datos recibidos con estos dos modelos a fin de incrementar su expresividad, su potencial extensibilidad e interconexión con otros tipos de datos, extrayendo conocimientos más avanzados.

La capa de diseño y despliegue de algoritmos es la responsable del desarrollo de mecanismos que permitan proveer a los usuarios de recomendaciones sobre estilos de vida energéticamente eficientes. Estas recomendaciones vienen proporcionadas por el adecuado razonamiento de los resultados

obtenidos a través de los análisis realizados por dichos algoritmos sobre los datos capturados, después de haber sido mapeados en los modelos semánticos contenidos en la anterior capa y, en algunos casos, también interconectados con conjuntos de datos externos.

Para el análisis se usa un amplio abanico de algoritmos incluyendo clasificación, reconocimiento de patrones o análisis predictivo respecto al consumo energético, y sus costes asociados serán tenidos en cuenta. Además, esta capa contiene las técnicas de gamificación que permiten describir e interconectar los conceptos y situaciones respecto a la involucración de los usuarios finales en actividades diarias eficientes energéticamente. Esta información será el bloque fundamental para la transformación de dichas actividades en experiencias *gamificadas* con un ámbito y objetivos predefinidos.

Por último, la capa de servicios y aplicaciones se destina a motivar y ayudar el cambio gradual de comportamiento de los ciudadanos a fin de obtener ahorros energéticos significativos a través de las TICs. Entre otros elementos, contiene un *framework* para una visualización avanzada de los parámetros bajo monitorización y la generación de informes de los resultados de los análisis, de acuerdo con el dominio de aplicación, en un formato amigable. En cuanto a las aplicaciones, estas incluyen el desarrollo de “juegos serios” a fin de incrementar la concienciación y estimular la colaboración, así como aplicaciones personalizadas enfocadas a la interacción mediante social media entre los ciudadanos involucrados.

### CITY EXPLORER: LA PLATAFORMA

City Explorer es una plataforma de tele-gestión integral basada en productos embebidos que integran los últimos avances en electrónica. Estos productos permiten llevar a cabo un control fino con bajo consumo de energía para soluciones innovadoras en ciudades y agricultura.

Esta plataforma es proporcionada por la empresa Odin Solutions S.L., una spin-off de la Universidad de Murcia. Los productos electrónicos (sensores y controladores) integrados en City Explorer permiten la monitorización de condiciones ambientales (temperatura, humedad, CO2, etc.) y el control remoto de infraestructuras de ciudad (iluminación, aire-acondicionado, ventilación, paneles solares, farolas, válvulas de riego, etc.).

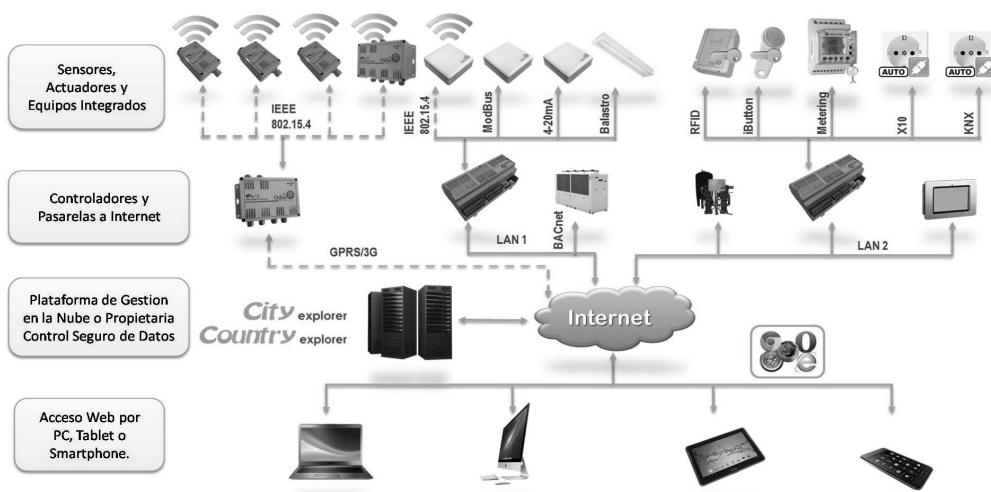


Figura 3. Plataforma City Explorer

Los dispositivos electrónicos que componen City Explorer soportan un amplio abanico de comunicaciones tales como Ethernet, Wifi, GPRS/4G y Radio 868/433/169Mhz que permiten conectarse través de Internet a la plataforma de gestión. La plataforma de tele-gestión proporciona un sistema inteligente de procesamiento de datos, toma de decisiones y administración segura multiusuario.

El sistema integral de tele-gestión está compuesto por:

- Sensores y actuadores que monitorizan las condiciones ambientales y ejecutan acciones sencillas basadas en los principales estándares industriales (4-20mA, Modbus, RS232, Radio, Wifi, RFID, etc.).
- Controladores que recopilan los datos monitorizados y lanzan acciones complejas automatizadas. Los controladores tienen módulos inteligentes para iniciar acciones basadas en temporizadores, calendarios, etc. Además, pueden comunicarse con dispositivos electrónicos (iluminación, aire acondicionado, electrodomésticos, etc.) mediante protocolos estandarizados (X10, KNX, etc.) para tener un control fino y regular su funcionamiento según las necesidades del cliente.
- Central de procesamiento de datos y plataforma web. La plataforma proporciona base de datos, gestión eficiente y segura de las comunicaciones con los sensores y controladores, y un interfaz amigable y accesible desde Internet.
- Clientes web compatibles con múltiples dispositivos (Ordenador, Smartphone y Tablet) para acceder a los datos monitorizados y personalizar las acciones automatizadas mediante una interfaz. El acceso no depende del sistema operativo.

City Explorer permite definir actuaciones y reglas de mejora de la gestión energética en edificios basado en la experiencia con los usuarios. En los despliegues realizados de City Explorer para la Universidad de Murcia, todo el personal de la misma tiene la posibilidad de convertirse en un agente más del sistema.

City Explorer permite tanto el acceso a toda la información disponible, como la gestión de los diferentes actuadores integrados en el sistema, por ejemplo, mediante la edición de reglas de control. En este sentido, la Universidad de Murcia se encuentra participando en materia de eficiencia energética desde hace varios años, con más de treinta edificios conectados a City Explorer (ver Figura 4). Los servicios ofrecidos en cada edificio son diferentes dependiendo de su contexto.

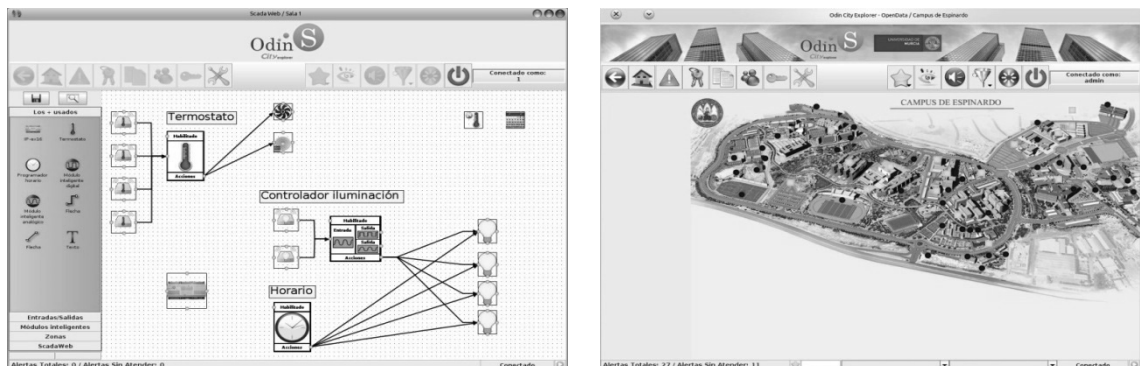


Figura 4. Izquierda: Edificios del Campus de Espinardo de la Universidad de Murcia conectados a la plataforma City Explorer. Derecha: Interacción del usuario con City Explorer a través de la edición de reglas y las opciones de configuración

## CONCLUSIONES

Si tenemos en cuenta que los edificios constituyen el mayor sector de consumo energético, resulta crucial el diseño y posterior desarrollo de soluciones destinadas a la reducción de su consumo basándose en el uso de técnicas eficientemente energéticas que involucren la activa participación de ciudadanos y usuarios.

El presente trabajo describe un nuevo enfoque para dicho tipo de soluciones bajo la integración de tecnologías que facilitan el desarrollo de ecosistemas TIC de gestión energética que incentiven determinados cambios de comportamiento en los usuarios finales. Dichos ecosistemas hacen uso de: 1) el internet de las cosas por su capacidad para interconectar gran cantidad de dispositivos de una manera energéticamente eficiente junto con otros mecanismos de recolección de datos distribuidos tales como crowdsensing; 2) técnicas avanzadas de modelado y análisis de datos; y, 3) sistemas de recomendación y gamificación.



Este nuevo enfoque es aplicado en el escenario desplegado en la Universidad de Murcia como caso de uso del proyecto Entropy y a través de la plataforma tecnológica City Explorer.

## REFERENCIAS

- D. Petersen, J. Steele, and J. Wilkerson. Wattbot: a residential electricity monitoring and feedback system. In Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems, pages 2847-2852. ACM, 2009.
- European Commission (2011), Energy Efficiency Plan 2011, COM(2011) 109 final, Online: [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/action\\_plan/action\\_plan\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/action_plan/action_plan_en.htm)

---

<sup>i</sup> <http://gesi.org/SMARTer2020>

<sup>ii</sup> <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/5059-ee-07-2016-2017.html>

<sup>iii</sup> <http://www.eea.europa.eu/publications/achieving-energy-efficiency-through-behaviour>

# IMPLEMENTACIÓN DE CUBIERTAS AJARDINADAS EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

Josep Bové, Departamento Técnico y Sostenibilidad, Knauf Insulation S.L.

**Resumen:** Una de las principales causas del cambio climático son las emisiones de CO<sub>2</sub> que generan las grandes ciudades, derivadas del gran consumo energético de los edificios. Entre las diversas estrategias planteadas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> cabe destacar la implementación de cubiertas verdes, tanto intensivas como extensivas, siendo las segundas las más comunes. Teniendo en cuenta que 1m<sup>2</sup> de cubierta verde puede absorber 5kg de CO<sub>2</sub> al año, y la superficie potencial de instalación de las mismas de las grandes ciudades, se podrían absorber millones de kg de CO<sub>2</sub> por año redundando en una sustancial mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

**Palabras clave:** Cubiertas Ajardinadas, Verdes, Biodiversidad

## BREVE HISTORIA DE LAS CUBIERTAS AJARDINADAS

A pesar de que las cubiertas ajardinadas se conciben como elementos constructivos totalmente integrados en los proyectos de ciudades futuras, es uno de los sistemas constructivos más antiguos de la historia

### Cubiertas Ajardinadas en la antigüedad

Una de las referencias más antiguas que se tienen son los famosos Jardines Colgantes de Babilonia, que formaban parte de los jardines privados del palacio del rey junto al río Éufrates. Se datan en el siglo VI a.C y en el siglo I a.C el geógrafo griego Estrabón describió los jardines con la siguiente frase: “Éste consta de terrazas abovedadas alzadas una sobre otras, que descansan sobre pilares cúbicos. Éstas son ahuecadas y rellenas con tierra para permitir la plantación de árboles de gran tamaño...”. De Este texto se puede extraer que no fueron elementos que crecieron espontáneamente en los pilares, si no que ya se planificó la funcionalidad de estos en torno al crecimiento de los árboles.



Figura 1. Ilustración de los Jardines Colgantes de Babilonia

Siguiendo este ejemplo, a lo largo de los siglos se siguieron integrando elementos vegetales en construcciones de todo tipo, desde los mausoleos romanos, pasando por edificios de la nobleza y clero en la edad media hasta las viviendas vikingas, que en su mayoría incorporaban este elemento como capa de aislante.



Figura 2. Muestra de vivienda vikinga

## Cubiertas Ajardinadas en la era moderna

A pesar de que en la construcción de los primeros rascacielos no era común la incorporación de la cubierta ajardinada como un elemento arquitectónico y funcional, podemos encontrar ejemplos de edificios emblemáticos, como el Rockefeller Center de Nueva York, construido en los años 30, que fue uno de los pioneros en implementar elementos ajardinados en la azotea.



Figura 3. Rockefeller Center

En actualidad, la incorporación de cubiertas ajardinadas es una tendencia al alza que va acorde con el creciente número de edificios con certificaciones sostenibles que se construyen. Esto queda patente en proyectos de importante envergadura donde ya se incorporan superficies ajardinadas, como, por ejemplo el Science Hills Komatsu, un museo de ciencia de Japón que incorpora cubierta ajardinada.



Figura 4. Science Hills Komatsu

## TIPOS DE CUBIERTAS AJARDINADAS

Dependiendo de la funcionalidad que se le quiera dar a la cubierta, se diferencian dos variantes de cubierta ajardinada:

### Cubiertas Ajardinadas Intensivas

Este tipo de cubiertas suelen ser de gran profundidad de sustrato, normalmente bastante superior a los 15 cm. Esta característica permite cultivar prácticamente cualquier tipo de planta, desde césped hasta arbustos ornamentales, pasando por árboles de crecimiento medio. Dependiendo de la plantación que tenga que haber en la cubierta el espesor del suelo también aumentará, así como la intensidad de riego y el nivel de mantenimiento requerido. Por ejemplo, una cubierta intensiva con césped, que se destine a uso recreativo necesitará un corte de césped más habitual, pero requerirá un menor espesor de suelo que una cubierta que albergue árboles de raíz pequeña, que no necesitará una poda tan intensiva, pero si un espesor mayor de sustrato. Suelen ser transitables, y lo que pretenden es simular un entorno que encontrarías en la naturaleza adaptando los estratos a nivel de la cubierta. Este tipo de cubiertas tienen un gran peso, por lo que la estructura de soporte debe estar dimensionada para tal fin.

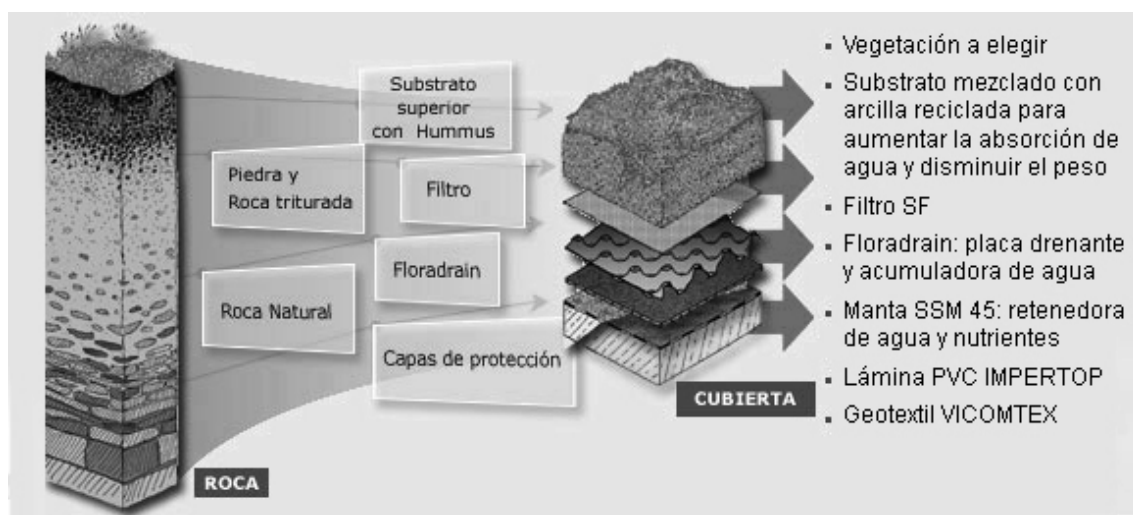


Figura 5. Esquema básico de cubierta intensiva

### Cubiertas Ajardinadas Extensivas

Las cubiertas extensivas, a diferencia de las intensivas, requieren un menor espesor de suelo. Esto implica que la vegetación que soporta no puede ser de raíz profunda, y constaría básicamente de sedums, césped, musgos. Por lo general necesitan un mantenimiento muy reducido y un menor aporte externo de agua que las cubiertas intensivas. No se puede considerar transitable, ya que en las plantas que componen estas cubiertas no soportan un tránsito intenso, pero son visitable para mantenimiento. No se considera una cubierta apta para el recreo, su funcionalidad se limita a la protección de los elementos de la cubierta base (aislamiento, impermeabilización, etc.), así como elemento de sombra para la protección directa del sobrecalentamiento solar.

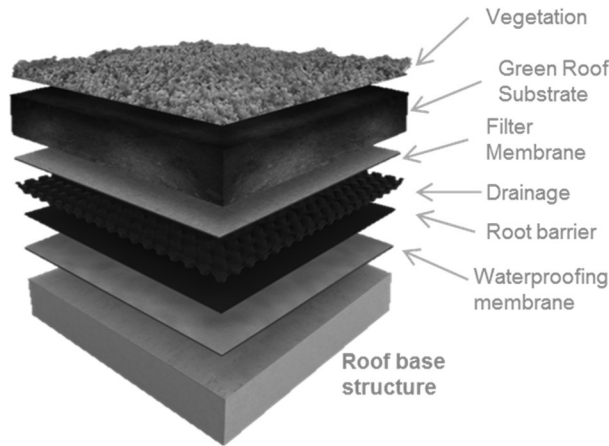


Figura 6. Esquema básico de cubierta extensiva

**Cubiertas ajardinadas extensivas ligeras**

Dentro de la categoría de cubiertas extensivas hay que diferenciar las extensivas tradicionales y las extensivas ligeras.

En la cubierta extensiva ligera se sustituye el sustrato orgánico y mineral tradicional por un sustrato ligero con una alta capacidad de retención de agua. Esta circunstancia permite disminuir el espesor total de la cubierta ajardinada y reducir drásticamente su peso, haciendo factible su incorporación en edificios existentes sin comprometer la estabilidad estructural de los mismos. Por otra parte, se consigue un mayor aprovechamiento del agua de riego y de la lluvia.

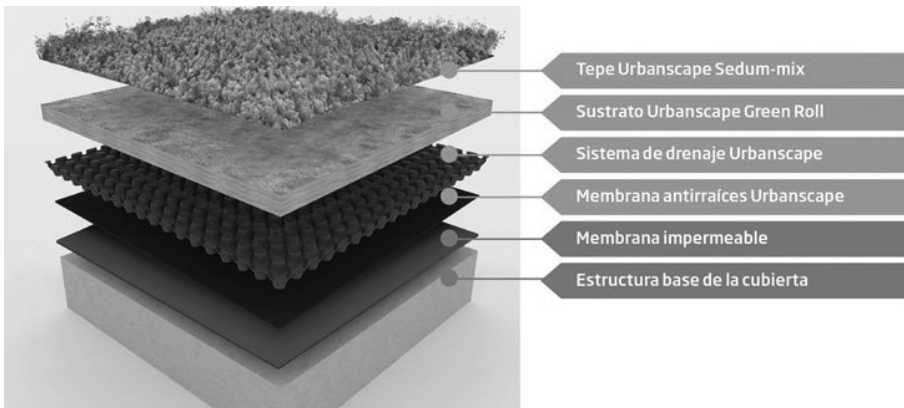


Figura 7. Esquema básico de cubierta ajardinada ligera

Tabla comparativa entre extensivas e intensivas		
Variables	Extensiva	Intensiva
Vegetación	Sedum, césped, aromáticas	Césped, arbustos ornamentales, árbol de raíz media
Altura	≤ 15 cm	De 15 a 100 cm
Intensidad de riego	Bajo	Alto
Peso	De 50 a 150 kg/m <sup>2</sup>	De 150 a 1000 kg/m <sup>2</sup>
Accesibilidad	Visitable	Transitable
Depósito de agua	De 4 a 12 mm	De 18 a 39 mm
Capacidad de carga de la cubierta	Normal	Estructura más resistente

Mantenimiento	Reducido	Similar a un jardín convencional
Pendiente de la cubierta	Hasta 45º	Plana o en Bancales

Tabla I. Comparativa entre cubiertas extensivas y cubiertas intensivas

## BENEFICIOS DE LAS CUBIERTAS AJARDINADAS

### Medioambientales

#### *Reducción del efecto isla de calor urbana*

Las cubiertas verdes son uno de los modos más eficaces de reducir la temperatura ambiente en las zonas urbanas. Durante el verano las temperaturas de las ciudades se sitúan entre 5 y 7°C por encima de las zonas rurales debido a la absorción de calor de los edificios y de las calles. La temperatura de una cubierta tradicional puede ser hasta 40°C más elevada que la de una cubierta verde. Según un estudio realizado por el Centro Tyndall para el Cambio Climático se necesita un 10% más de vegetación en las ciudades para mitigar el efecto isla de calor urbana.

#### *Reducción del CO2*

Las cubiertas verdes ayudan a reducir la cantidad de CO2 presente en la atmósfera, que se considera una de las causas más importantes del calentamiento global. 1 m2 de cubierta verde puede absorber 5 kg de CO2 al año. Los investigadores calculan que 1 m2 de cubierta verde ayudan a absorber 0,2 kg/año de partículas en suspensión del aire.

#### *Retención de aguas pluviales*

Una ventaja fundamental de las cubiertas verdes es el aprovechamiento de las aguas pluviales, reduciendo la carga de los sistemas de alcantarillado entre un 70 y un 95%. La capacidad de retención de aguas pluviales ayuda a limitar los accidentes provocados por precipitaciones abundantes.

#### *Depuración de las aguas pluviales*

Mediante biofiltración natural, las cubiertas verdes impiden que los contaminantes y las toxinas lleguen a las corrientes y a los canales. Según un estudio de Kohler & Schmidt (1990), el 95% del plomo, cobre y sulfuro de cadmio y el 19% del cinc que procede de las aguas pluviales se queda en el sustrato, lo que ayuda a mejorar la calidad del agua de la zona.

#### *Aire más limpio*

La vegetación que conforman las cubiertas verdes recogen las partículas en suspensión del aire, tales como polución urbana, metales pesados y compuestos orgánicos volátiles representando un efecto positivo en la calidad del aire y en la salud de los habitantes. Según varios estudios, la presencia de zonas verdes tiene un efecto psicológico relajante, ayuda a reducir la presión sanguínea y disminuye las pulsaciones

#### *Hábitat natural*

Las cubiertas verdes sirven de hábitat para varias especies y restablecen el ciclo ecológico alterado por la infraestructura urbana.

## Económicos

### *Vida útil de las cubiertas*

Las cubiertas verdes aumentan la durabilidad de los sistemas de estanqueidad. Los materiales sobre los que se asientan están protegidos de los daños mecánicos, de la radiación ultravioleta y de las temperaturas extremas, reduciendo los costes de reparación y mantenimiento.

### *Rendimiento energético*

Las cubiertas verdes ayudan a reducir el consumo de energía necesario de calefacción y refrigeración en un 25 y un 75%, respectivamente. Debido a los constantes aumentos de precio de la energía, reducir los costes de climatización resulta cada vez más importante.

### *Confort acústico*

Las cubiertas verdes ofrecen un buen aislamiento acústico, contribuyen a la reducción del estrés provocado por el ruido urbano y crean entornos más agradables. Cabe destacar su incidencia en áreas urbanas colindantes a zonas industriales y aeropuertos.

## Sociales

### *Aspecto natural*

El carácter natural de las cubiertas verde suaviza el aspecto de las construcciones de hormigón de las zonas urbanas e introduce cambios importantes en la arquitectura moderna. Permiten crear un hábitat ecológico dentro de las grandes urbes.

### *Espacio verde útil*

Las cubiertas verdes proporcionan espacios ajardinados en las zonas urbanas, recuperando su conexión con la naturaleza y creando áreas comunitarias donde fomentar el ocio y las relaciones sociales. Las cubiertas verdes revalorizan los inmuebles comerciales y residenciales.

### *Agricultura urbana*

Adicionalmente, las cubiertas verdes pueden crear oportunidades para la agricultura urbana. Pueden reducir la huella ecológica de la población, gracias a la creación de sistemas de alimentación locales y garantizar la autonomía de recursos alimenticios.

## PRESENTE Y FUTURO

Actualmente las cubiertas ajardinadas se están convirtiendo en un valor al alza para el fomento de la mejora ambiental de las grandes ciudades. Ejemplo de ello son los planes de implementación de este tipo de cubiertas en ciudades como Barcelona, Pla de Verd i Biodiversitat de Barcelona 2020 o Madrid, plan Madrid + Natural.

A nivel europeo ya es una realidad la implementación de las cubiertas ajardinadas como por ejemplo Copenhague que obliga a los nuevos edificios a incorporar algún tipo de vegetación en la azotea, o Francia, que igualmente obliga a la incorporación de techos verdes o paneles solares.

# BLESIL: RECOGIENDO LAS MEJORES PRÁCTICAS Y SOFTWARES INNOVADORES DE PROYECTOS EUROPEOS PARA FORMAR AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN HACIA LOS EECN

José Andrés López Pérez & Eva Sanchís Pelegrín, AITIIP  
Ángel Martínez López & Eva Roldán Saso, GEEZAR SOLUCIONES, S.L.  
Robert Gerylo, Michal Piasecki & Dominic Bekierski, ITB  
Duygu Başoğlu & Gülfem Inaner, EKODENGE

**Resumen:** Proyecto BLESIL tiene el objetivo de mejorar los conocimientos y habilidades de este sector de profesionales europeos. Para ello, se proporcionará formación a estos profesionales en materia de eficiencia energética y sostenibilidad de edificios y en las distintas fases del ciclo de vida de los edificios: Diseño, Construcción, Operación-Mantenimiento y Uso final. El contenido formativo será impartido en modalidad online y de forma gratuita, con una duración total de 60 horas y estará disponible en varios idiomas (inglés, español, turco y polaco), de modo que los profesionales interesados puedan formarse y adquirir competencias de alta calidad en esta temática para ser capaces de desarrollar su actividad profesional en línea con el objetivo NZEB.

**Palabras clave:** EPBD, NZEB, Profesionales de la Construcción, Capacitación, Plataforma E-learning

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Europa se han presentado tres grandes retos a los que debe hacer frente para asegurar un adecuado escenario futuro: la crisis económica, la inseguridad de abastecimiento energético y el cambio climático asociado al aumento en las concentraciones del CO<sub>2</sub> atmosférico. Para ello, la Unión Europea (UE) ha ido definiendo objetivos clave y planes a llevar a cabo en los próximos años, como la *Estrategia Europa 2020*. Ésta consiste en acciones a gran escala orientadas a alcanzar un crecimiento sostenible basado en la eficiencia energética y uso de energías renovables, en el conocimiento e innovación y en la cohesión social y territorial.

En materia de eficiencia energética en particular, en 2008 la UE estableció el triple objetivo para el 2020 consistente en: la reducción de un 20% de emisiones de CO<sub>2</sub>, el uso de al menos un 20% de la energía procedente de fuentes renovables y la reducción de un 20% del consumo de energía primaria mediante el incremento de la eficiencia energética y el ahorro. En este sentido, el sector de la edificación es responsable del 40% del consumo final en la UE, y por tanto es un elemento clave para alcanzar dichos objetivos. Debido a esto, en 2010 la UE publicó la *EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)*, donde se estableció una serie de medidas: una metodología común para calcular la eficiencia energética en edificios, los requisitos mínimos de eficiencia a alcanzar tanto para nuevas construcciones como rehabilitaciones, los sistemas de certificación energética a emplear y los requisitos para las inspecciones periódicas de las calderas y sistemas centrales de aire acondicionado.

La EPBD también planteó el concepto de *NZEB (Nearly Zero Energy Building)* o *edificios de consumo casi cero*, definido como "el edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto cuya cantidad casi nula o muy baja de energía consumida deberá estar cubierta en amplia medida por energía renovable producida in situ o en el entorno". Según esta EPBD, los países miembros de la UE deben garantizar que todos los edificios públicos que construyan o rehabiliten a partir de 2018 sean NZEB, y en el caso del resto de edificios, lo sean a partir de 2020. Así, el impacto de esta directiva será significativo para el logro de los objetivos europeos de 2020, pero para ello es fundamental disponer de profesionales de la construcción con una alta cualificación y nivel de competencia en materia de eficiencia energética capaz de materializarla. Sin embargo, la misma UE reconoce la actual deficiencia en dichas habilidades y competencias y la necesidad de mejorarla para cumplir de forma satisfactoria con el EPBD en el tiempo establecido.



## Objetivos

En este sentido y en línea con esta necesidad, el Proyecto *BLESIL (Building Lifecycle Energy Saving Integral Learning)* enmarcado en el programa *ERASMUS+* de la Estrategia Europa 2020, tiene el objetivo de mejorar los conocimientos y habilidades de este sector de profesionales europeos. En concreto, BLESIL consiste en la formación de distintos perfiles de profesionales de la construcción (urbanistas, arquitectos, constructores e instaladores) en materia de eficiencia energética y sostenibilidad, y sobre distintas fases del ciclo de vida de los edificios: Diseño, Construcción, Operación-Mantenimiento y Uso final. La formación será impartida mediante TICs, por lo cual se está generando una plataforma digital e-Learning que contendrá todo el contenido formativo elaborado por los socios del proyecto empleando técnicas, metodologías y software novedosos resultantes de otros proyectos europeos previos. Una vez se haya elaborado todo este material educativo, será subido a la plataforma online y puesto a disposición de los profesionales de la construcción de forma gratuita, para que puedan adquirir competencias de alta calidad y ponerlas en práctica en su actividad profesional en línea con el objetivo NZEB. El contenido educativo, como muestra la Figura 1, estará dividido en los siguientes 4 módulos: *Diseño, Construcción, Operación-Mantenimiento y Gestión del edificio por los usuarios finales*.

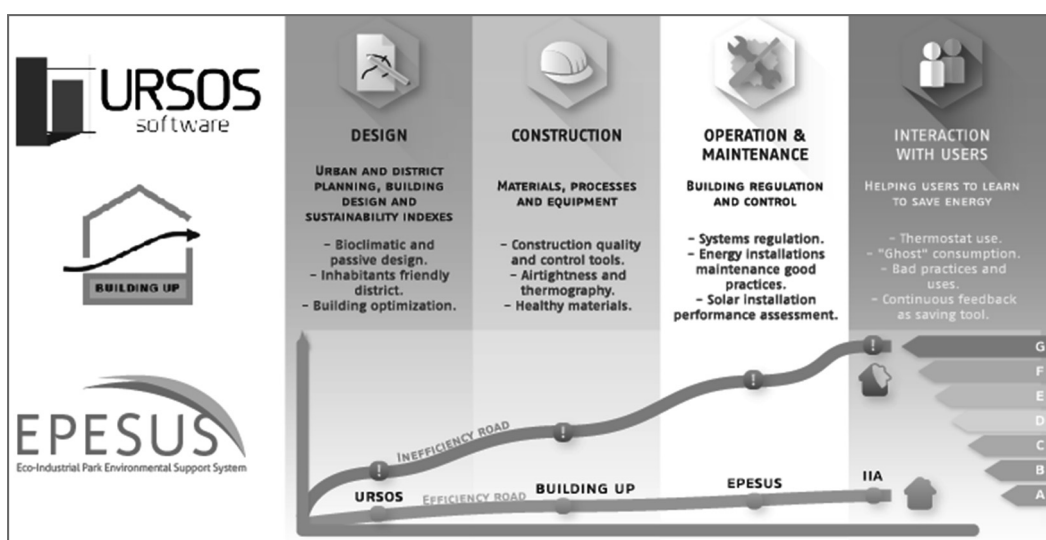


Figura 1. Resumen de los 4 módulos formativos que estarán disponibles en la plataforma e-learning del proyecto

Los socios del proyecto constituyen una alianza bien equilibrada entre entidades educativas, como son ITB (Polonia) y AITIIP (España), y PYMES del sector de la construcción, como son GEEZAR (España) y EKODENGE (Turquía):

- **AITIIP** es un centro español de referencia para el desarrollo de proyectos de investigación en diseño y fabricación de componentes plásticos, moldes y procesos de transformación (moldes de inyección, extrusión, extrusión por soplado, etc.). AITIIP está muy comprometido con la formación vocacional, coordinando 2 proyectos Erasmus+ y participando en otros dos.
- **GEEZAR Soluciones S.L.** es una compañía tecnológica Spin-Off universitaria en el campo del ahorro energético a través del conocimiento, monitorización y simulación de consumos. GEEZAR ha sido reconocida como empresa de interés social por el Instituto Aragonés de Empleo y como empresa tecnológica innovadora por CEEI Aragón, dependiente del Gobierno de Aragón. ([www.geezar.es](http://www.geezar.es))
- **ITB** es un instituto polaco de investigación cuya principal actividad investigadora se basa en asegurar la calidad en la actividad y productos del sector de la construcción y la protección de los intereses de los usuarios de los edificios.
- **EKODENGE** es una ingeniería turca cuya actividad se centra en la consultoría, investigación y desarrollo de tecnologías medioambientales, tecnologías de la información y sistemas arquitectónicos sostenibles.

## Estudio sobre las necesidades de formación de los profesionales de la construcción

Como paso previo a la elaboración del contenido formativo, cada socio del proyecto ha realizado un estudio de situación para conocer el nivel actual de conocimientos y habilidades de los trabajadores de la construcción en cuanto a eficiencia energética y la oferta de estudios disponible al respecto, en sus respectivos países (Polonia, Turquía y España). Los resultados obtenidos han permitido determinar qué profesionales del sector de la construcción presentan mayor necesidad de formación sobre la EPBD y el estándar NZBE, e identificar en qué temáticas del ciclo de vida de edificios necesitan mejorar sus habilidades y competencias. De esta forma, los esfuerzos de formación del proyecto se centrarán en los perfiles profesionales y las temáticas que presenten un mayor potencial de mejora hacia la materialización del estándar NZBE.

Para llevar a cabo este estudio de situación, en cada país se ha seleccionado un grupo representativo de profesionales de la construcción con distintos perfiles (arquitectos, ingenieros, profesores universitarios, urbanistas, expertos en energías renovables, trabajadores del sector público, etc.) y se les ha realizado encuestas diseñadas específicamente para este fin. El diseño de las encuestas se realizó conjuntamente entre los socios del proyecto, de forma que permitiera analizar las necesidades formativas de los distintos perfiles profesionales en cuanto a eficiencia energética en la edificación. Para ello, hubo que definir los distintos niveles o perfiles profesionales que se iban a analizar y los temas relativos a la edificación de los cuales se quería conocer las necesidades de formación. En cuanto a los niveles profesionales del sector de la construcción, se definieron los siguientes 6 perfiles: Operarios (N1), Técnicos básicos (N2), Técnicos especialistas (N3), Especialistas (N4), Ingenieros/Arquitectos (N5), Doctores/Directores (N6). Para definir estos niveles, se empleó como referencia el esquema de competencias del Marco Europeo de Cualificaciones (EQF), cuya equivalencia de escalas puede verse en la Tabla I.

Escala EQF	Conocimiento	Escala BLESIL
1	Conocimientos generales básicos	N1
2	Conocimiento de los hechos básicos de un campo de trabajo o estudio	
3	El conocimiento de los hechos, principios, procesos y conceptos generales, en un campo de trabajo o estudio	N2
4	Conocimientos fácticos y teóricos en contextos amplios en un campo de trabajo o estudio	N3
5	Conocimiento integral, especializado, fácticos y teóricos en un campo de trabajo o estudio y el conocimiento de los límites de ese conocimiento	N4
6	Conocimientos avanzados de un campo de trabajo o estudio, que incluye una comprensión crítica de teorías y principios	N5
7	Conocimientos altamente especializados, algunos de los cuales está en la vanguardia del conocimiento en un campo de trabajo o estudio, como la base para el pensamiento y/o investigación original. Conciencia crítica de cuestiones de conocimiento en un campo y en la interfaz entre diferentes campos.	
8	Conocimientos en la frontera más avanzada de un campo de trabajo o estudio y en la interfase entre los campos	N6

Tabla I. Niveles de competencia definidos por el Marco Europeo de Cualificaciones (EQF) frente a la Escala propuesta en el proyecto BLESIL

En cuanto a la temática relativa a eficiencia energética de edificios, se realizó una matriz de necesidades de capacitación de acuerdo a los requerimientos de la EPBD y se clasificaron en las 5 etapas del ciclo de vida de un edificio: Diseño, Producción, Construcción, Uso y Fin de vida. Una vez definidos los niveles profesionales y las temáticas objetos de estudio, se diseñó un formato de encuesta capaz de analizar las

necesidades de formación y nivel de conocimientos actual existente en el sector de la construcción y fue enviada a los grupos de expertos seleccionados de los 3 países para que fueran respondidas. A la hora de responder a la encuesta se solicita a los participantes la asignación de puntuaciones a los distintos temas del ciclo de vida de los edificios, en función de dos aspectos: el nivel de importancia que cada tema tiene para el adecuado desempeño de la actividad profesional en línea con el EPBD (columna A), y el nivel de oferta formativa existente en los programas educativos estatales actuales sobre esa temática (columna B). La combinación de puntuaciones asignadas a ambas columnas para cada tema da como resultado el *Índice de Potencial Formativo, IPF* (columna C), que refleja el potencial de mejora que presenta la formación sobre ese tema y el interés que tiene el aumentar la capacitación del profesional en vistas a alcanzar el estándar NZEB. El cálculo del IPF ha sido definido por los socios del proyecto y se obtiene mediante la siguiente expresión (1):  $IPF = A \times (6-B) / 5$ . Siendo:

- A: Grado de Importancia concedido al hecho de que un determinado perfil profesional cuente con conocimientos sobre cada temática para el correcto desempeño de su actividad profesional, en vistas al cumplimiento del estándar NZEB (puntuado de 1 a 5 de menor a mayor grado de importancia respectivamente).
- B: Oferta formativa sobre la temática en los programas de estudios nacionales disponibles actualmente (puntuada de 1 a 5 de menor a mayor oferta formativa respectivamente).

Índice de Potencial Formativo (IPF): refleja el grado de necesidad formativa de un determinado profesional en una temática concreta y, por tanto, el potencial de mejora que presenta su formación con el proyecto BLESIL. Así, el proyecto deberá enfocarse hacia la formación de los profesionales y temáticas con un mayor IPF.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de IPF obtenidos con las encuestas realizadas en los 3 países estudiados (Turquía, Polonia y España), tanto por nivel profesional de los trabajadores del sector como por temas del ciclo de vida de los edificios, respectivamente. En cuanto a los IPF por niveles profesionales (Fig. 2), si nos centramos en los valores promedios representados por las columnas en amarillo, se puede ver como los mayores potenciales formativos lo presentan los niveles medios y altos (N3 a N6), con valores comprendidos entre 2,7 y 3,3, mientras que los niveles más bajos (N1 y N2) presentan valores medios que quedan muy por debajo de 2, en términos relativos.

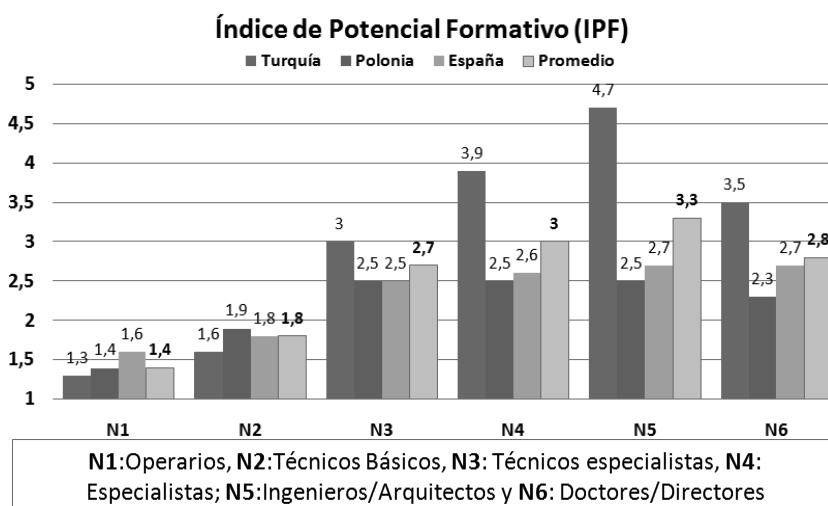


Figura 2. Comparativa de IPF según nivel profesional de los trabajadores del sector para los tres países analizados así como su valor promedio

En cuanto a los IPF por etapas del ciclo de vida de la edificación (Fig. 3), los valores de potencial formativo son más homogéneos entre una temática y otra, estando los valores promedio de los tres países entre 2,3 y 2,7.

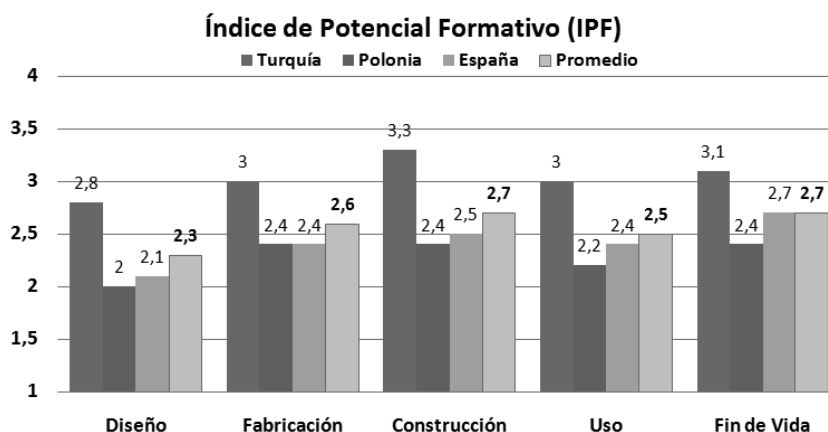


Figura 3. Comparativa de IPF entre temas relativos a las etapas del ciclo de vida de edificios por países y valor promedio

A modo de resumen, en la Fig. 4 se muestra una comparativa de los valores de IPF obtenidos tanto por etapas del ciclo de vida del edificio como por tipo de trabajador del sector de la construcción, es decir, la combinación de los valores promedio de las Fig. 2 y 3.

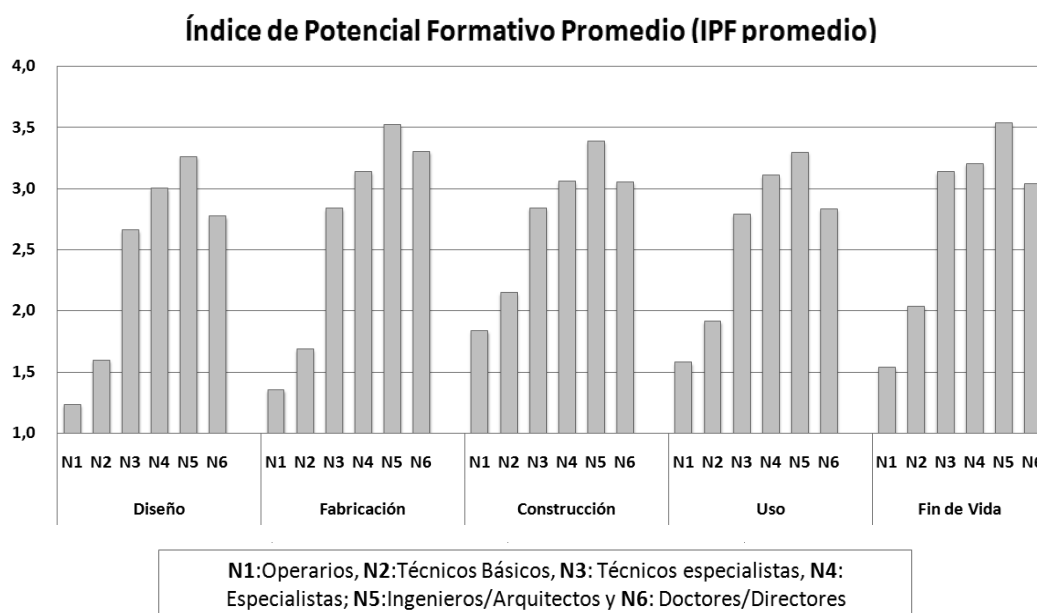


Figura 4. Valores promedio de IPF por etapas del ciclo de vida de edificios y niveles profesionales, correspondientes a los 3 países estudiados

Así, a la vista de los resultados de IPC obtenidos del estudio, se puede afirmar que existe necesidad de formación en lo relativo a cumplir con los objetivos del EPBD, en todas las etapas del ciclo de vida de los edificios y para todos los niveles profesionales del sector de la construcción. Sin embargo, como muestra la Figura 4, el mayor potencial formativo lo presentan las categorías profesionales de nivel medio-alto (N3 a N6).

Esto es debido, en su mayor parte, a que tienen el mayor poder de decisión en términos de diseño, planificación, elección de materiales, aplicación de innovaciones, etc., a la hora de garantizar el

cumplimiento del NZEB en su actividad profesional. Es decir, estos perfiles profesionales cuentan con una mayor capacidad de hacer efectiva la construcción de edificios con alta eficiencia energética.

Por esta razón, desde el proyecto Blesil se ha decidido diseñar el plan de estudios específicamente para cubrir la actual falta de conocimientos y habilidades detectados en estos perfiles profesionales en particular, tan necesarios para hacer frente al cumplimiento de los requerimientos exigidos en la EPBD para 2020.

Además, este plan formativo se ha elaborado de acuerdo al Marco Europeo de Capacitación (EQF) con vistas a proporcionar a los alumnos una acreditación común dentro de la Unión Europea que favorezca la movilidad profesional entre países.

El curso se dividirá en los siguientes **módulos** formativos:

**1. URSOS: Diseño Urbano Sostenible**

- Contexto e Introducción
- Diseño eficiente: Diseño urbano y de edificios
- Uso del programa informático URSOS

**2. Mejores Técnicas para la Edificación Energéticamente Eficiente**

- Eficiencia y Sostenibilidad
- Ambiente interior sano y confortable
- Materiales constructivos ecológicos, reciclables y reutilizables.
- Materiales y Sistemas avanzados de aislamiento térmico
- Sistemas de generación de energía térmica y eléctrica, y sistemas de almacenamiento energético integrados en el edificio.

**3. Uso y Mantenimiento Eficiente de las instalaciones energéticas del Edificio**

- Sistemas de control, de gestión y de mantenimiento de edificios
- Sistemas de monitorización y optimización de procesos con ayuda de equipos automáticos
- Generación de procesos o subprocesos para la mejora del funcionamiento de los sistemas energéticos del edificio.
- Identificación, realización y revisión de requerimientos legales para la gestión energética de edificios (Responsabilidad del Gestor)
- Monitorización y control de los costes de operación

**4. Metodología IIA: Reducción del consumo energético del usuario final del edificio**

- Metodología IIA: Contexto
- Técnicas de formación e interacción con los usuarios finales del edificio que eviten hábitos diarios derrochadores de energía
- Sistemas de monitorización y adquisición de datos
- Análisis de información recopilada y sistemas de visualización de resultados.

De esta forma, con la formación de este sector profesional, el proyecto pretende por un lado, contribuir a la Estrategia Europa 2020 enfocada al desarrollo de una economía del conocimiento, la innovación, más verde y competitiva; y por otro lado, contribuir al cumplimiento de la EPBD sobre el comportamiento energético de edificios, totalmente dependiente de las habilidades y competencias con las que cuenten los profesionales de la construcción para que su implementación sea materializada de una forma realmente exitosa.

# LA NECESIDAD DE UN ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR EN LA FORMACIÓN DEL SECTOR DE EECN: PROYECTO PROF/TRAC

**Cristina Jareño Escudero**, Arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)  
**Leticia Ortega Madrigal**, Doctora arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)  
**Laura Soto Francés**, Doctora arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)  
**Carolina Mateo Cecilia**, Doctora arquitecta, Instituto Valenciano de la Edificación (IVE)

**Resumen:** La formación en EECN es un pilar clave en una estrategia que busque su incremento en el sector de la construcción. Diferentes proyectos europeos apuntan entre sus conclusiones la necesidad urgente de formar a los agentes involucrados. En este marco, el proyecto PROF/TRAC "PROFessional multi-disciplinary TRaining and Continuing development in skills for NZEB principles" ofrece una solución para lograr un enfoque multidisciplinar en la formación del sector de EECN. Este enfoque se desarrollará mediante la creación y mantenimiento de una plataforma de educación para la formación continua de los profesionales en el sector. El enfoque propuesto dará lugar a una reducción sustancial de la inadecuación de las cualificaciones de los profesionales, el aumento de la capacidad de gestión para apoyar la innovación a través de nuevas habilidades de liderazgo, diseño, construcción y gestión de los profesionales de nivel medio y superior y el fomento de una mejor cooperación entre disciplinas.

**Palabras clave:** Consumo Energía Casi Nulo, Construcción, Rehabilitación, Formación, Formación de Formadores, Plataforma

## INTRODUCCIÓN

La construcción y rehabilitación de EECN requiere una gran contribución del sector de la edificación y supone un reto para la industria de la construcción con el uso de procesos de diseño y técnicas innovadoras. Además, para que la construcción y el diseño de EECN tengan éxito, se requiere un diseño integrado y trabajar en equipos multidisciplinarios. Para ello es esencial una comprensión básica de diferentes disciplinas. Sin embargo, este enfoque todavía no es muy común y se suele trabajar en un proceso fragmentado. Por lo que se hace especialmente necesaria la colaboración entre arquitectos, ingenieros y promotores, de forma que haya una comprensión mutua de las respectivas disciplinas y se puedan adquirir las competencias necesarias para la construcción y rehabilitación óptima de EECN, tanto en términos de eficiencia energética como de efectividad de los costes.

Las barreras que se encontraron a la hora de plantear el proyecto, y que se consideró que era necesario solventar son las siguientes:

- Existencia de un desequilibrio entre las competencias existentes y las necesarias, así como de la capacidad de gestión de los profesionales.
- No es muy común la colaboración entre las diferentes disciplinas y profesionales del sector de la edificación.
- Los profesionales tienen una falta de información sobre las cualificaciones y los materiales de formación disponibles.
- No hay mapeados y cualificaciones disponibles de las competencias necesarias para determinados grupos específicos. La mayor parte del material de formación disponible se centra en un grupo específico o en una técnica o concepto.
- Los materiales de formación y la educación se crea ad-hoc, sin consenso o sin un marco de cualificación de base.
- Además, los materiales de formación se deberían actualizar para que la formación pueda ser sostenible y adecuada al proceso de aprendizaje a lo largo de la vida.

## EL PROYECTO

El proyecto PROF/TRAC pretende ofrecer una solución a esas barreras con el desarrollo y el mantenimiento de una plataforma de educación abierta. Par ello, los principales pilares en los que se basa son los siguientes:

1. Mapeado de las cualificaciones requeridas y las lagunas en las mismas para los profesionales de EECN.
2. Desarrollo de una plataforma de formación abierta que incluye métodos para un acceso sistemático y sostenible al conocimiento.
3. Desarrollo de un programa de formación de formadores para el plan de estudios desarrollado y / o esquema de cualificación. Este programa de formación se pondrá a prueba a escala nacional en siete pilotos y en el ámbito internacional por un programa de capacitación de formadores.
4. Desarrollo de material de formación para su uso en formación en el campo de EECN.

## Metodología

La aproximación global del proyecto PROF/TRAC se basa en poner en marcha de forma rápida una serie de acciones, para ello aprovecha las estructuras y material ya existentes de proyectos previos. A resumir:

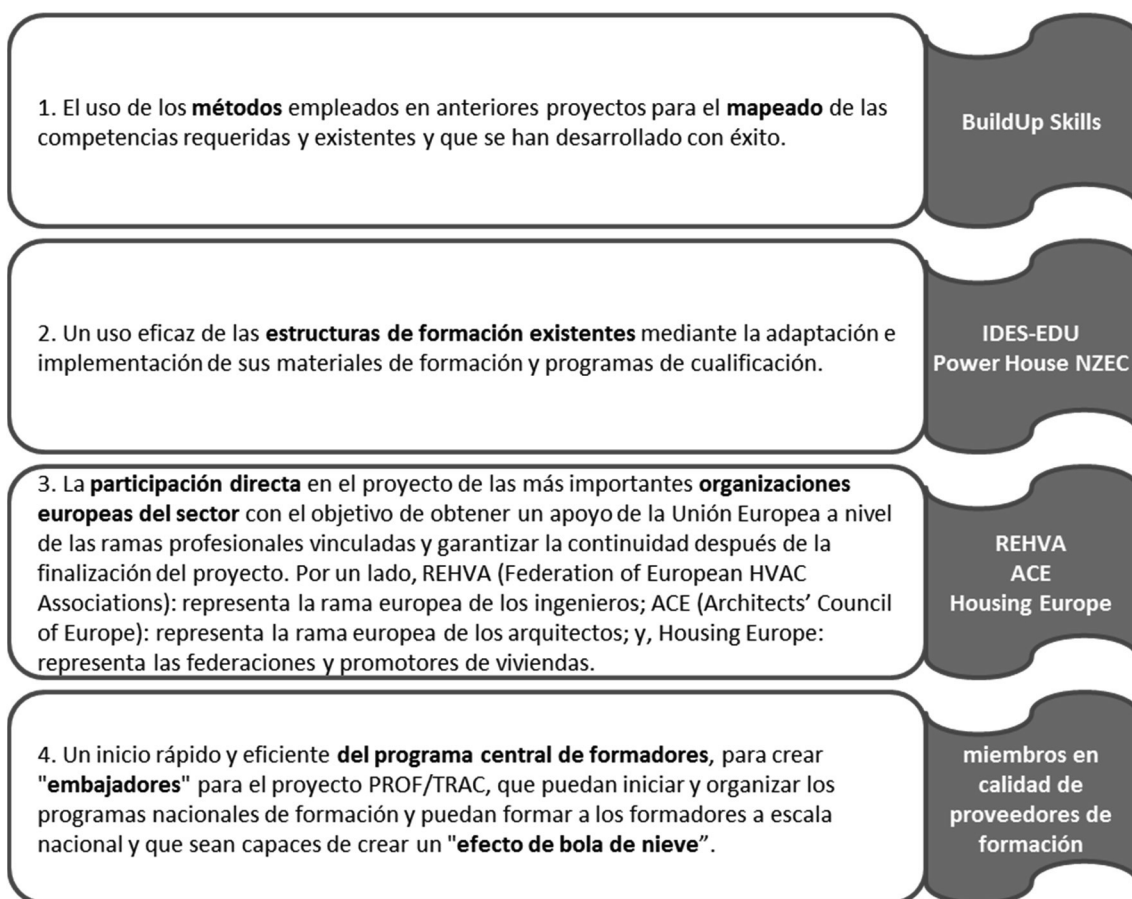


Figura 1. Metodología y pilares básicos del proyecto PROF/TRAC

En el siguiente esquema, aunque está pensado para la difusión del proyecto, se puede ver la estructura y organización del mismo con el objetivo común de la plataforma de formación.

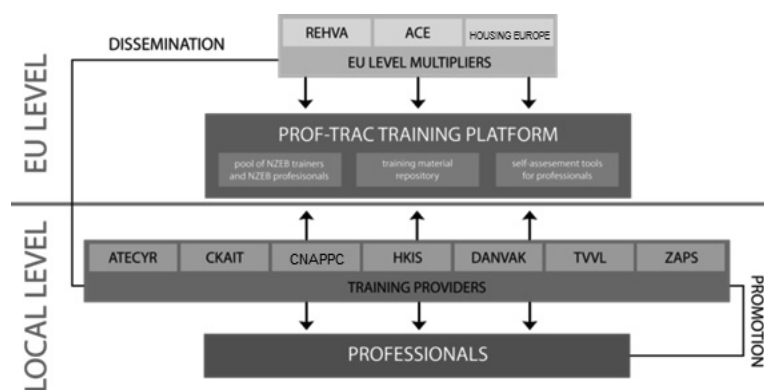


Figura 2. Esquema de difusión del proyecto

Los socios que empezarán con las acciones formativas a escala nacional pertenecen tanto a entidades miembro de REHVA como de ACE. En el caso de España, ATECYR y el Instituto Valenciano de la Edificación están planificando ya el primer curso de formación. Lo que es más, se está colaborando con otras entidades (Universidad Politécnica de Valencia) involucradas en otros proyectos europeos como MeNS Project para así aunar esfuerzos en una estrategia común.

## Estructuras para la identificación de lagunas de competencias

El proyecto ha empezado con el mapeado de las profesiones relacionadas con la construcción y rehabilitación de EECN. También se han mapeado las competencias específicas que se necesitan frente a las competencias actuales disponibles. Esta parte se ha podido realizar de forma rápida gracias al aprovechamiento de la metodología desarrollada en proyectos previos como BuildUp Skills.

## Desarrollo de una Plataforma de Formación Abierta

El núcleo del proyecto es la actualización y desarrollo de una plataforma de formación continua que tiene las siguientes funcionalidades:

- Informar sobre el programa de formación europeo, los formadores y las organizaciones de formación.
- Informar sobre los perfiles de los profesionales que se necesitan para la construcción de EECN.
- Informar sobre la bolsa de profesionales (ingenieros y arquitectos que han finalizado la formación con éxito).
- Plataforma Europea de Aprendizaje Mutuo sobre la construcción y rehabilitación de EECN para profesionales de la construcción con herramientas de formación en línea.

Es más, la Plataforma se utilizará para:

- Organizar los programas de formación de formadores (el primero, como tuvo lugar en febrero de 2016 ya se ha organizado mediante la misma).
- Armonizar los programas de formación a nivel nacional.
- Un plan de formación y cualificación para la adaptación a nivel nacional de acuerdo con el Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente.
- Mantener la explotación de los resultados y el repositorio de material después de la finalización del proyecto. Por lo tanto, se ideará un plan de negocio para la explotación después del proyecto

La plataforma se puede consultar en el siguiente enlace <http://proftrac.eu/open-training-platform-for-nzeb-professionals.html>



## Programa central de formación de formadores (FdF)

El objetivo del programa es formar y crear “embajadores” para el proyecto para así crear un marco común. El programa se ha organizado bajo el marco de las entidades del sector de la construcción que representan a nivel europeo (ya mencionadas previamente: REHVA, ACE and Housing Europe). La idea es que el proyecto permita la cualificación masiva mediante la formación en este programa de un grupo de pioneros de forma que se cree un efecto de bola de nieve. Estos formadores recién formados actuarán de embajadores del proyecto y se harán cargo de la puesta en marcha y desarrollo de la formación a nivel nacional, y adaptándola a las necesidades nacionales en materia de competencias y cualificaciones requeridas, las especificidades climáticas y de construcción.

En conclusión, hay dos niveles de formación, una a nivel internacional con el programa de formador de formadores. Otra a nivel nacional, donde los asistentes al programa de formador de formadores (“embajadores”) se encargan de organizar los cursos de formación en EECN.

## El uso de materiales y estructuras existentes para la formación y cualificación

Se ha aprovechado y recopilado el material de formación desarrollado en proyectos previos recientes del programa Intelligent Energy – Europe, como por ejemplo, los proyectos IEE IDES-EDU, IEE POWERHOUSE nZEC, IEE SHELTER and IEE TRAINREBUILD. Este material se desarrolló a nivel europeo para los profesionales de alto y medio nivel.

Pero además se pondrá disponible a través de la plataforma el material elaborado en el marco de los cursos que se desarrollen. El objetivo es:

- Dar acceso continuo a los proveedores de formación que se unan a la plataforma durante y después del proyecto.
- Crear un sistema sostenible de co-creación en el que los profesores y actores implicados puedan comunicarse entre sí sobre los nuevos conocimientos y hacer las actualizaciones necesarias conforme las normas y reglamentos.
- Desarrollo de pequeños tests que permitan a los profesionales seleccionar los módulos que necesitan.

The screenshot shows the 'TRAINING MATERIAL REPOSITORY' page on the PROF/TRAC platform. It features a search bar at the top right and a navigation menu with 'PROF / TRAC TEAM', 'TRAINING PROVIDERS', and 'TRAINING MATERIALS'. Below the header, there's a section titled 'TRAINING MATERIAL REPOSITORY' with a tree icon and a note: 'On this page you can find all relevant training materials on NZEB. Use the filter form on the left to narrow the results.' On the left, there are several dropdown filters: 'Topic', 'Type of project', 'Building use', 'Type of material', and 'Language'. The main content area displays a table of training materials with columns for 'Relevant report', 'Topic', and 'Project'. The table lists several reports, such as 'The Comfort Houses: Measurements And Analysis Of The Indoor Environment And Energy Consumption In 8 Passive Houses (2008-2013)', 'Energinævnt Bystyret - Definition og fremskridt i sømfundet', 'Energinævnt Bystyret - Designprincipper og byggede eksempler for enfamiljehuse', 'Energinævnt Bystyret - Tekniske løsninger', 'Zero Energy Buildings - DESIGN PRINCIPLES AND BUILT EXAMPLES', 'Survey Findings Report', and 'Final conclusions report'.

Figura 3. Web PROF/TRAC con el repositorio de material de formación disponible

## Próximos pasos

En los próximos meses se van a desarrollar las acciones formativas en calidad de acciones piloto, que una vez finalizadas permitirán retroalimentar tanto el programa de formador de formadores como a los propios cursos.

Para dar coherencia a todos los cursos, desde el Instituto Valenciano de la Edificación se ha elaborado una guía en la que se dan las principales directrices a seguir acordes con el proyecto. La explicación de la misma forma parte del contenido del programa de formador de formadores.



Figura 4. Bases para el desarrollo de programas de formación nacional

En la Guía, se contemplan los factores que hay que considerar para diseñar los cursos, tales como la educación, experiencia profesional, ubicación y antecedentes culturales, motivación, conocimientos de informática, conocimientos técnicos, capacidades de hardware y software (requisitos mínimos) (Hamza, 2012). Además, cuando los alumnos son adultos, éstos tienen características especiales que se deben tener en cuenta a la hora de preparar el material, elegir el enfoque las herramientas y la plataforma de formación (Knowles et. Al, 2005). También se incluyen consejos para abordar su formación. Por último, se contemplan cinco sugerencias de cómo enfocar perfiles diferentes en el mismo curso: elección de representantes, cuestionarios, trabajo de formación en equipo, competiciones y lluvia de ideas sobre los mapas de competencias.

En total, 7 pilotos se han definido para cubrir por país los siguientes cursos:

1. Interdisciplinary approach and cross disciplinary team work for nZEB design (Croatia)
2. Upgrade course. Strategy for design, assessment, operation and maintenance of nZEB. Educational program for energy specialists (Czech Republic)
3. How to design your first nZEB? (Denmark)
4. NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS. Planning for sustainable development (Italy)
5. Multidisciplinary design of nZEB (The Netherlands)
6. Designing nZEB BUILDING – Multidisciplinary approach (Slovenia)
7. How to manage and design a NZEB (Spain)

Entre las estrategias planificadas, se pretende utilizar el material disponible en el repositorio de la Plataforma. Pero sobretodo, integrar las diferentes disciplinas en grupos de trabajo mixtos que trabajarán sobre ejercicios comunes para poder debatir las necesidades de cada profesión y fomentar así la comprensión mutua. En la mayoría de los países se realizará un test previo para saber si los profesionales asistentes al curso tienen el nivel requerido para poder participar en los talleres. Si no es así, se les redirigirá para su autoformación a través de los módulos de formación en línea disponibles en la Plataforma.

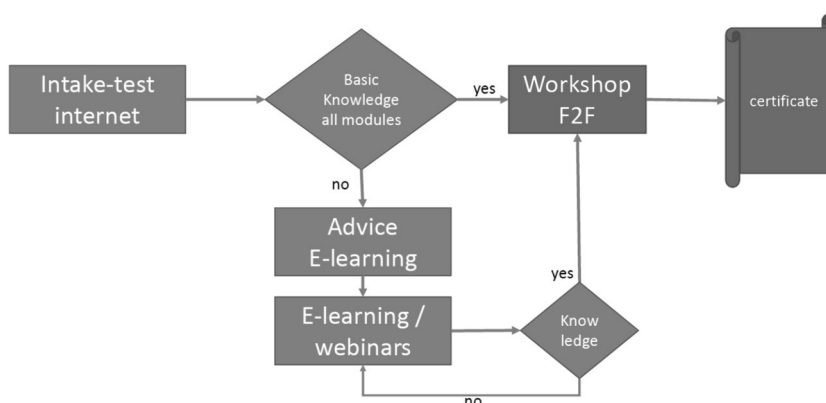


Figura 5. Ejemplo del enfoque del curso holandés

## RESULTADOS

Por el momento se ha elaborado la metodología para el mapeado de competencias y el mapeado en los siete países donde se va a llevar a cabo la acción piloto. Se ha creado la plataforma con el repositorio de material de formación y se ha llevado a cabo el primer curso de formación de formadores. En ese curso se sentaron las bases para preparar los cursos a nivel nacional, que tendrán lugar entre junio y agosto.

Se constata la importancia de los roles que tienen las diferentes profesiones en cada uno de los países, es por ello que, además de especificarlos en cada país, el mapeado se deberá realizar por cada país que quiera formar a sus técnicos en EECN con este enfoque multidisciplinar. La guía con la metodología a seguir para el mapeado estará disponible en la página del proyecto. Para los países en los que se hagan las acciones piloto, el mapeado y las hojas de ruta a seguir estarán también disponibles.

Del primer curso de formador de formadores se puede concluir que el trabajo en equipo multidisciplinar es posible. Equipos de arquitectos e ingenieros colaboraron en la creación de los cursos de formación para las acciones piloto, aunque se ha detectado la carencia de la asistencia de representantes de promotores. Por lo que para el próximo programa se intentará involucrar al sector. Se concluye también que gran importancia tuvo la selección del personal dada su gran proactividad y motivación para participar en todas las actividades.

Se ha visto necesario el clasificar todo el material de formación que actualmente hay disponible conforme los temas tratados dentro del proceso constructivo, desde la fase de diseño pasando por la fase de construcción, uso y mantenimiento de EECN.

De la participación en eventos en los que se ha hecho difusión del proyecto entre profesionales del sector, se ha despertado el interés de diferentes entidades de formación para hacer uso de la plataforma y esquema de cualificación que se desarrolle. Asimismo, de pertenecer al grupo de entidades de formación que darán continuidad al proyecto una vez éste acabe y continuar así, con el efecto de bola de nieve deseado.

Por último, se ha visto necesario el desarrollar una certificación a nivel europeo de la formación en EECN para así poder diferenciar y atraer a usuarios para el uso de la plataforma.

## REFERENCIAS

- Hamza, M., 2012, Training Material Development Guide, Swedish Civil Contingencies Agency, MSB, Karlstad.
- Knowles, M. S., Holton, E. F. III, Swanson R. A., 2005, The Adult Learner: The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development. (6th ed.), Elsevier, Burlington.

# ECOINVOLÚCRATE, LA ESTRATEGIA DE ECUADOR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

**Marina Pérez Pérez**, Investigadora Prometeo, SENESCYT/Universidad de Cuenca, Ecuador  
**Luis A. Márquez Pérez**, Auxiliar de investigación/Universidad Autónoma de Yucatán, México

**Resumen:** Los cambios para reducir el consumo energético, están relacionados con pequeñas acciones cotidianas, que si se promueven desde la universidad como generadora de cambios, desde la calidad y eficiencia de la edificación, la formación en aspectos técnicos y políticos. En el marco que la construcción que es uno de los principales sectores de mayor consumo energético, la legislación de Ecuador relacionada con la edificación, incluye temas ambientales de los edificios, con la introducción de energías renovables. No obstante, no especifica el tratamiento y gestión de residuos, la limitación de la demanda energética, etc. Conocedora de este vacío la Universidad de Cuenca, a través del Proyecto Prometeo realiza el programa ECOINVOLUCRATE en 5Rs, vinculando a estructuras internacionales al caso específico del quehacer del profesional de la arquitectura y la construcción en Ecuador, esta iniciativa es transversal entre la enseñanza, la práctica profesional y las políticas públicas de actuación.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Arquitectura y Construcción Sostenibles, Ecoinvolúcrate, Estrategias para Fomentar los EECN

## INTRODUCCIÓN

La sociedad actual reclama arquitectos formados con conocimientos claros de la simbiosis arquitectura-sociedad, profesionales que reconozcan y apliquen que arquitectura es confort, seguridad, habitabilidad, sostenibilidad y eficiencia energética. Ese arquitecto formado con un perfil de sostenibilidad tiene amplias relaciones por el alcance directo en las dimensiones: social, económica, ambiental e institucional, (Chacon & Pampinella, 2011), es un arquitecto que al proyectar un edificio lo realiza con la idea clara que tenga el mínimo consumo energético.

La arquitectura bioclimática, la eco-arquitectura, la arquitectura sostenible son el caldo de cultivo de las edificaciones con poco o nulo consumo energético, edificaciones en la cual desde el diseño se tiene presente las condiciones ambientales del entorno en el que se construirá el edificio, cuidando lograr un nivel de bienestar en el interior del inmueble sin necesidad de recurrir a sistemas artificiales de climatización. Donde la arquitectura y la construcción aprovechan al máximo las fuentes naturales de calor, luz, ventilación, agua de lluvia y minimizan las pérdidas energéticas, y lo más importante se sirven del diseño de elementos arquitectónicos basados en la ubicación, la orientación y el aislamiento de sus cerramientos.

El proceso de disminuir, con miras a eliminar, la brecha de desigualdad entre países ricos y pobres, afectados por el cambio climático, desde la mejora del medio ambiente en generaciones presentes y futuras, es sólo una de las consecuencias del quehacer de la arquitectura, que tiene gran peso en la influencia del consumo energético. Siendo la edificación una de los actores principales, desde la producción de materiales, su transporte, el proceso de construcción, el uso y mantenimiento de los edificios y, por último, su demolición, una vez alcanzado el final de su vida útil, los cuales suponen impactos ambientales significativos. Desde esa perspectiva es imprescindible acciones coordinadas para la tarea a partir de un área del conocimiento definida como la arquitectura.

Las edificaciones contribuyen en gran manera a una demanda y consumo energético desmesurado, tanto durante el proceso constructivo como a lo largo de su vida útil una vez terminados. Donde la generación de residuos, constructivos, de mantenimiento y de demolición de los edificios, se presenta con perspectivas de aumento y dificultades para su reutilización o reciclaje.

## EL PROYECTO

Ecuador en los últimos años ha presentado un auge en la construcción con marcado carácter económico y una particular intensidad. Intensidad que no solo ha beneficiado el sector financiero si no que es el caldo de cultivo para una oportuna estructuración del sector de la construcción y de sus profesionales. Estructuración que debe entenderse como una oportunidad para planificar un sector básico del consumo energético.

El incipiente aumento en la construcción en el Ecuador, se entiende como el momento propicio para ordenar el futuro de la construcción desde nuevos parámetros. Lo primero es redimensionar el sector de la construcción, con relación a las necesidades sociales, evitando reproducir ciclos especulativos típicos en los países industrializados, y a continuación, diseñar políticas integrales para que la rehabilitación y mejora de los edificios existentes contribuyan a resolver, con calidad y eficiencia, las necesidades del país.

El sector de la edificación comenzó a estudiar el impacto de la construcción sobre el medioambiente en 1987, fecha en la que se trató por primera vez el tema del desarrollo sostenible en la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 42ª sesión de las Naciones Unidas. No obstante, las referencias al estudio del impacto medioambiental directamente vinculado a la construcción de edificios y las condiciones de confort de los usuarios con criterios sostenibles, para el caso específico de la sostenibilidad en la arquitectura y la construcción del Ecuador, no existen. Conocedores de esta necesidad se establecen las siguientes incógnitas:

- ¿En qué medida se conservan los sistemas tradicionales de construcción en Ecuador?
- ¿Están presentes las estrategias pasivas del diseño en la construcción de la arquitectura del Ecuador?
- ¿De qué manera se han integrado los materiales de construcción industrializados con los materiales tradicionales, en los procesos constructivos que se realizan en Ecuador?

Como una respuesta a esta necesidad, surge como una iniciativa el programa ECOINVOLÚCRATE, el cual se desarrolla en la Universidad de Cuenca desde el proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, de Ecuador.

El programa ECOINVOLÚCRATE se origina con la referencia que, en la formación y práctica de los profesionales de la arquitectura y construcción del Ecuador no existe un programa integral cuyo objetivo sea desarrollar estrategias comunes, en la cual las actividades profesionales se involucren al Desarrollo Sostenible y la Eficiencia Energética.

## Qué es ECOINVOLÚCRATE

- Es una alternativa de la arquitectura y la construcción para la mejora del medio ambiente y en la lucha contra el cambio climático.
- Surge con la idea que sin límites de fronteras, está presente una constante inquietud de emprender que caracteriza a los profesionales de la arquitectura y la construcción.

Mediante las Acciones de ECOINVOLÚCRATE (Figura 1).



Figura 1. Acciones de ECOINVOLÚCRATE

ECOINVOLÚCRATE tiene doble actuación:

1. La vertiente macro espacial, integra iniciativas aplicadas al estudio de la Construcción Sostenible, la Arquitectura Bioclimática y la Eficiencia Energética, los compromisos asumidos por países industrializados en reducir emisiones de gases efecto invernadero GEI; compromisos que son un eco del protocolo de Kioto. Aun cuando directamente Ecuador no es dependiente energético, no obstante, los objetivos del proyecto PROMETEO de “fortalecer la investigación, la docencia y la transferencia de conocimientos en temas especializados en beneficio del Ecuador, además de promover e impulsar la ciencia, la tecnología y los saberes ancestrales como plataforma para la consecución del Buen Vivir” así como la vinculación de estructuras internacionales.
2. La vertiente micro espacial es contribuir a la formación continua de profesionales en activo de la arquitectura y construcción, a través del Proyecto formativo Estrategia Eficiencia Energética, y en su caso que redefinan sus actividades profesionales en empleos verdes para una inserción en el mercado internacional ad hoc con la lucha contra el cambio climático.

Los objetivos se han diseñado en el eje rector de la reducción del consumo energético y directamente vinculado con las políticas del país, identificando en el Plan Nacional del Buen Vivir del Ecuador, el apartado 7. “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad, ambiental territorial y global”.

## La estructura de ECOINVOLÚCRATE

Se desarrolla en torno a la difusión, la investigación, la formación y la gestión empresarial, realizado en los siguientes proyectos:

- Proyecto Divulgativo, realizando Jornadas Técnicas con la participación de los actores que intervienen en la arquitectura y la construcción.
- Proyecto Formativo, Estrategia Eficiencia Energética-E3, profundiza con un paralelismo de los quehaceres que se han impuesto los países con alta dependencia energética y las actividades que se están llevando a cabo de forma natural o empírica, en los países que no tienen estas demandas,

hasta llegar a la identificación de las estrategias que los profesionales de arquitectura y construcción del Ecuador realizan de forma innata en el desarrollo de su práctica profesional.

- Proyecto Resolutivo-Empresarial, fomenta que empresas con dependencia energética involucren en sus políticas de desarrollo, un sistema de gestión energético, diseñado ex profeso con los parámetros económicos de sus actividades productivas en el mercado internacional, sistema con el cual la empresa se involucre en la lucha contra el cambio climático con una Guía de Mejores Prácticas.

## Principios éticos de ECOINVOLÚCRATE

Involucrar a los actores principales de la arquitectura y la construcción en la gestión de los recursos energéticos y materiales de manera más eficiente.

Se retoma la Declaración de Montevideo de la Comisión de Medio Ambiente, celebrada en su XVI Reunión, llevada a efecto del 25 al 27 de abril de 2002<sup>1</sup>.

ECOINVOLÚCRATE tiene como principio la investigación y la práctica de la Arquitectura y la Construcción Sostenible, para reducir el consumo energético, reciclar de residuos, reutilizar las energías y los residuos, rechazar el despilfarro energético y los combustibles fósiles y la responsabilidad en el desarrollo sostenible; ocasionado por la utilización de los diversos materiales, productos, sistemas y tecnologías implicados en la Construcción. De ahí que se han involucrado:

- Autoridades universitarias
- Profesionales docentes
- Profesionales de la Arquitectura y la Construcción
- Entidades Públicas
- Colegios Profesionales

## Lo que distingue a ECOINVOLÚCRATE

La Universidad de Cuenca, a través del proyecto PROMETEO, el cual vincula las experiencias de éxito en el extranjero con las estructuras internas, lanza el Programa ECOINVOLÚCRATE, ofreciendo a la sociedad de profesionales de la construcción y la arquitectura una solución empresarial, logrando que empresarios, profesionales en activo, postgraduados y graduados, se involucren de forma activa en la lucha contra el cambio climático y la mejora del medio ambiente, con perspectivas a la arquitectura de energía casi nula.

ECOINVOLÚCRATE es una acción transversal entre la enseñanza, la práctica y las políticas públicas de actuación en la lucha contra el cambio climático y la inserción de los profesionales de la arquitectura y la construcción al mercado internacional.

## RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

La legislación del Ecuador, relacionada con los criterios de la sostenibilidad en la construcción, ha publicado entre el 2009 y el 2013 normativas y proyectos oficiales que potencian la eficiencia energética y en específico en la eficiencia energética en edificios. En la siguiente gráfica (Tabla 1) puede observarse la evolución histórica de la normativa, la legislación y los proyectos oficiales en el Ecuador, para la construcción con reducido consumo energético.

En una aproximación se presenta que los profesionales en activo de la arquitectura y la construcción del Ecuador si bien conocen los conceptos teóricos de los criterios del desarrollo sostenible, no están del todo familiarizados de su uso y beneficio en los proyectos y obras, de tal manera que se llega a confundir la sustentabilidad económica con el objetivo de la sostenibilidad que es la búsqueda del confort y la habitabilidad en los espacios sin comprometer el desarrollo medioambiental de generaciones futuras y que en manos de los arquitectos y los constructores es la definición de edificaciones de energía casi nula.

1992	2003	2007	2008	2009	2010	2011	2013
Arquitectura Bioclimática	Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos	Proyecto de Energías Renovables	Arquitectura Bioclimática	Arquitectura Bioclimática		Arquitectura Bioclimática	Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos
Reglamento para el manejo de los desechos sólidos <b>EMAC-EP</b>	Ordenanza que regula la gestión integral de los desechos y residuos sólidos en el cantón Cuenca. <b>EMAC-EP</b>	EÓLICA: Proyecto EÓLICO Isla San Cristóbal - Galápagos _ Eólica San Cristóbal S.A. <b>CELEC</b>	"Atlas Solar del Ecuador: con fines de generación eléctrica" <b>CONELEC</b>	Eficiencia Energética para acondicionadores de aire de uso doméstico"		"Energías Renovables" Norma Ecuatoriana: Construcción: NEC-11 – Capítulo 14 <b>Ministerio de Desarrollo y vivienda- Camara de construcción de Quito</b>	Reglamento para el manejo de residuos y desechos de construcción y escombros del cantón Cuenca. <b>EMAC-EP</b>
			Eficiencia Energética	Eficiencia Energética	Eficiencia Energética		Eficiencia Energética
			"Eficiencia Energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado" <b>INEN</b>	"Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario"	Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico"		"Balance Energético Nacional 2013" <b>Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos</b>
				Eficiencia Energética en Edificios	Certificación Ambiental	Energías Renovables	Energías Renovables
				"Eficiencia Energética en edificaciones. Requisitos"	Certificación Ecuatoriana Ambiental "Punto Verde"	Regulación No. CONELEC-004/11 <b>CONELEC</b>	Codificación de la regulación No. CONELEC-001/13 <b>CONELEC</b>
						Eficiencia Energética en Edificios	Proyecto de Energías Renovables
						"Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador" NEC-11- Capítulo 13 <b>Ministerio de Desarrollo y vivienda- Camara de construcción de Quito</b>	BIOGÁS: Proyecto de extracción de biogás en el relleno de Pichacay para generación de energía eléctrica. <b>EMAC-EP</b>
							EÓLICA: Central eólica de Villanaca.
							Certificación Ambiental
							Sistemas de Evaluación Ambiental (SEA)

Tabla 1. Evolución histórica de la legislación de la construcción del Ecuador en materia de sostenibilidad

## CONCLUSIONES

Aun cuando desde las instancias legales o las entidades públicas las iniciativas son genuinas, no obstante, se requiere que ambas partes defiendan la necesidad de un replanteo desde la arquitectura con estrategias pasivas y energías alternativas hasta los sistemas constructivos (De Berardinis et. al, 2014), y establecer un código de actuación que enmarque el quehacer de los directamente implicados en la arquitectura y la construcción, desde instituciones educativas, profesionales en activo y entidades públicas.

Ecuador requiere de más iniciativas desde las cuales se propongan saltos cualitativos, especificando qué objetivos son imprescindibles para que la arquitectura de Ecuador construya edificios con bajo consumo energético.

Iniciativas con la planificación de estrategias, así como su difusión y puesta en marcha, donde se definan objetivos de las actividades que en algunos casos se han conectado poco entre sí, como la elaboración de normativas, el proceso de proyecto, la producción de los materiales, la gestión y el uso de los edificios, etc., en un sistema, que es el sector de la edificación y sus subsectores.

## AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación ha sido patrocinada por el Proyecto PROMETEO de la Secretaría de Educación Superior de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador. Se inscribe dentro del proyecto de investigación "ECOINVOLÚCRATE EN 5Rs", llevado a cabo bajo la dirección de la autora en la Facultad Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca (Ecuador).

## REFERENCIAS

- Chacón, R. y Pampinella B. 2011. Educación para la Sostenibilidad: Formación académica de Arquitectos y Urbanistas. Universidad Autónoma del Estado de México. EDUCRE. ISSN 1316-4910, Año 16, Nº 53.
- CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. 2008. Atlas Solar del Ecuador, con fines de generación eléctrica.
- CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. 2013. Regulación no. CONELEC 001/13.



- CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. 2011. Regulación no. CONELEC 004/11.
- CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. 2014. Codificación, Regulación no 014/14.
- CONELEC, Consejo Nacional de Electricidad. Plan Maestro de Electrificación 2013-2022.
- DE BERARDINIS, P., Rotilio, M., Marchionni, C., & Friedman, A. 2014. Improving the energy-efficiency of historic masonry buildings. A case study: A minor centre in the Abruzzo region, Italy. Energy and Buildings.
- EMAC, Empresa Municipal de Aseo de Cuenca. 2003. Ordenanza que regula la gestión integral de los desechos y residuos sólidos en el cantón Cuenca. Y Reglamento para el manejo de residuos y desechos de construcción y escombros del cantón Cuenca.
- INEN, Instituto Ecuatoriano De Normalización. 2009. Norma Técnica Ecuatoriana, Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. NTE INEN 2 507:2009. Quito, Ecuador.
- INEN, Instituto Ecuatoriano De Normalización Norma Ecuatoriana de la Construcción de Ecuador. 2011. NEC-11, Capítulo 14, Energías Renovables.
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA. 1992. Reglamento para el manejo de los desechos sólidos, Acuerdo ministerial 14630.
- SENPLADES, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. 2013. Plan Nacional de Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador.

---

<sup>i</sup> “...el compromiso del Parlamento Latinoamericano y los Parlamentos Nacionales con los esfuerzos nacionales e internacionales destinados a enfrentar los retos que plantea el logro de un desarrollo sostenible equitativo que valore adecuadamente la relación entre población y medio ambiente y asegure a los pueblos mejores condiciones de vida mediante una integración más efectiva de los componentes ambientales, económicos y sociales.” (Declaración de Montevideo de la Comisión de Medio Ambiente, celebrada en su XVI Reunión, llevada a efecto del 25 al 27 de abril de 2002).

# ESTRATEGIAS PARA CONSTRUIR EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN LA VIVIENDA PÚBLICA DE EUSKADI

**Juan M. Hidalgo Betanzos**, Grupo de Investigación ENEDI, Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco UPV/EHU

**Carlos García-Gáfaró**, Grupo de Investigación ENEDI, Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco UPV/EHU

**Cesar Escudero-Revilla**, Grupo de Investigación ENEDI, Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco UPV/EHU

**Eider Iribar Iribarren**, Investigador, Grupo de Investigación ENEDI, Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco UPV/EHU

**Jose María Sala Lizarrag**, Catedrático de Termodinámica, Grupo de Investigación ENEDI, Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco UPV/EHU

**Daniel Pérez González**, Área Térmica, Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco LCCE

**Imanol Ruíz de Vergara-Ruíz de Azua**, Área Térmica, Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco LCCE

**Resumen:** La estrategia de la Vivienda Social en la CAPV apuesta por dos líneas de trabajo: reducir la factura energética de los habitantes de nueva construcción y fomentar la rehabilitación integral en los edificios existentes. Este trabajo presenta los casos desarrollados a lo largo de la última década desde la implantación del CTE. Se muestra en detalle el primer edificio de vivienda social EECN construido recientemente en Portugalete (Bizkaia) con una demanda de calefacción de 17,7 kWh/m<sup>2</sup>a y un balance neto de energía primaria anual nulo. El edificio integra unos sistemas energéticos no convencionales en el diseño de las fachadas, como fachadas activas que capturan la energía solar y la utilizan para el precalentamiento de las viviendas en invierno. Además, estos sistemas renovables permiten asegurar un nivel mínimo de confort térmico interior. Esta iniciativa del Gobierno Vasco es el resultado de experiencias adquiridas en toda una trayectoria de casos encaminados hacia la reducción del consumo energético en la vivienda pública social.

**Palabras clave:** Vivienda Social, Edificio de Consumo Casi Nulo, EECN, Fachadas Activas, Calor Gratuito, Política de Vivienda, Monitorización de Edificios

## INTRODUCCIÓN

La vivienda social (VS) como caso específico dentro de las viviendas de protección pública, por su propia naturaleza presenta una vulnerabilidad alta frente a la pobreza energética. La Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) ha desarrollado recientemente estrategias para reducir el consumo energético en sus viviendas sociales. Como punto de partida, las diferentes modalidades de VS presentan unas características singulares: Sus dimensiones se reducen en gran medida, cumpliendo las condiciones mínimas de habitabilidad. Habitualmente sus residentes son temporales y tienen un bajo nivel de ingresos, lo que condiciona sensiblemente el uso de la calefacción y posibilita bajos niveles de confort debido a la necesidad de ahorrar en la factura energética.

La Eficiencia Energética de los edificios ha sido estudiada detenidamente (Observatorio Vasco de la Vivienda, 2010) y en el caso de la VS lo ha impulsado el Departamento de Empleo y Políticas Sociales (Gobierno Vasco, 2013). Así, tomaron medidas adicionales para incrementar las exigencias mínimas de la Normativa Estatal y estar un paso por delante. Se aplicaron mejoras en el grado de aislamiento de la envolvente y en soluciones innovadoras para las instalaciones energéticas. Por todo ello la aplicación ha sido dual, reducción de la demanda energética del edificio y reducción de los costes de producción y mantenimiento de la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS).

Los resultados van más allá, ya que estos objetivos han mejorado el conocimiento de los profesionales públicos y los constructores locales, explorando soluciones innovadoras en los nuevos proyectos de construcción. Además, se han evaluado los costes de mantenimiento y de funcionamiento del parque de viviendas sociales ya existentes, generando un catálogo para visualizar los principales nichos de mejora. Estas propuestas se apoyan en los recientes impulsos del marco normativo Europeo, que han traído y traerán cambios de calado, con normas como la Directiva 2010/31/UE o EPBD (EU, 2010) que en el ámbito nacional ha aumentado las exigencias de edificación (CTE DB-HE, 2013). A medio plazo, se espera una nueva EPBD II que incorpore los Edificios de Consumo casi Nulo (EECN), ya que su obligación comenzará en menos de 4 años: 2019 para edificios de titularidad pública y 2021 para el resto.

Durante este período reciente de nuevas regulaciones y desafíos, el Gobierno Vasco se apoyó en el Área Térmica del Laboratorio de control de la Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco, con el fin de analizar las condiciones de la vivienda social y proponer acciones futuras. El Área Térmica fue creada en el 2005 mediante un convenio entre el Departamento de Vivienda del Gobierno Vasco y el grupo de investigación ENEDI adscrito al Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad del País Vasco UPV/EHU.

El presente trabajo presenta las estrategias de mejora de la EE aplicadas en la VS de nueva construcción en la CAPV en la última década y mostrar el caso de éxito más reciente: la construcción de un EECN de 32 VS. Resaltar el uso de una envolvente con un alto grado de aislamiento térmico a precios de mercado y la integración de soluciones activas en fachada para su integración con los sistemas de calefacción y/o ventilación del edificio. El resultado es un edificio con energías renovables y balance energético cero.

## ESTRATEGIAS PARA EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Los edificios de VS en la CAPV han tenido un progreso considerable entre el 2006 y el 2016. Se identifican tres periodos con una actuación progresiva, con unos casos representativos.

### Antecedentes y primera etapa: mejoras generales

En el año 1979 surgió en España la primera normativa que establecía un nivel de aislamiento térmico mínimo en los edificios (NBE-CT-79), la cual estuvo vigente 27 años. La aparición del Código Técnico de la Edificación (CTE) en 2006, como trasposición de la primera norma europea EPBD de 2002, aumentó los niveles de aislamiento y exigía cubrir al menos el 30% de la ACS con paneles solares térmicos. Habitualmente esto suponía una reducción del consumo energético gracias a los 3-4 cm de aislamiento térmico adicional, así como el apoyo solar en el ACS. Además, al mismo tiempo se incorporó de forma abrupta la obligatoriedad de ventilar con unas tasas de renovación significativas, en contraste con la situación anterior que se basaba en la ventilación natural. Como consecuencia, los edificios multifamiliares generalizaron la instalación de sistemas de calefacción y ACS centralizados con calderas de gas y tanques de acumulación de ACS.

Esta primera etapa entre 2005 y 2009 refuerza la implantación de los Certificados de Eficiencia Energética (CEE) y se utilizan diseños e instalaciones similares apoyados en energía solar térmica. Uno de los primeros casos fue un pequeño edificio de 12 VS en Iruña de Oca, un pequeño municipio en la llanada alavesa. Está equipado con una caldera de gas natural colectiva de 65 kW de potencia nominal para calefacción y ACS. El 30% del ACS se cubría con 5 paneles solares térmicos.

Posteriormente se construyeron 2 bloques con 53 VS en Hernani, una ciudad más templada y cerca de la costa cantábrica. Se equiparon con 2 calderas de gas natural de 100 kW de potencia nominal cada una y 8 paneles solares térmicos para cumplir con la contribución solar mínima del 30% de la ACS.

El tercer y último caso de esta etapa, otro bloque de 57 viviendas sociales en Ermua. De modo similar, con 3 calderas de gas natural de 90 kW de potencia nominal cada una y 8 paneles solares térmicos. De este primer periodo no hay datos monitorizados, sólo datos de facturación y CEE.

## Segunda etapa: Implementación de energías renovables

En un contexto fuertemente influenciado por la crisis económica en España y Europa; las estrategias potenciaron el ahorro en los costes de funcionamiento de los edificios de VS. Además, los primeros años de los sistemas de energía solar térmica habían dado rendimientos reales bajos, con importantes costes de mantenimiento y con una notable insatisfacción de los inquilinos. Por todo ello, entre 2009 y 2014 se probaron diversas energías renovables como alternativa a la solar térmica. Los nuevos sistemas y su control en esta etapa reforzaron la colaboración entre la Universidad UPV/EHU y el LCCE.

El primer bloque de 34 viviendas en Donostia-San Sebastián utilizaba la geotermia, con 3 bombas de calor de terreno para el suministro de ACS con una potencia nominal de 900 kW. Además, contaba con 288 paneles PV en cubierta. La generación eléctrica renovable alimentaba directamente la bomba de calor, el sistema de ventilación mecánico de las viviendas y la iluminación de los garajes. En otro caso posterior de 79 VS en Vitoria-Gasteiz se implementó un sistema de generación combinado, que busca optimizar la operación y el rendimiento global. Cuenta con 3 calderas de condensación con potencia nominal total de 654 kW, apoyadas con una unidad de cogeneración que suministra hasta 12,5 kW térmicos y 5,5 kW eléctricos. Recientemente, se desarrolló un ambicioso proyecto para analizar las diferencias de coste, rendimiento energético y confort interior entre un edificio convencional y otro innovador. Se construyeron 2 edificios gemelos en Durango (Bizkaia), con la misma orientación y tamaño. El primero es un edificio de promoción privada equipada con sistemas convencionales, mientras que el otro es un bloque de 26 VS equipado con una bomba de calor de geotermia, calderas de apoyo, muros Trombe y protecciones solares. En la figura 1 se aprecia el aspecto de ambos edificios que actualmente están monitorizados por parte de sus diseñadores (ONEKA, RENER) y se espera tener resultados a lo largo del presente año.



Figura 1. Edificio de 26 Viviendas Sociales y edificio gemelo comparativo en Durango y detalle del Muro Trombe

## Tercera etapa: Presente y futuro de los edificios de alta eficiencia

A partir de la experiencia obtenida en todos los casos anteriores, se decidió dar un paso más allá. Así, a finales de 2015 se terminó el primer ECCN de vivienda pública del Gobierno Vasco en Portugalete. El proyecto incluye 3 portales de 5 plantas, con 32 Viviendas y 2325 m<sup>2</sup> en total. Los 3 portales son similares en tamaño, geometría, orientación y grado de aislamiento térmico. Actualmente se está realizando la puesta en marcha del edificio y se espera que empiece a ser habitado a lo largo del verano de 2016.

Este proyecto original forma parte del proyecto europeo SMARTBUILD y recibió financiación del FP7, facilitando la innovación y las mejoras implementadas. El propósito inicial del proyecto era comparar tres sistemas de fachada diferentes en la fachada sur y comprobar su potencial como elementos pasivos. Sin embargo, como resultado de la colaboración con el AT del LCCE, los elementos pasivos originales se transformaron en elementos activos conectados con la ventilación y/o la calefacción. La Figura 2 muestra las fachadas sur del bloque de 32 Viviendas Sociales ECCN en Portugalete, en el que claramente se distinguen los tres bloques con sus correspondientes diseños de solución de fachada.



Figura 2. Conjunto de 32 Viviendas Sociales EECN en Portugalete (Bizkaia) y los tres sistemas de fachada sur: Panel sándwich aislante (izq), fachada SolarWall (centro) y fachada con Muro Trombe (dcha.)

Los sistemas constructivos de las fachadas Sur de los 3 bloques son:

- Fachada convencional de alta resistencia térmica: fachada ventilada con panel sándwich de acero.
- Fachada con aprovechamiento solar (SolarWall): fachada ventilada metálica perforada ligera de alta absorptividad, donde la cámara de aire cree una cortina de aire caliente ascendente. Se combina con una bomba de calor que captura el calor de la cámara de fachada y lo suministra al suelo radiante de las viviendas. La bomba de calor está abastecida con paneles PV y en esas condiciones el rendimiento estacional de la bomba de calor aumenta un 10%, del 4,41 a 4,92.
- Fachada con Muro Trombe: es un colector solar continuo en toda la altura del edificio que suministra aire precalentado al sistema de ventilación de doble flujo a través de su recuperador de calor. Este sistema reduce sensiblemente la demanda de calor por la ventilación.

La generación eléctrica renovable se produce con 88 paneles fotovoltaicos (PV) de 255 Wp de potencia nominal que abastecen a la bomba de calor, la iluminación de zonas comunes y la VMC-RC de las viviendas. La Figura 3 muestra los paneles PV, los conductos de aire precalentado y la bomba de calor.

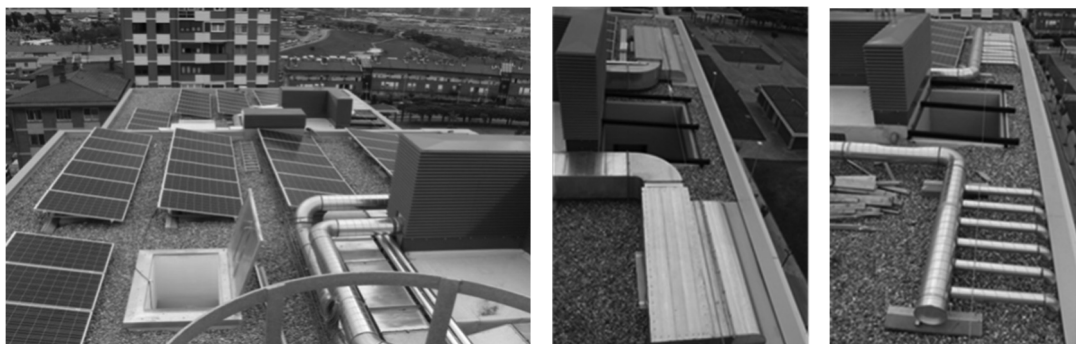


Figura 3. Detalles de sistemas: 88 paneles PV (izq.), conexión SolarWall (centro) y conexión Muro Trombe (dcha.)

### Calor Gratuito

Consiste en utilizar las energías renovables al máximo para mejorar las condiciones mínimas de confort de las viviendas de manera gratuita. En este caso, se basa en que la producción eléctrica fotovoltaica no consumida por la iluminación y ventilación se deriva a la Bomba de Calor (BC) para generar calefacción. La figura 4 resume el funcionamiento del sistema. Este sistema sólo funciona cuando hay excedente de electricidad de los paneles PV. Se denomina “calor gratuito” porque no se contabiliza por el sistema de cobro de la calefacción. Al conectar la BC con el aire precalentado en fachada, su rendimiento estacional aumenta un 10%, del 4,41 a 4,92. El calor suministrado al suelo radiante funciona como acumulador de calor durante las horas de mayor radiación para el resto del día y sube las temperaturas mínimas de todas

las viviendas. Conviene recordar que también se ha reducido la demanda energética gracias el precalentamiento del aire de ventilación. Los beneficios son simultáneos: reduce la factura de calefacción del usuario y homogeniza las temperaturas interiores del edificio. Aumentando el confort y minimizando riesgos por humedad.

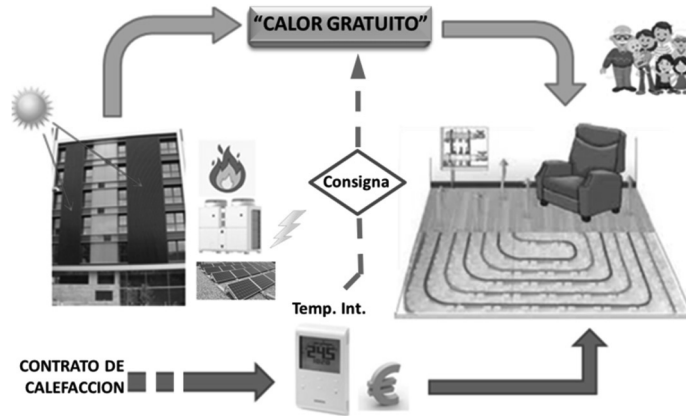


Figura 4. Esquema del aporte energético renovable de calefacción: "calor gratuito"

**Balance energético del edificio**

El edificio presenta una demanda de calefacción de 17,7 kWh/m<sup>2</sup>a junto a 7,07 kWh/m<sup>2</sup>a de ACS. La Figura 5 muestra el balance energético expresado en Energía Primaria (EP). De acuerdo con los resultados obtenidos por simulación el balance neto anual de EP es cero, es decir, es un Edificio de Energía Neta Cero (netZEB). Esto es debido a que todo el consumo de energía primaria del edificio está compensado por la generación renovable (fotovoltaica y BC solar), con la ayuda de otras tecnologías de alta eficiencia (Cogeneración).

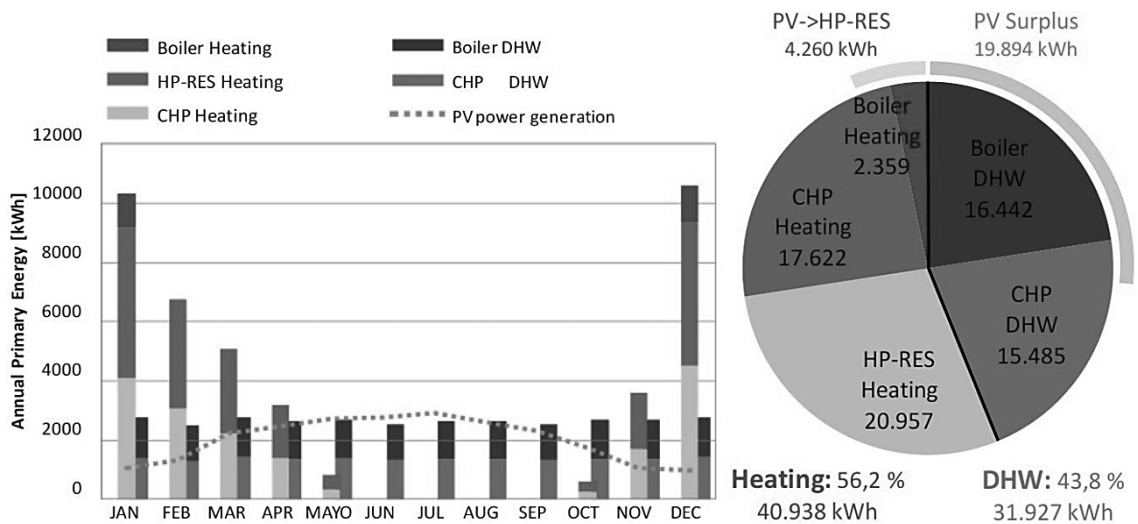


Figura 5. Balance energético de Energía Primaria anual y mensual del EECN de 32 VS en Portugalete

El consumo anual de calefacción es muy bajo, siendo tan solo 1,3 veces mayor que el de ACS, cuando la proporción habitual en esta climatología es de 3 a 1. Esto demuestra el buen diseño de la envolvente y la alta eficiencia de la VMC-RC. El balance neto ha sido posible gracias a que el aporte energético de la caldera de gas natural es sólo del 26 % de la energía total consumida. Así, la energía primaria equivalente es compensada por el excedente de los paneles PV. Tanto el edificio como los sistemas están monitorizados por un software de registro y control que interactúa a diferentes niveles, aportando

información útil a todos los agentes implicados. La Figura 6 muestra la interfaz de seguimiento, para el control y ajuste de los sistemas implementados.

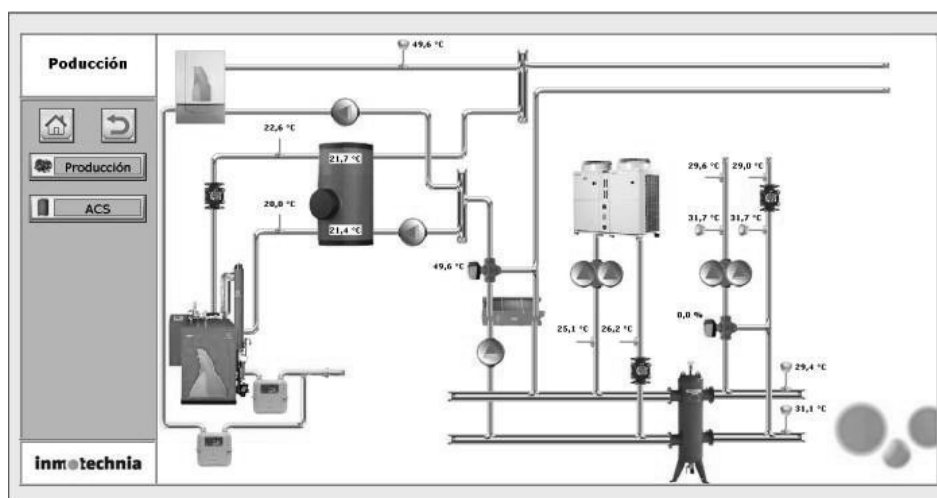


Figura 6. Interfaz del software para el registro, control y ajuste del ECCN de 32 VS en Portugalete

## CONCLUSIONES

La estrategia energética de las viviendas sociales en la CAPV está basada en una mejora progresiva y continuada en el diseño de la envolvente y de los sistemas de calefacción y ventilación. Se han probado distintas combinaciones a lo largo de la última década, contando con diversas fuentes renovables.

Se ha construido el primer edificio de vivienda social ECCN, como prototipo que ha buscado las soluciones de mercado más adecuadas a un coste asumible y las ha optimizado a través de unas estrategias de operación inteligentes. El seguimiento y control del diseño, la construcción y la puesta en marcha de por parte del AT del LCCCE será un punto clave para comprobar el funcionamiento real del edificio en el futuro.

El concepto de “calor gratuito” que se ha desarrollado e implementado en el proyecto de 32 VS en Portugalete ha demostrado un alto potencial tanto en la reducción del consumo energético y la factura energética para los usuarios, como en la homogenización térmica de los espacios del edificio. Estas dos cuestiones serán una herramienta clave para las futuras promociones de VS y las exigencias europeas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al convenio celebrado por el Gobierno Vasco, de colaboración con la Universidad del País Vasco UPV/EHU para el desarrollo del Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco.

Igualmente al Programa de Formación de Investigadores del Dpto. de Educación, Política lingüística y Cultura del Gobierno Vasco.

## REFERENCIAS

- Observatorio Vasco de la Vivienda, 2010, Viviendas protegidas iniciadas en la CAPV en 1994-2009.
- Departamento de Empleo y Políticas Sociales, 2013, Plan Director de Vivienda 2013-2016.
- DIRECTIVE 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast).
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

# PROYECTO ZEBRA2020: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LOS CERTIFICADOS ENERGÉTICOS Y LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN ESPAÑA

**José Santos López**, Investigador de BEE Group, CIMNE

**Jordi Cipriano**, Director de BEE Group, CIMNE

**José Manuel Salmerón**, Profesor de la Universidad de Sevilla, Grupo de Termotecnia de AICIA

**Resumen:** En esta comunicación se pretende relacionar el nivel de utilidad y credibilidad de los certificados energéticos actuales (a partir de los resultados de una encuesta realizada a agentes de la propiedad inmobiliaria) y cómo debería influir en el futuro con el fin de acelerar la adopción de los EECN en España. Se comenta que existe la necesidad de establecer un registro claro y bien definido que permita valorar la diferencia entre los indicadores de consumo que muestra la certificación y el consumo real de un edificio. Ello mejoraría la confianza de profesionales, propietarios e inquilinos en el certificado energético. Y, además, generaría motivaciones hacia el ahorro energético y económico y los edificios tipo EECN.

**Palabras clave:** ZEBRA2020, Certificado Energético o Certificado de Eficiencia Energética, Escala de Calificación, Consumo Real, Ahorro Energético

## ANTECEDENTES

Desde las exigencias relativas al sistema de evaluación de la eficiencia energética de los edificios establecidas en las Directivas 2002/91/CE (EPBD) y 2010/31/UE (EPBD Recast), el ahorro energético debería motivar a proyectistas, constructores, administradores de fincas, agentes de la propiedad inmobiliaria y usuarios finales a ser considerado como característica clave a tener en cuenta en un edificio sea nuevo o usado. No sólo porque puede limitar los costes de mantenimiento del edificio donde se reside o trabaja, sino porque ofrece una perspectiva a largo plazo sobre un menor consumo energético y menos emisiones de gases de efecto invernadero. Por tanto, ello debería aportar beneficios a sus propietarios e inquilinos, así como beneficios para el país y globales.

El proyecto ZEBRA2020 se propone incentivar el nivel de utilidad y credibilidad de profesionales, propietarios e inquilinos acerca del certificado energético y, así mismo, reunir claves y motivaciones sobre los edificios tipo EECN.

## ENCUESTAS REALIZADAS A AGENTES DE LA PROPIEDAD

El objetivo principal de esta encuesta es evaluar la utilidad de los certificados de eficiencia energética en el mercado inmobiliario y la forma en que pueden contribuir en la adopción de los EECN. Los principales temas tratados fueron:

- Información sobre las formas de certificación de eficiencia energética,
- Factores que influyen en el momento de elección, compra y alquiler de bienes inmuebles,
- Evaluación de los certificados de eficiencia energética en cuanto a obligación de cumplimiento, credibilidad y utilidad en la actividad profesional de los agentes,
- Papel de los certificados energéticos en el mercado inmobiliario de acuerdo a la estimación del valor del inmueble y su relación con el tiempo de venta en el mercado,
- Obstáculos en la aplicación de la calificación energética y la mejora de la eficiencia energética en edificios,
- Posibles acciones que influyen en la mejora de la eficiencia energética de los edificios,
- Evaluación de conocimientos sobre la directiva 2002/91/CE.



Esta actividad se llevó a cabo entre febrero y marzo de 2015 en 8 países europeos: Alemania, Austria, Francia, Alemania, Italia, Noruega, Polonia, Rumania y España. Los participantes fueron principalmente agentes de la propiedad colegiados, contactados previamente para rellenar una encuesta de 21 preguntas de forma online y totalmente anónima (a través de un link facilitado individualmente). España obtuvo 68 de las 618 encuestas completadas.

De todas las preguntas realizadas, se detecta que el nivel de credibilidad y utilidad de los certificados energéticos es relativamente bajo en Europa y muy bajo en el caso de España, Polonia y Noruega. Los principales obstáculos reflejados son cuestiones financieras y escasa concienciación relativa a la mejora de la eficiencia energética de los edificios (ver más detalles en ZEBRA2020 – D3.1).

De las preguntas tipo SI/NO realizadas en España, cabe destacar 4 que son determinantes según los objetivos del proyecto ZEBRA2020 (ver Figura 1 para contrastar respuestas a nivel europeo):

1. ¿Cree usted que es necesario tomar medidas institucionales para mejorar el estándar energético actual de los edificios? Respuestas en España: 65% positivas, 19% negativas.
2. ¿Cree usted que existe un vínculo entre los certificados de eficiencia energética y la mejora de la eficiencia energética de los edificios? Respuestas en España: 18% positivas, 62% negativas.
3. ¿Están los clientes más interesados en comprar o alquilar inmuebles con certificado energético de las clases más altas? Respuestas en España: 7% positivas, 88% negativas.
4. ¿Existe una oferta de alquiler o venta de pisos o edificios con certificado de energético de clase alta? Respuestas en España: 10% positivas, 85% negativas.

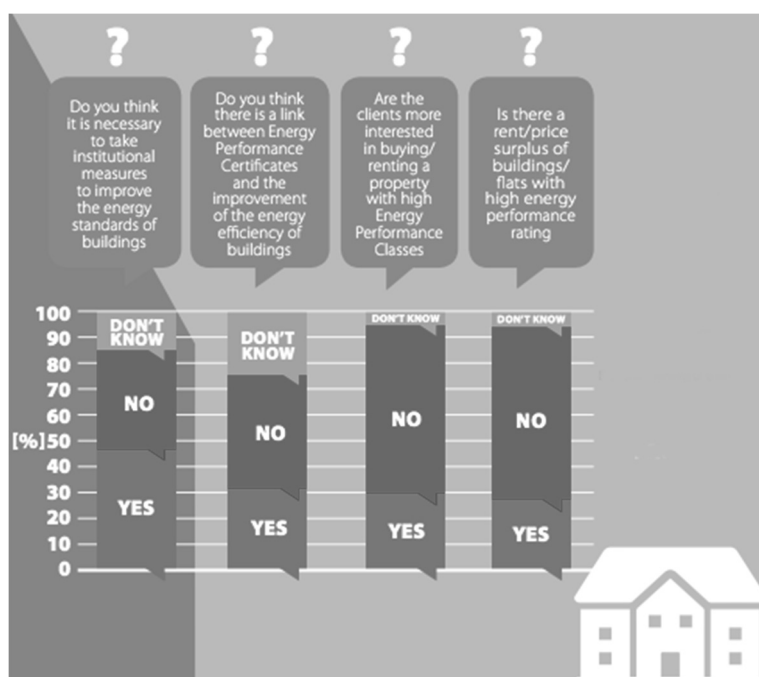


Figura 1. Resumen de respuestas de SI/NO seleccionadas de la encuesta realizada a agentes de propiedad en Europa (Fuente: Póster de ZEBRA2020 presentado en WSED – Wels (Austria))

De las preguntas de tipo múltiple opción en España y Europa, son representativas:

1. ¿Qué medidas cree usted que podría mejorar la eficiencia energética de los edificios? Respuestas más votadas: Incentivos financieros para propietarios / Las ventajas económicas del ahorro energético debe repercutir directamente en la persona que trata de ahorrar.
2. ¿Qué problemas ve usted con la certificación energética actual? Respuestas más votadas: Falta de incentivos financieros para propietarios / Información insuficiente sobre sus beneficios.

3. ¿Qué problemas ve usted para la implantación de mejoras de eficiencia energética en los edificios?  
 Respuestas más votadas: Costes adicionales para los propietarios / Conocimiento insuficiente por parte de los compradores

En resumen, las principales soluciones planteadas para superar el desafío acerca de la utilidad de los certificados energéticos son los incentivos financieros para propietarios y recibir información suficiente sobre los beneficios de la eficiencia energética.

## DATOS DISPONIBLES SOBRE CERTIFICADOS ENERGÉTICOS

Desde la entrada en vigor de la RD 235/2013, son las Comunidades Autónomas las que deben gestionar y contabilizar los certificados de eficiencia energética. También, se indica la obligatoriedad de puesta en marcha de los Registros Autonómicos de Certificados de Eficiencia Energética, aunque todavía existen Comunidades que no lo han activado, debido a motivos diversos como dificultades administrativas de tramitación online y falta de garantías en el tratamiento de datos personales. Igualmente, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) realiza el seguimiento y análisis de los datos registrados en cada Comunidad sobre certificados energéticos. Prueba de ello son los tres informes sobre el Estado sobre la Certificación Energética de los Edificios que se han emitido (ver Referencias).

El proyecto ZEBRA2020 ha analizado los datos sobre certificados energéticos a nivel nacional y Europeo. A continuación, se muestran algunas de las visualizaciones más relevantes extraídas de la "Data Tool".

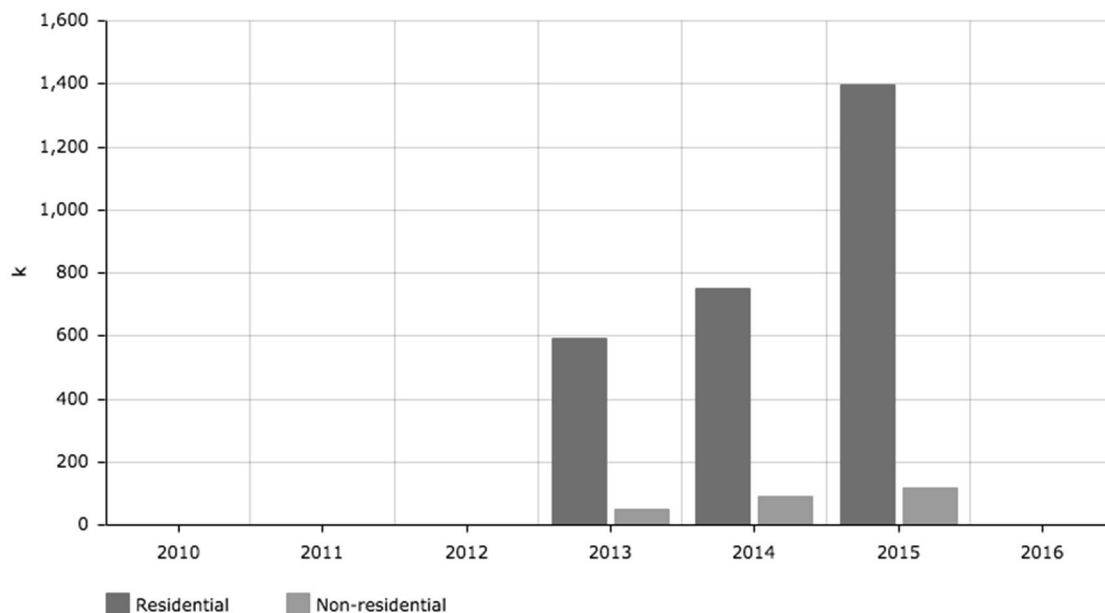


Figura 2. Evolución del número de certificados energéticos registrados de edificios residenciales y no residenciales en España. Estimación realizada por ZEBRA2020 según año: 2013 ← Junio 2013 a Enero 2014, 2014 ← Febrero a Diciembre 2014, 2015 ← Enero a Julio 2015 (Fuente: ZEBRA2020 – Data Tool)

A pesar de que las exigencias de la última actualización del Código Técnico DB-HE 2013 establece que la letra mínima sea C (ver Referencias: Escala de Calificación Energética para edificios de nueva construcción y/o existentes – sección Anchos de Clases), las clases energéticas más certificadas de viviendas nuevas en 2013 en España fueron, por orden: Clase E+F+G (39,42%), Clase D (34,63%), Clase C (12,33%), Clase B (8,46%) y Clase A (5,16%). Y esta tendencia tampoco ha cambiado los años posteriores (ver ZEBRA2020 – Data Tool – Distribución de clases de certificados energéticos de viviendas en España).

En el gráfico siguiente, puede apreciarse que la tendencia de las clases más eficientes como la A y B suelen ser las más predominantes en otros países de Europa. Esto plantea la necesidad de desarrollar una

estrategia EECN diferente en España, más allá de la utilidad de los certificados energéticos y que motive a la vez la calidad de la eficiencia energética en las nuevas construcciones.

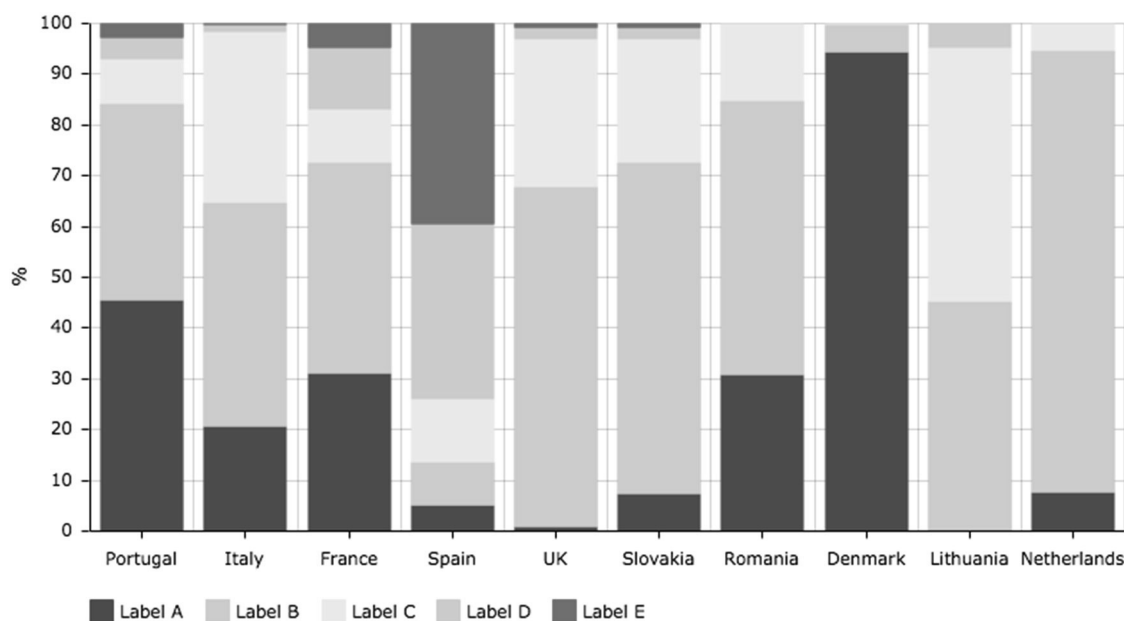


Figura 3. Distribución de clases de certificados energéticos de viviendas nuevas en 2013 en Europa. La Clase E también engloba las clases F y G (Fuente: ZEBRA2020 – Data Tool)

## DATOS DISPONIBLES SOBRE EDIFICIOS TIPO EECN

A pesar de los esfuerzos en el cumplimiento de las exigencias de la actual legislación europea, se hace muy difícil que exista un mercado de EECN en España sin antes definir el concepto de edificio de consumo energético casi nulo. Tal vez no existan datos oficiales en España, pero el proyecto ZEBRA2020 plantea generarlos a partir de los edificios certificados Passivhaus ya que pueden ser considerados similares a los EECN por sus características de comportamiento pasivo (alto aislamiento, estanqueidad y baja demanda energética).

En 2014, tan sólo el 0,03% de las viviendas nuevas construidas en España se consideran tipo EECN, mientras que en otros países como Francia y Bélgica, los edificios tipo EECN representan más del 50% de las viviendas nuevas construidas (ver ZEBRA2020 – Data Tool – Porcentaje de EECN).

## CERTIFICADOS ENERGÉTICOS COMO IMPULSORES DE LA CALIFICACIÓN DE EECN

Es lógico pensar que la certificación energética de los edificios EECN podría ser establecida simplemente añadiendo una letra más a la actual escala de certificación, por ejemplo, A+. Aunque eso podría llevar fácilmente a confusión si se aplicase sin antes analizar qué ventajas y limitaciones tienen los certificados y si es mejor añadir, modificar o complementar.

En cuanto a las ventajas de los certificados energéticos en España:

- Son un medio para mejorar la eficiencia energética de los edificios,
- La escala de letras identifica claramente los edificios eficientes de los no eficientes,
- Tiene suficiente sensibilidad a las mejoras,
- Es posible (aunque no fácil) para todos los climas y tipos de edificios la obtención de la clase de eficiencia A,

- Aunque la escala se desarrolló en principio para edificios nuevos puede extenderse a los edificios existentes,
- Es un instrumento eficaz de política energética.

Pero existen varias limitaciones que deben ser consideradas:

- La escala actual podría mantenerse estable hasta al menos 2018, pero no más allá de 2020,
- Actualmente hay muy baja concienciación y credibilidad,
- Existen diferencias significativas entre los diferentes software disponibles en los Procedimientos de Referencia y Alternativos,
- No permite una comparación fiable de los resultados con los consumos reales.

Una de las claves para impulsar la calificación de EECN es disponer de una definición que recoja los límites específicos de consumo energético y producción de energías renovables y que facilite el balance energético de lo que considerar “casi nulo”. Pero, como es sabido, ello no será posible en España hasta 2018, con suerte. Por tanto, se precisa impulsar otro tipo de acciones como podría ser establecer una buena estrategia EECN.

ZEBRA2020 pretende que los certificados energéticos sean utilizados para inducir al ahorro energético. Y, también, facilitar la comparación con otros países de Europa, mejorando así en la credibilidad de los usuarios y profesionales. El reto es encontrar unos límites de consumo y emisiones “comparables” con otros países. En España, la alta variabilidad climática hace esto muy difícil.

De acuerdo con la metodología de calificación energética en España, a nivel residencial, cada una de las 7 letras A-G puede alcanzar como mínimo 24 valores límite diferentes (edificios de referencia) en función de 12 tipos de zonas climáticas (A3, A4, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 o E1) y 2 tipos de construcción (bloques de viviendas o casas individuales) de acuerdo a una severidad climática y nivel de altitud determinados. ZEBRA2020 ha propuesto hacer una estimación aproximada sobre valores medios ponderados de los edificios de referencia, resultando los límites siguientes para cada clase energética en España:

Clase Energética	Consumo en energía primaria (kWh/m <sup>2</sup> año)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)
A	< 31,6	< 7,2
B	31,6 - 52,8	7,2 - 12,0
C	52,8 - 83,5	12,0 - 19,0
D	83,5 - 129,5	19,0 - 29,5
E	129,5 - 251,4	29,5 - 57,9
F	251,4 - 295,3	57,9 - 69,0
G	> 295,3	> 69,0

*Tabla I. Valores medios ponderados aproximados sobre los límites de consumo en energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> según clase de etiqueta energética en España. Estimación realizada por ZEBRA2020 según valores de los edificios de referencia y ponderando el stock de viviendas de 2014. Desviaciones estándar para valores de consumo: 31,6 ± 13,0 / 52,8 ± 19,3 / 83,5 ± 28,3 / 129,5 ± 42,2 / 251,4 ± 70,5 / 295,3 ± 94,4. Desviaciones estándar para valores de emisiones: 7,2 ± 2,9 / 12,0 ± 4,3 / 19,0 ± 6,3 / 29,5 ± 9,4 / 57,9 ± 14,9 / 69,0 ± 19,2 (fuente: ZEBRA2020 – Data Tool)*

Por otro lado, si las clases energéticas A-G representaran límites de consumo real, esto podría impulsar la adopción de los EECN. El problema es que no hay una relación fiable entre lo que se consume realmente y la letra que tiene el certificado energético. El proyecto ZEBRA2020 quiere ayudar a las administraciones a trabajar en ello.

Posiblemente, la estrategia EECN en España es poco significativa considerando el número de edificios nuevos construidos, pero no el de edificios existentes. Por eso, claves ambiciosas encaminadas hacia la rehabilitación integral tipo EECN podrían ser muy acertadas y ayudarían a mejorar el cumplimiento de los objetivos de ahorro energético marcados por las diferentes directivas europeas.

## CLAVES Y MOTIVACIONES DE LOS EDIFICIOS EECN

A definir al final del proyecto ZEBRA2020. Aunque esta comunicación ya incluye una de ellas: los certificados energéticos como impulsores de la calificación EECN.

## REFERENCIAS

- EPBD (Energy Performance of Buildings Directive): Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios
- EPBD Recast (Energy Performance of Buildings Directive Recast): Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)
- DB-HE-2013: Documento Básico HE Ahorro de Energía - Versión publicada en el BOE 12/09/2013 con corrección de errores del BOE del 08/11/2013
- RD 235/2013: Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios
- Ministerio de Fomento e IDAE, Fundamentos Técnicos de la Calificación Energética de Viviendas, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, 1999
- Ministerio de Vivienda e IDAE, Escala de Calificación Energética para edificios de nuevas construcción, Nº7, Mayo de 2009,  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_calener\\_07\\_escala\\_calif\\_energetica\\_a2009\\_a\\_5c0316ea.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_calener_07_escala_calif_energetica_a2009_a_5c0316ea.pdf) (11 abril 2016)
- Ministerio de Vivienda e IDAE, Escala de Calificación Energética para edificios existentes, Nº13, Mayo de 2011,  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11261\\_EscalaCalifEnerg\\_EdifExistentes\\_2011\\_accesible\\_c762988d.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_EdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf) (11 abril 2016)
- Salmerón, J.M. et al., Tightening the energy consumptions of buildings depending on their typology and on Climate Severity Indexes, Energy and Buildings, Vol. 58, March 2013, Pages 372-377,  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778812004951> (11 abril 2016)
- Ministerio de Fomento e IDAE, Estado sobre la Certificación Energética de los Edificios (1º Informe), Junio 2014, datos a 01/06/2014
- Ministerio de Fomento e IDAE, Estado sobre la Certificación Energética de los Edificios (2º Informe), Enero 2015, datos a 31/12/2014
- Ministerio de Fomento e IDAE, Estado sobre la Certificación Energética de los Edificios (3º Informe), Julio 2015, datos a 01/07/2015,  
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Documents/Informe-seguimiento-certificacion-energetica-V2.pdf> (11 abril 2016)
- Passivhaus Database, <http://www.passivhausprojekte.de/> (11 abril 2016)
- Informe sobre el impacto de los certificados energéticos y EECN en opinión de los agentes de la propiedad – para administraciones, ZEBRA2020 versión “draft” del documento D3.1 (todavía no disponible online)
- ZEBRA2020 “Data Tool”, <http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/> (11 abril 2016)

# PROYECTO ZEBRA2020: ANÁLISIS DE DATOS DE MERCADO DE LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN ESPAÑA

**José Santos López**, Investigador de BEE Group, CIMNE  
**Jordi Cipriano**, Director de BEE Group, CIMNE

**Resumen:** La actual legislación europea sobre edificios y eficiencia energética exige a los Estados miembros de la UE a desarrollar estrategias sobre cómo transformar progresivamente los stocks nacionales de edificios hacia un medio de construcción neutral en rendimiento energético y clima. Los edificios de bajo consumo o casi nulo serán obligatorios a partir de 2020 para todas las nuevas construcciones. Y la tecnología para hacer que esto ocurra ya está disponible y probada, sin embargo, la adopción a gran escala de nuevos EECN y renovaciones será un gran desafío para todos los agentes del mercado y usuarios involucrados. Para empezar, existe una brecha considerable de datos fiables sobre las actividades del mercado actual, así como la dificultad para los responsables políticos de evaluar el éxito de sus políticas y medidas.

**Palabras clave:** ZEBRA2020, Mercado de EECN, Stock de Edificios, Estrategia Política

## ANTECEDENTES

"Aún no se ha formulado una definición de edificios de consumo de energía casi nulo" menciona el último informe sobre el progreso en la aplicación de los EECN por los Estados miembros (COM/2013/0483 final). Donde también explica que está prevista una tercera revisión del Código Técnico de la Edificación para el año 2018. La segunda revisión fue realizada en el 2013 en su Documento Básico de Ahorro de la Energía (DB-HE-2013) e integra algunos de los compromisos pendientes de la Directiva 2010/31/UE conocida como EPBD Recast. Por otro lado, el plan nacional para aumentar el número de EECN en España deja sin definir los requisitos pendientes del punto 9.3 de la EPBD y se limita a definir mejor las fases antes de la transposición de la definición EECN en España prevista para 2018.

De momento, en el marco normativo, tan sólo se han transcrito los plazos para la adopción de los EECN (RD 235/2013) y se ha integrado la misma definición general de EECN sin añadir ningún límite específico de consumo y energías renovables (RD 56/2016). A pesar de los esfuerzos en el cumplimiento de las exigencias de la actual legislación europea, se hace muy difícil que exista un mercado de EECN en España sin antes definir el concepto de edificio de consumo energético casi nulo. Dada esta situación, el proyecto ZEBRA2020 se ofrece para intentar motivar este mercado destacando casos de estudio de edificios tipo EECN y facilitando toda la información existente sobre tecnologías, materiales y estrategias más recurrentes acerca de los EECN.

## OBJETIVOS

El proyecto ZEBRA2020 abarca 17 países europeos, alrededor del 89% del stock de edificios de Europa. Es un proyecto estratégico que se propone cumplir unos objetivos comunes a pesar de las diferentes condiciones climáticas, así como prestaciones políticas y económicas de los países participantes. Los objetivos claves del proyecto son:

1. Hacer el seguimiento de la transición al mercado de los edificios de consumo casi nulo
2. Involucrar a los responsables políticos facilitándoles recomendaciones que permitan desarrollar una estrategia de EECN
3. Preparar una continuidad del mercado de los EECN más allá de la duración del proyecto

## HERRAMIENTA ONLINE “DATA TOOL”

De acuerdo con los objetivos del proyecto ZEBRA2020, se ha desarrollado una herramienta online sencilla llamada “Data Tool” (<http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/>) que facilita el vínculo entre datos cuantitativos y políticas nacionales existentes. Esto permitirá hacer:

- Nuevas normativas relacionadas con los códigos de edificación, incentivos, financiación en eficiencia energética, medidas innovadoras, etc.,
- Medidas que regulen los sistemas de energías renovables en calefacción y refrigeración y la mejora de la eficiencia energética en el sector de la construcción,
- Seguimiento (y posible evaluación) de programas de acción estratégica tales como los certificados de eficiencia energética.

Con el fin de conocer en mayor profundidad los EECN y actividades relacionadas y poder identificar posibles carencias, del mercado de la construcción la “Data Tool” está dividida en dos actividades diferentes:

1. Observatorio de todos los edificios: crear un observatorio online de datos y evidencias reales.
2. Muestra de edificios de tipo EECN: recoger y mostrar casos de estudio de edificios de energía casi nula o similares.

## ACTIVIDAD 1: OBSERVATORIO DE TODOS LOS EDIFICIOS



Figura 1. Nuevas viviendas construidas en 2012 en Europa (Fuente: ZEBRA2020 - Data Tool)

Se trata de una representación sencilla de indicadores relacionados con el stock global de edificios a nivel nacional y europeo, superando las carencias actuales y utilizando valores comprensibles que ayudan a sus usuarios a consolidar la transición del mercado de los EECN. Las características de los datos que se muestran son:

- Datos cuantitativos a partir de 2010 relacionados con el mercado de la construcción.
- Permite hacer comparaciones a nivel nacional (año a año) y/o nivel europeo (según países).
- Se agrupa en 4 grupos principales: edificios nuevos, rehabilitaciones, tecnologías de equipamiento y certificados de eficiencia energética.
- Edificios nuevos: stock (residencial, no residencial), código técnico (demanda de energía primaria, u-values), actividades EECN (estado de la definición, porcentaje de EECN) y coste de construcción (residencial, no residencial).
- Rehabilitaciones: stock y coste de inversión, tanto residencial como no residencial.

- Tecnologías de equipamiento: aislamiento térmico, acristalamiento, soluciones de calefacción y otros.
- Certificados de eficiencia energética: edificios nuevos, todo el stock y distribución de etiquetas, tanto residencial como no residencial.

## ACTIVIDAD 2: MUESTRA DE EDIFICIOS TIPO EECN

Su objetivo es proporcionar información de los mejores casos de edificios de energía casi nula construidos después de 2010 en Europa, destacando:

- Datos cuantitativos basados en edificios tipo EECN (en su defecto, edificios similares de muy bajo consumo) definidos por los socios participantes del proyecto.
- Permite hacer comparaciones a nivel europeo (según países).
- Se agrupa en 3 grupos principales: definiciones, edificios residenciales y edificios no residenciales.
- Definiciones: Estado de la definición de EECN y mapa de distribución de los mejores casos de EECN.
- Edificios residenciales y no residenciales: Eficiencia energética de los edificios (demanda de calefacción y de energía primaria), soluciones pasivas de eficiencia energética (envolvente y agujeros), soluciones activas de eficiencia energética (ventilación mecánica, sistema de calefacción), uso de energías renovables (sistemas fotovoltaicos, sistemas térmicos solares).

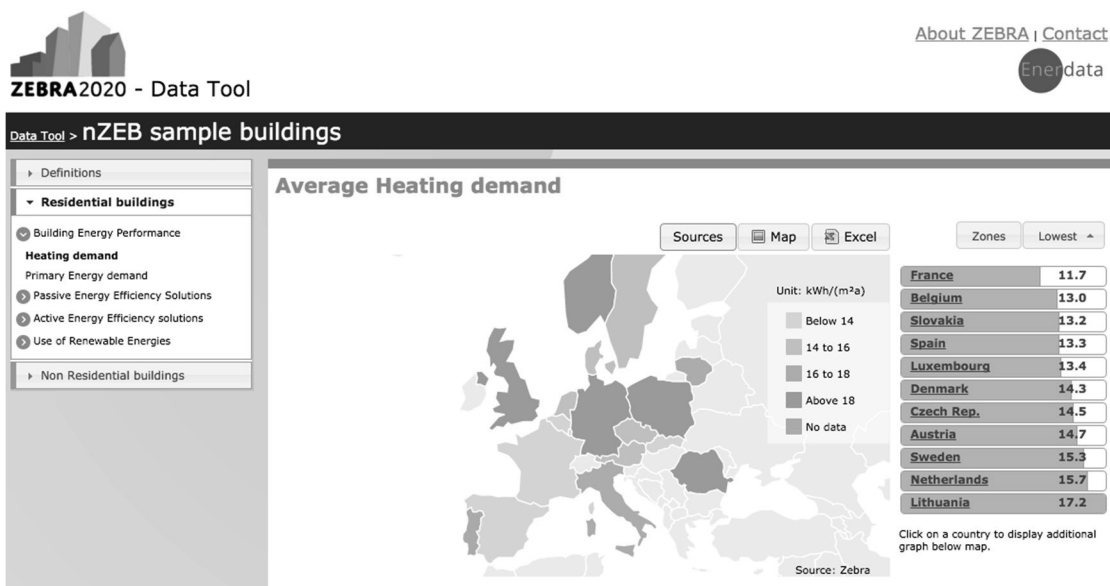


Figura 2. Promedio de demanda de calefacción en los casos tipo EECN en Europa (Fuente: ZEBRA2020 - Data Tool)

Como ejemplo de análisis de este tipo de edificios, se puede observar que, según los casos representados en España, el nivel medio de demanda de calefacción es uno de los más bajos de Europa. Esto es totalmente lógico debido a las condiciones climáticas generales, pero resulta interesante ya que revela una idea sobre valores de referencia para edificios tipo EECN.

Otro de los puntos fuertes de esta actividad es el mapa de distribución de casos de estudio de EECN, donde se permite profundizar más sobre las características técnicas de cada edificio, así como su zona climática, definida en función de los grados día de invierno y verano (ver más información sobre la metodología en la ZEBRA2020 – Data Tool).



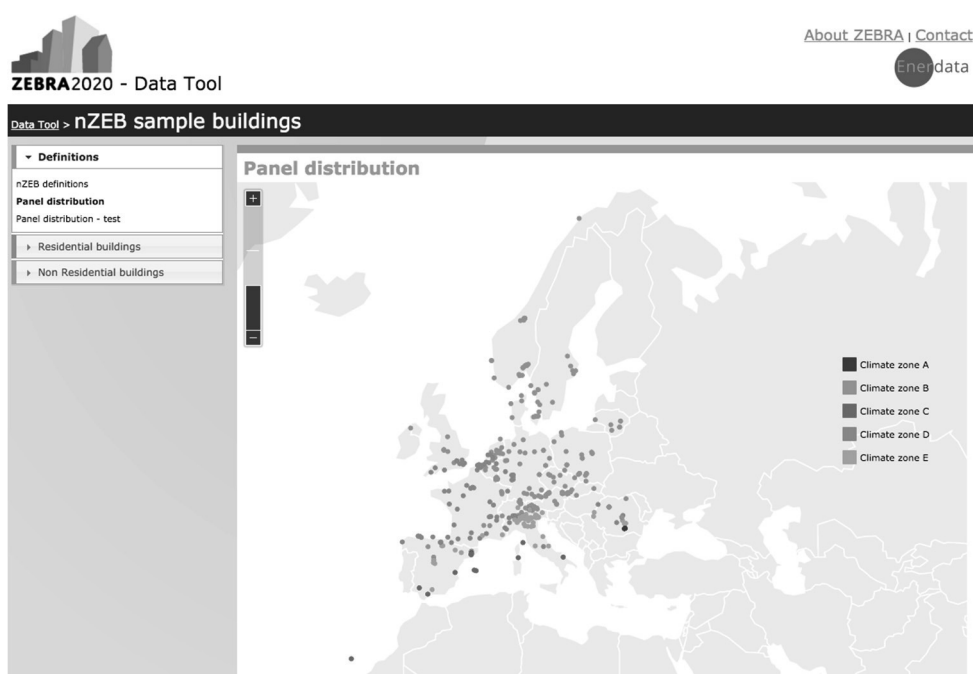


Figura 3. Mapa de distribución de casos de EECN elegidos y clasificados según climas definidos por ZEBRA2020  
(Fuente: ZEBRA2020 - Data Tool)

En el caso de España, los mejores ejemplos considerados de EECN han sido 33 edificios certificados como Passivhaus entre 2010 y 2015 (extraídos de la base de datos en [passivhausprojekte.de](http://passivhausprojekte.de)).

## HERRAMIENTA ONLINE “NZEB TRACKER”

Es una representación agregada de los indicadores más relevantes de la “Data Tool” que permite realizar una evaluación del stock actual de edificios tipo EECN. Se llama “nZEB Tracker” (<http://zebra2020.ecofys.com/>) y está disponible en formato estilo Wiki para facilitar modificaciones y actualizaciones de usuarios designados por el proyecto ZEBRA2020. Su uso permitirá a cada país definir diferentes criterios de seguimiento respecto al nivel de madurez del mercado de EECN y evaluar resultados de forma clara y concisa. Esta herramienta online podrá generar tres niveles de resultados:

- Evaluación de cada criterio según país miembro,
- Evaluación global de la madurez del mercado de EECN según país miembro basada en la metodología de agregación definida por el proyecto (consultarla en ZEBRA2020 – nZEB Tracker – D2.3),
- Resultados europeos ponderados según criterio y madurez global del mercado de EECN.

## ACTIVIDAD 3: “NZEB RADAR”

Con el fin de visualizar de una forma más ambiciosa el porcentaje de edificios tipo EECN de Europa, el proyecto ZEBRA2020 ha desarrollado una metodología de visualización llamada “nZEB Radar” que permite realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de las diferentes categorías de edificios detectadas en una determinada región según su normativa constructiva. Las representaciones gráficas de esta metodología serán integradas tanto en la “Data Tool” como en los informes de evaluaciones del “nZEB Tracker”.

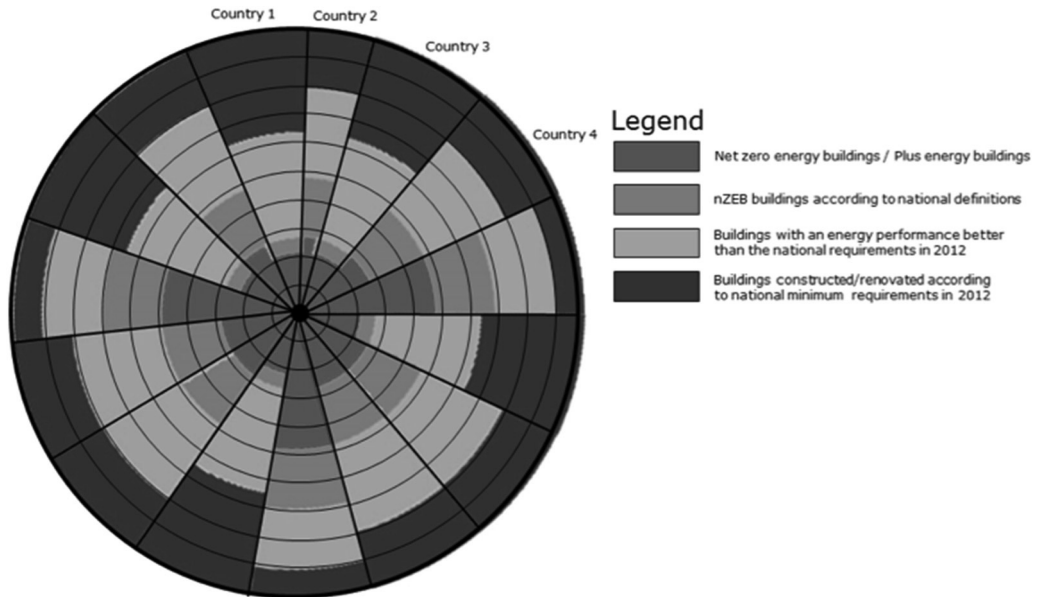


Figura 4. Ejemplo de una de las representaciones gráficas de las diferentes categorías de edificios por países de acuerdo a la metodología de nZEB radar (Fuente: ZEBRA2020 – nZEB Radar versión “draft” – D2.1)

Las categorías establecidas por esta metodología son:

1. Edificios más ambiciosos que EECN (consumo nulo o de energía positiva)
2. Edificios según la definición nacional de EECN o similar
3. Edificios más ambiciosos que el Código Técnico Actual
4. Edificios según el Código Técnico de la Edificación

En el caso de España, debido a la falta de definición de EECN y a efectos de análisis de mercado, se define solamente la categoría 2, para los edificios más ambiciosos que el Código Técnico y considerados similares a los edificios tipo EECN, y la categoría 4, para los edificios demás edificios (ver gráfico representativo en Figura 5).

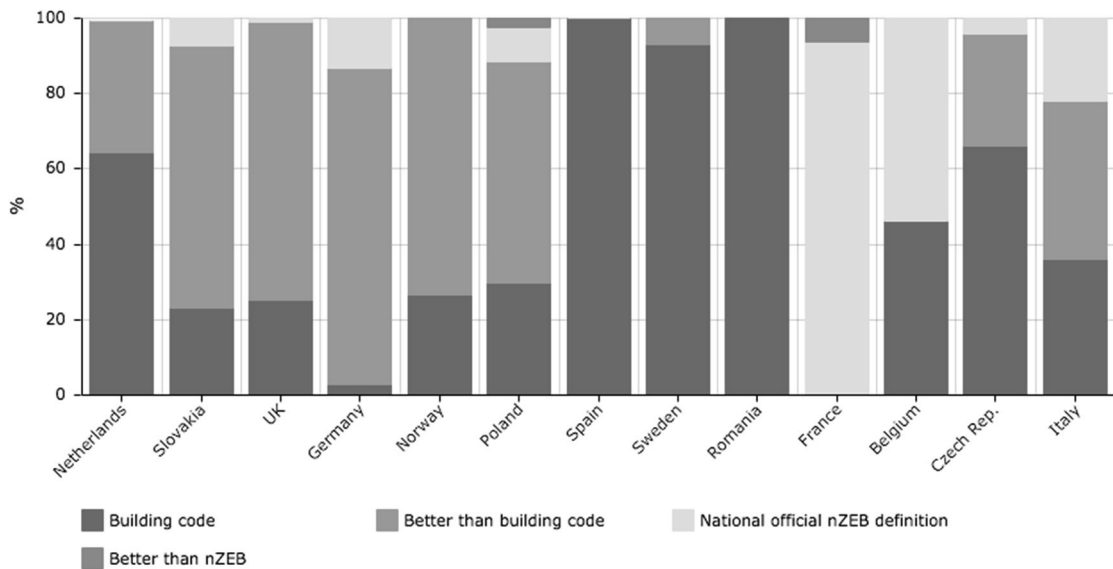


Figura 5. Distribución de viviendas nuevas en 2014 en Europa de acuerdo a la metodología “nZEB Radar”. Datos de España: categoría 2 (amarillo) - 0,03% (edificios certificados Passivhaus en 2014 en España) y categoría 4 (rojo) - 99,97% (demás viviendas nuevas construidas en 2014) (Fuente: ZEBRA2020 – Data Tool – nZEB Radar)

## RESULTADOS ESPERADOS EN ESPAÑA Y EUROPA

A continuación, se enumeran los resultados según el impacto esperado del proyecto ZEBRA2020:

- Proveer escenarios que aceleren la transición al mercado de los EECN y una estrategia EECN para 2020 y en adelante,
- Proporcionar comparativas entre países sobre barreras, hojas de ruta y buenas prácticas, especialmente a nivel económico,
- Facilitar datos que permitan hacer seguimiento sobre la transición a los EECN para un país concreto,
- Involucrar de forma continuada al menos a 250 participantes de seminarios y 20 responsables políticos y/o de la Administración,
- Obtener recomendaciones que aceleren la transición al mercado de los EECN, que cuenten con una alta participación de sus responsables políticos y representantes de la industria de la construcción,
- Recibir al menos 1.000 consultas acerca del seguimiento del mercado Europeo de EECN a través del "nZEB Tracker", incluyendo también la base de datos específicos "Data Tool".

## CONCLUSIONES

En España, gracias al proyecto ZEBRA2020, dispondremos de las herramientas adecuadas para desarrollar una estrategia global de mercado de los EECN, solo hay que usarlas eficazmente:

- "Data Tool" servirá para conocer en mayor profundidad los EECN y actividades relacionadas y poder identificar posibles carencias del mercado de la construcción
- "nZEB Tracker" permitirá hacer evaluaciones de resultados sobre el nivel de madurez del mercado de EECN en un determinado país

## REFERENCIAS

- EPBD Recast (Energy Performance of Buildings Directive Recast): Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición)
- COM/2013/0483 final: INFORME DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO Avances efectuados por los Estados miembros en la implantación de edificios de consumo de energía casi nulo
- DB-HE-2013: Documento Básico HE Ahorro de Energía - Versión publicada en el BOE 12/09/2013 con corrección de errores del BOE del 08/11/2013
- RD 235/2013: Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios
- RD 56/2016: Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía
- Passivhaus database, <http://www.passivhausprojekte.de/> (11 abril 2016)
- Metodología de visualización "nZEB Radar", [http://zebra2020.eu/website/wp-content/uploads/2014/08/ZEBRA2020-Deliverable-D21\\_final.pdf](http://zebra2020.eu/website/wp-content/uploads/2014/08/ZEBRA2020-Deliverable-D21_final.pdf) (11 abril 2016)
- Metodología de agregación de los criterios de seguimiento de EECN, [http://zebra2020.eu/website/wp-content/uploads/2014/08/ZEBRA2020-Deliverable-D2.3\\_final4.pdf](http://zebra2020.eu/website/wp-content/uploads/2014/08/ZEBRA2020-Deliverable-D2.3_final4.pdf) (11 abril 2016)
- ZEBRA2020 "Data Tool", <http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/> (11 abril 2016)
- ZEBRA2020 "nZEB Tracker", <http://zebra2020.ecofys.com/> (11 abril 2016)

# HACIA UN HOSPITAL EECN. "BIOMÍMESIS" PARA CONVERTIR LA NECESIDAD DE CAMBIO, EN UNA OPORTUNIDAD DE MEJORA

**Paula Gómez Vela**, Partner, Vela & Salvador Arquitectos SLP  
**Oscar Jiménez Salvador**, Partner, Vela & Salvador Arquitectos SLP

**Resumen:** En el ámbito español gran mayoría de los hospitales, que seguramente nos atiendan a nosotros, a nuestros hijos y a nuestros nietos (actualmente más de 780 edificios), ya están construidos. Nuestra propuesta consiste en crear unas cláusulas que se incluyan en los diferentes instrumentos de actuación en los hospitales que permitan pensar a largo plazo, implementando buenas soluciones duraderas para el Edificio. El objetivo es que cada vez que en un Hospital sea necesario realizar una reforma para acoger un mejor equipamiento, reorganizar una zona o reparar algún desperfecto, de manera natural, se encamine a las exigencias para ser un EECN".

**Palabras clave:** Hospital EECN, Cambio, Oportunidad, Biomímesis

## INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los hospitales que seguramente nos atiendan a nosotros, a nuestros hijos y a nuestros nietos, siendo ya más de 780 edificios<sup>1</sup>, ya están construidos.

La mayor parte de estos enormes edificios, con un uso de 24 h al día y complejo funcionamiento, tienen más de 50 años y hacen compleja su adecuación para conseguir transformarlos en EECN.



Figura 1. Imagen 50 Aniversario Hospital La Paz (2015)

En Vela & Salvador arquitectos, llevamos más de 12 años trabajando en arquitectura Sanitaria, y conocemos como funciona un edificio hospitalario por dentro, con su necesidad constante en actualización para adecuarse a los últimos tratamientos que ayuden a la mejora de la salud de los pacientes.

## Convertir la Necesidad de Cambio, en una oportunidad de mejora: Biomímesis" como estrategia para fomentar los EECN

### LA NECESIDAD DE CAMBIO

#### *Pero, ¿Cómo abordar y hacer posible el cambio?*

Esta Necesidad de Cambio, la entendemos como una **oportunidad**: Una oportunidad de mejora.

Nuestra formación en biomímesis y su aplicación nos hace entender la Naturaleza como mentora, como fuente de inspiración para encontrar estrategias sostenibles que den respuesta a nuestros problemas, así entendemos los hospitales y complejos hospitalarios como complejos ecosistemas que necesitan evolucionar, desarrollarse, crecer, etc. El edificio, cuanto más antiguo es, normalmente más compleja resulta su adaptación a esta necesidad de cambio.

**¿Cómo resuelve la naturaleza este acontecimiento que en principio habla de decadencia y fin?**

Cuando en un bosque un árbol cae, se crea una oportunidad, sus restos nutren el futuro, diferentes organismos se suceden regenerando y evolucionando el vacío que dejó. Creando una porción de bosque joven con mucho futuro por delante. Este es el modo de actuar que proponemos para conducirlos edificios Hospitalarios existentes a EECN.



*Figura 2. Biomímesis: Nuevo Ecosistema nace en árbol caído (Fotografía Mayte Gordillo)*

Se trata por lo tanto que cada necesidad de actualización, de equipamiento médico de cada Unidad del Hospital, de cada reorganización que se produzca, etc. se aproveche para crear una porción de un edificio de Energía Casi Nula. En vez de llevar a cabo una rehabilitación integral y adecuarlo todo de una vez, lo que implica grandes impactos en su funcionamiento y una gran concentración de recursos, nos haríamos aliados del tiempo e iríamos sumando cambios y mejoras, 1% más 1%, con el objetivo claro de mejorar el conjunto.

**¿Por qué esto no se ha hecho hasta ahora?**

El problema en los edificios actuales es el siguiente: Se convocan concursos para implantar nuevo equipamiento médico, con la mejor y más moderna tecnología por necesidades médicas (aceleradores lineales, TACs, equipos de braquiterapia, etc.) junto con las adecuaciones de las infraestructuras que demandan para su implantación. Pero dado que el protagonista de estos concursos son los equipamientos (por necesidad médica y por coste) los pliegos de los concursos se centran principalmente en ellos, con exigencias muy generales de las obras de adecuación necesarias.

Por ejemplo, en una implantación de un Acelerador lineal de Alta energía, el equipo puede suponer más de 2,5 Millones de €, la adecuación de la infraestructura necesaria puede rondar los 150.000€. La contratación se centra en ajustar el precio y características del equipo, dejando la calidad de la obra en manos de la buena voluntad del fabricante del equipo con el único compromiso de que cumpla lo que requiere el equipo para su correcto funcionamiento. Estos mínimos hacen que el concurso de obra se centre en el mínimo coste, nunca en la calidad y menos en el cuidado de elecciones de soluciones que combinadas tiendan a conseguir un EECN ni a corto ni a largo plazo.



*Figura 3. Sala de Radioterapia en Hospital Diseño Vela & Salvador Arquitectos*

El Adjudicatario del concurso no puede hacer “regalos” en su oferta, pues si ofrece mejoras en obra, estaría en desventaja económica en su propuesta con sus competidores. Pues solo se está valorando el precio final.

El Hospital consigue el mejor precio para el equipo, pero lamentablemente, al no tener nada detallado y acordado a nivel de obra, este mínimo coste para la constructora suele suponer la menor calidad dentro de las posibles para el Hospital: Iluminación poco eficiente, sin soluciones cuidadas de las envolventes que aprovechen todo su potencial, sin un diseño de instalaciones más eficientes que se puedan integrar con otras redes del edificio y por supuesto sin mobiliario y sin humanización del espacio.

Por dar un detalle, instalar iluminación de LED en vez de fluorescencia, supondría para el Hospital una reducción inmediata en consumo energético y en su factura de iluminación de más de un 60%. (Nosotros lo hemos podido comprobar en varios proyectos gracias a la buena voluntad del adjudicatario, hemos logrado ir más allá del coste inmediato a fecha del concurso aprobado)

## OPORTUNIDAD DE MEJORA

### Solución

En nuestra opinión, para hacer estas actuaciones correctamente, se debería seguir, en todo concurso para reforma de una zona del Hospital, un plan general de actuación con cláusulas que busquen el objetivo final de lograr un EECN. Consistiría en incluir una serie de cláusulas sencillas y a la vez completas, que se incluyan en el pliego de cada concurso de este tipo.

De este modo, todos los participantes que quieran optar a concursos para realizar la implantación de nuevos equipos médicos, lo harán en igualdad de condiciones en lo que a obras de acondicionamiento se refiere.

Las cláusulas sería deseable que se definiesen tras realizar un análisis global de las necesidades para convertir el edificio actual en un EECN. En caso de no existir dicho análisis, aquellas destinadas a reducir la demanda energética podrían ser consideradas como adecuadas.

- EECN ILUMINACIÓN: Iluminación LED con justificación de mejora en ahorro energético, detectores de presencia y programadores de iluminación para modificar las necesidades lumínicas según la luz

solar disponible. Se sabe además que con una buena iluminación los tratamientos son más cortos porque el personal tarda menos en gestionar al paciente.

- EECN ENVOLVENTE: Mejora de los aislamientos en la envolvente, aprovechamiento de las inercias térmicas, etc.
- EECN INSTALACIONES: Mayores exigencias de eficiencia de equipos, integración de sistemas, etc.



*Figura 4. Unidad del Dolor transformada en la Unidad del Color gracias a Bankia y Juegaterapia. Proyecto y Diseño Vela & salvador Arquitectos*

## Ir más allá

En nuestra opinión, además, se debería ir más allá del significado básico de un EECN. Se debería entender el ciclo de vida completo del edificio y de lo que en él pasa, incorporando en la ecuación de tomas de decisiones los impactos globales.

Se añadirían además cláusulas sobre incluir:

- EECN: Mobiliario de calidad, que muestre una durabilidad adecuada y siga patrones energéticos, etc.
- EECN Acabados: Durabilidad, cuidado el diseño del interiorismo para humanizar el entorno para los pacientes y personal sanitario (creando un Healing Environment) y libres de COV.

UNIDAD DEL COLOR - HOSPITAL LA PAZ

**Resumen de proyecto**

Consumos energéticos (kWh)*	
Solución Tradicional	3.422,24
Solución LED	1.197,20

\* 16 horas de funcionamiento al día

Ahorro energético	65%
-------------------	-----

Tabla I. Resumen Ahorro Energético conseguido en la Unidad del Dolor transformada en la Unidad del Color gracias a Bankia y Juegaterapia. Proyecto y Diseño Vela & salvador Arquitectos

UNIDAD DEL COLOR - HOSPITAL LA PAZ

**PHILIPS**

**Resumen de proyecto**

Consumos energéticos (kWh)*	
Solución Tradicional	3.422,24
Solución LED	1.197,20

\* 16 horas de funcionamiento al día

Ahorro energético	65%
-------------------	-----

**Detalle de cálculo**

CANT.	SOLUCIÓN TRADICIONAL			SOLUCIÓN LED			
	DESCRIPCIÓN	CONSUMO UNITARIO (W)	CONSUMO TOTAL (W)	DESCRIPCIÓN	CONSUMO UNITARIO (W)	CONSUMO TOTAL (W)	
<b>Illuminación de la Unidad del Color</b>							
3	Downlight de acento Halógeno 1XHAL-R50/50W	50,0	150,0	Downlight de LED de acento RS 141B LED6-32-/840 PSR WH 06905989	11,0	33,0	
5	Downlight de Fluorescencia compacta 2XPLC-4P 26W Electrónico	56,0	280,0	Downlight CoreLine Compact DN130B LED20S/840 PSU WH 85271200	22,0	110,0	
<b>Illuminación Hall Acceso</b>							
2	Luminaria de Fluorescencia 2XTLD-36W Electrónico	78,0	156,0	Luminaria de LED de superficie SM 120V LED27S/840 PSU W20L120 89782900	31,0	62,0	
<b>Illuminación del pasillo</b>							
4	Luminaria de Fluorescencia 2XTLD-36W Electrónico	78,0	312,0	Luminaria de LED de superficie SM 120V LED27S/840 PSU W20L120 89782900	31,0	124,0	
<b>TOTAL (W)</b>			<b>586,0</b>	<b>TOTAL (W)</b>			<b>205,0</b>





*Figura 5. Detalle Unidad del Dolor transformada en la Unidad del Color gracias a Bankia y Juegaterapia. Proyecto y Diseño Vela & Salvador Arquitectos*

## CONCLUSIONES

Este Plan general, permitirá pensar a largo plazo, (no solo precio coste a la fecha en que se concede el contrato, como suele ocurrir) con buenas soluciones duraderas para el Edificio. Con un sencillo índice de requerimientos que debería incluirse en los concursos de obra y equipamiento y que deberían cumplir e incluir todos los participantes para considerar válidas sus ofertas. De modo que la elección de iluminación, control de consumo y elección de materiales, mobiliario y equipos adecuados no sean una penalización sino un objetivo a valorarse positivamente de cara a elegir al adjudicatario.

Así cada vez que el Hospital necesite reformarse para acoger un mejor equipamiento, de manera natural, se estará encaminando a ser un EECN.

## AGRADECIMIENTOS

A los Hospitales, constructores y fabricantes de equipos médicos que han querido ir más allá y han hecho posible dar pasos hacia los Edificios Hospitalarios de Energía Casi Nula y especialmente al Área de Oncología Radioterápica del Hospital 12 de Octubre de Madrid, y la Gerencia y Equipo Médico de la Unidad del Dolor del Hospital Universitario La Paz de Madrid.

<sup>i</sup> Datos Ministerio de Sanidad 2015.

# RED DE PARQUES DE INNOVACIÓN BRE - INFORMANDO AL FUTURO DE NUESTRA CONSTRUCCIÓN

**Dr David Kelly**, Director de Grupo, BRE - Building Research Establishment  
**Jordan Grant**, Consultor, BRE - Building Research Establishment  
**Carlos Campos**, University of Strathclyde, UK

**Resumen:** El concepto de Parque de Innovación de BRE ha sido establecido para apoyar el desarrollo y la aplicación de las normas Gubernamentales relacionadas con asuntos como la innovación en la construcción, sostenibilidad, eficiencia energética, durabilidad y cambio climático. El papel de los Parques de Innovación es el de informar a la industria y los creadores de las normas sobre la viabilidad de las innovaciones constructivas que pueden otorgar un mejor rendimiento y una sostenibilidad real en el ámbito de la construcción. BRE ha establecido Parques de Innovación en Reino Unido, China, Brasil y Canadá y ha asegurado el apoyo de más de 500 compañías, las cuales están persiguiendo los límites de la innovación en el sector de la construcción. Los Parques de Innovación, con una gran atención en la investigación y la difusión, ofrecen un efecto positivo al informar sobre el desarrollo en países de todo el mundo.

**Palabras clave:** BRE, Reino Unido, Parque de Innovación, Iniciativa Global, Parámetros de Diseño, Eficiencia Energética

## INTRODUCCIÓN

BRE, a lo largo de su existencia, ha estado a la cabeza de la innovación y la investigación de la construcción. Esta posición singular en la industria le asegura como una pieza clave en el desarrollo de políticas, reglamentos, normativas e innovación que conformará el futuro de la construcción. Esta singularidad también asegura que BRE es muy valorada en el sector privado como una organización que fomenta, evalúa y promueve la innovación en la construcción, la cual a menudo conlleva a una introducción en el mercado y ganancias comerciales. El papel que tiene BRE en esa conformación, desarrollo, demostración y promoción de la innovación en la construcción es muy valioso y proporciona continuas oportunidades de colaboración nacional e internacional. El concepto de Parque de Innovación de BRE ha sido establecido para apoyar el desarrollo y la aplicación de reglamentos gubernamentales relacionados con asuntos como la innovación en la construcción, sostenibilidad, eficiencia energética, durabilidad y cambio climático. El papel de los Parques de Innovación es el de informar a la industria y los creadores de las normas sobre la viabilidad de las innovaciones constructivas que pueden otorgar un mejor rendimiento y una sostenibilidad real en el ámbito de la construcción.

A la par que, globalmente, el sector de la construcción emerge de la peor recesión sufrida en décadas, la atención en la innovación es cada vez más importante. Los desafíos económicos y la lenta recuperación del sector de la construcción puede que no sean el fondo más alentador para promover mayores niveles de innovación. De hecho, gestionar los costes y mantener las actividades comerciales siguen siendo la prioridad para muchos de los componentes en la industria de la construcción.

Sin embargo, los objetivos del Gobierno, los cambios reguladores y un espectro de factores sociales llevarán a la industria a encontrar nuevas maneras para ofrecer mayores niveles de rendimiento al ámbito de la construcción. La necesidad de mejores niveles de innovación también destacará con la búsqueda, por parte del sector de la construcción, de proporcionar soluciones energéticamente eficientes a un precio rentable. Por lo tanto, ensayos, evaluaciones, investigaciones y demostraciones seguirán siendo elementos importantes para la industria de la construcción en los años venideros. En efecto, los beneficios económicos por participar en este tipo de actividades son considerables y deberían ser claramente expresados a través del estudio de casos reales y testimonios (algo en lo que BRE ha desarrollado una sólida base de conocimientos).

## RED DE PARQUES DE INNOVACIÓN BRE

La visión de BRE para sus Parques de Innovación es la de establecer una red única y sin parangón de investigación y demostración, la cual sirve de inspiración y desarrolla soluciones innovadoras que informarán sobre el desarrollo global del ámbito de la construcción. Esta red trabaja con agentes locales e internacionales para identificar y apoyar las innovaciones que demuestran una sostenibilidad real y ofrecen beneficios sociales, económicos y medioambientales a nivel nacional e internacional.

Si bien hay ejemplos, en Reino Unido y Europa, de demostraciones de construcciones innovadoras, no existe una red global con actividades y resultados coordinados. BRE ha identificado la necesidad de unir la investigación en el núcleo de los Parques de Innovación y esto ha facilitado una interacción más amplia con un mayor número de instituciones académicas, organizaciones del sector público y empresas.

### Modelo de Parque de Innovación

BRE ha creado dos Parques de Innovación en Reino Unido; un Parque en las oficinas principales de BRE en *Watford* (Inglaterra), y una segunda instalación en *Ravenscraig* en Escocia. El propósito de estos parques es proporcionar un espacio dedicado a la innovación de la industria para que sea demostrada y evaluada. Como propietario de estos parques, BRE se une a colaboradores del sector industrial que tienen soluciones, diseños y tecnologías y materiales innovadores que pueden ayudar al desarrollo de edificios sostenibles y de bajo consumo energético. Estos edificios demostración han sido financiados con varias fuentes incluyendo financiación directa de empresas y socios suministradores, financiadores de investigación y muestras, y financiación proveniente del sector público. Los Parques de Innovación de Reino Unido reciben alrededor de 25000 visitantes al año, han atraído aproximadamente 25 Millones de Libras de inversión por parte de la industria y 16 Millones de Libras de financiación para investigación.



Figura 1. Parque de Innovación BRE, Watford



Figura 2. Parque de Innovación BRE, Ravenscraig

El éxito de los parques de innovación en Reino Unido ha supuesto a un interés significativo a nivel global. Esto, a su vez, ha llevado al establecimiento de Parques de Innovación en China, Brasil y Canadá. BRE también está en conversaciones con otro posible socio para Parques de Innovación a lo largo de Europa, entre otros continentes.

Como muestra del desarrollo de estos Parques de Innovación y sus edificios demostración innovadores está el sólido acercamiento a la evaluación del rendimiento del edificio. BRE ha establecido un enfoque para evaluar el rendimiento de estos edificios innovadores que ofrece valiosa información para un amplio abanico de agentes interesados. Esta información es particularmente importante cuando existe un interés o necesidad de entender como dichas tecnologías funcionarían en diferentes zonas climáticas. También ofrece, a los socios implicados, un beneficio real con la oportunidad de promocionar tecnologías y soluciones, contrastadas con resultados reales de su funcionamiento, en un mercado global.

## Parques de Innovación Internacionales

En los países en los que se están desarrollando Parques de Innovación internacionales, existen oportunidades muy significativas para informar e influenciar desarrollo a una mayor escala y de un modo tal que se ofrezcan resultados realmente sostenibles. Para poder llevar esto a cabo, cada Parque de Innovación debe identificar su propia visión, temática y prioridades. Los conductores económicos, políticos y sociales difieren claramente entre Reino Unido, China, Brasil y Canadá, por lo que cada Parque debe ser libre de identificar sus propias prioridades. Este reflejo de conductores locales y/o nacionales asegurará que cada Parque de Innovación tenga una incidencia positiva sobre futuros desarrollos y dejará y legado provechoso para los años venideros.

### **Brazil - CEPAC**

Localizado en la Universidad de Brasilia, CEPAC, está dedicado al desarrollo, ensayo y difusión de soluciones tecnológicas sostenibles para procesos y productos del ámbito de la construcción. Este parque tiene como objetivo la creación de un centro de referencia, que trabajará en un entramado, como catalizador de una capacidad técnica consolidada en Brasil e internacionalmente. Para ello se buscará el desarrollar, probar y difundir tecnología innovadora y sostenible aplicada a la producción y mantenimiento de la construcción a través de una colaboración entre los sectores privado, público y académico en Brasil y Reino Unido. Esto ayudara con el desarrollo del sector de la construcción en Brasil.

### **China - Parque de Innovación de "Gui'an"**

El Parque de Innovación de Gui'an establecerá unas instalaciones de investigación y demostración únicas, que inspiran y desarrollan soluciones innovadoras que informarán al desarrollo del Área Nueva de Gui'an y a lo largo de China. Estas instalaciones trabajarán con agentes locales e internacionales para identificar y apoyar innovaciones que demostraran sostenibilidad real y ofrecerá beneficios sociales, económicos y medioambientales a niveles local y nacional. Para conseguir el Parque de Innovación de Gui'an, BRE está trabajando con el Grupo "Tsinghua Holdings Asentamiento Humano de la construcción" (THHSCG), una filial del grupo "Tsinghua Holdings S.L." y el primer gran grupo industrial de China, guiado por la Teoría de Ciencias de Asentamientos Humanas. Trabajando en colaboración con THHSCG, la universidad de Tsinghua y el Gobierno de Gui'an, las primeras actividades se han centrado en la consecución del planeamiento urbano del Parque como se muestra en la Figura 3.

### **Canadá**

El modelo comercial del Parque de Innovación de BRE en "The Living City Campus" ha sido desarrollado para ofrecer oportunidades tanto de "presión" como de "liberación" para perseguir la innovación a través de instalaciones centradas en el sector de la construcción. Ofreciendo un desarrollo por fases para conseguir el cumplimiento de posibles futuras normativas, el Parque ofrece al sector una ruta para elaborar productos y servicios que pueden ser demostrados e implementados en dicho Parque antes de que, por normativa, pueda ser de obligado cumplimiento. Este modelo permitirá a la normativa "presionar" al sector para la consecución de una mejora de rendimiento, eficiencia energética y ahorro de emisiones de carbono, mientras que también se demuestra que la legislación puede cumplirse. La "liberación" de la innovación se consigue estableciendo normativas holgadas en cuanto a lo requerido actualmente y ofreciendo mecanismos que permitan la construcción en un entorno real con las pruebas y verificaciones de edificios en uso. El parque también creará y estimulará una demanda de la industria y el público con la demostración, investigación y medida de los beneficios de los métodos de constructivos innovadores. El modelo de diseño, distribución y operación del Parque de Innovación incitará a las empresas a colaborar con cada uno, y globalmente con la red, de Parques Internacionales.



Figura 3. Parque de Innovación de Gui'an, China



Figura 4. Muestra de la Casa Rehabilitada

## FUNCIONAMIENTO DE LOS EDIFICIOS DE LOS PARQUES DE INNOVACION

Para el cálculo del rendimiento de los edificios de los Parques de Innovación, BRE usa técnicas de simulación dinámica para conseguir los parámetros de funcionamiento que son cruciales en el rendimiento y durabilidad a largo plazo. El desarrollo de los modelos de simulación se realiza de la siguiente manera:

- Con los dibujos en CAD facilitados por el diseñador/arquitecto como base, se genera el modelo de simulación dinámica usando el programa adecuado (ej ESPr, IES, etc). Con esto se consigue una fiel representación digital del edificio.
- Entonces, BRE genera las condiciones ambientales en el modelo para recrear los ciclos de calefacción y refrigeración (el modelo entonces predice un perfil de refrigeración basado en las condiciones de ambiente).
- BRE recrea físicamente idénticas condiciones ambientales en el edificio real y mide la reacción en cuanto a calefacción y refrigeración.
- Usando las características de rendimiento de la predicción y de la medida real, el modelo de simulación puede ser calibrado, obteniendo así una representación digital muy precisa del edificio del Parque de Innovación.

Usando este modelo de cálculo, BRE puede evaluar, por completo, cómo los edificios del Parque de Innovación podrían funcionar y responder ante diversos patrones de ocupación, condiciones climáticas y en las distintas ubicaciones del mundo. Este enfoque también permitiría optimizar el rendimiento del edificio para adaptarse a los diferentes requisitos de constructores y/o clientes particulares.

Un ejemplo del uso de este enfoque es explicado en esta comunicación.

## VIVIENDA REHABILITADA, PARQUE DE INNOVACIÓN BRE EN “RAVENS CRAIG”

Para poder llevar a cabo este reto de envergadura europea, de mejorar el rendimiento de edificios domésticos existentes, BRE puso en marcha un proyecto de rehabilitación en el Parque de Innovación de Ravensraig (Escocia). Este proyecto consistió en la recreación de un bloque de 4 viviendas típico de la década de 1930 (actualmente existen 300000 viviendas como ésta a lo largo de Reino Unido). El edificio fue construido para representar esta común tipología, basado en información histórica sobre su diseño. Fueron generados, para cada uno de los 4 apartamentos, una estrategia y diseño de rehabilitación individual (es decir, ofreciendo cuatro posibles soluciones para esta tipología). Se ejecutaron los diferentes proyectos de rehabilitación en el edificio y se llevó a cabo la metodología de evaluación del edificio anteriormente descrita.

## Evaluación del Rendimiento

Los cuatro apartamentos fueron denominados G1 (Planta Baja 1), G2 (Planta Baja 2), F1 (Primera Planta 1) y F2 (Primera planta 2). G1 se mantuvo sin medidas de rehabilitación y se tomó como la línea base de rendimiento. A cada uno de los apartamentos restantes (G2, F1 y F2) le fueron aplicadas medidas de rehabilitación específicas, como se describe en la Tabla I:

Parámetro	Modelo Referencia	Cambios para G2	Cambios para F1	Cambios para F2
Cerramiento exterior	Cerramiento con cámara de aire sin aislamiento, con enfoscado exterior y revestimiento interior (U=1,13W/m <sup>2</sup> K)	Aislamiento en cámara de aire / impermeabilización, aislamiento y revestimiento interiores (U = 0.12 W/m <sup>2</sup> K)	Aislamiento en cámara de aire, aislamiento exterior, doble placa de cartón-yeso interior como acabado interior (U = 0.12 W/m <sup>2</sup> K)	Aislamiento en cámara de aire/ impermeabilización aislamiento y revestimiento interiores (U = 0.12 W/m <sup>2</sup> K)
Muro de separación (entre apartamentos)	Cerramiento con cámara de aire sin aislamiento, enfoscado a ambos lados (U = 0.972 W/m <sup>2</sup> K)	Gran aislamiento en cámara de aire con doble placa de cartón-yeso como acabado interior (U = 0.292 W/m <sup>2</sup> K)	Gran aislamiento en cámara de aire con doble placa de cartón-yeso como acabado interior (U = 0.292 W/m <sup>2</sup> K)	Gran aislamiento en cámara de aire con doble placa de cartón-yeso como acabado interior (U = 0.292 W/m <sup>2</sup> K)
Infiltraciones de aire	15 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h a 50 Pa	Infiltraciones programadas de: 0.31 renov /h	Infiltraciones programadas de: 0.38 renov/h	Infiltraciones programadas de: 0.30 renov/h
Sistema de Calefacción	Paneles radiadores eléctricos	Suelo radiante servidos por una caldera de 9kW	Paneles solares con acumulador de 210 L / 15 kW caldera de apoyo	Bomba de calor / Radiadores con termostato y regulador

Tabla I. Resumen de las medidas de rehabilitación llevadas a cabo en los apartamentos

La predicción anual de demanda para la calefacción para los apartamentos G2, F1 y F2 era de 1489kWh, 1415kWh y 702kWh, respectivamente. Basado en una superficie interior de 69m<sup>2</sup>, esta demanda equivale a 21,6 kWh/ m<sup>2</sup>, 20 kWh/ m<sup>2</sup> y 10,2 kWh/ m<sup>2</sup>, respectivamente. Esto equivale al 38%, 43% y 71% de reducción de la demanda de calefacción anual comparado con el modelo base. Basándose en los factores de emisiones de CO<sub>2</sub> de 460 kg/MWh y 185 kg/MWh para electricidad y gas natural respectivamente, las soluciones de rehabilitación demuestran un 38%, 77% y un 88% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas con la calefacción de los apartamentos G2, F1 y F2 respectivamente. El porcentaje de reducción de la demanda de calefacción y sus emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas con respecto el modelo base se pueden ver claramente en la Figura 5.

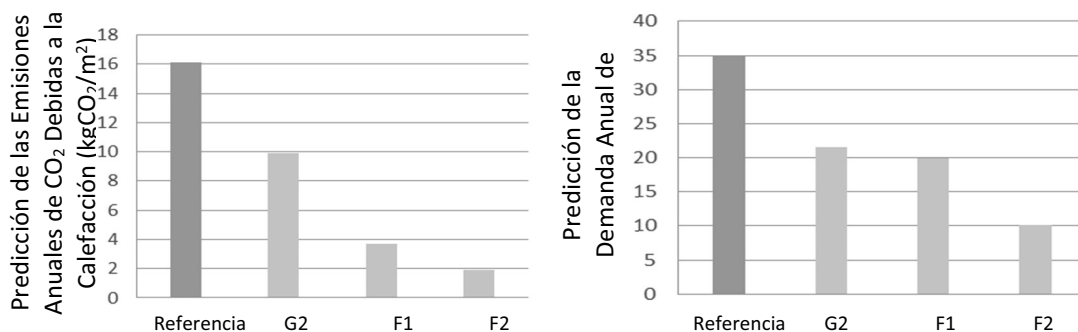


Figura 5. Predicción de la reducción de la demanda de calefacción y emisiones de CO<sub>2</sub> para apartamentos rehabilitados

## ANÁLISIS

Los parámetros de diseño resaltados en la Tabla 1 dan a entender que F2 debería ser el más eficiente energéticamente, seguido de F1 y posteriormente de G2. Se observa la esperada tendencia. Se puede ver que F2 se comporta mejor que F1 aunque fuese a lo mejor esperado que la distancia entre F1 y F2 hubiera sido menos dado que los resultados SAP presentan solo un punto de diferencia. Aunque la predicción de la demanda de calefacción en los apartamentos G2 y F1 era similar, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas son menores en F1 en comparación con G2. Esto es debido a que el G2 usa una caldera eléctrica para conseguir la demanda de calefacción, mientras que F1 usa una de gas natural.

Con respecto a la diferencia de rendimiento, mayor a la esperada, entre los apartamentos F1 y F2, el factor que parece ser el principal causante es la técnica del aislamiento térmico. Los apartamentos F1 y F2 fueron aislados externamente, mientras que los apartamentos G2 y F2 fueron aislados internamente. Parece, dado el análisis llevado a cabo y por las mediciones in-situ de los valores U, que el aislamiento térmico interior es más efectivo que el aislamiento externo. Los valores U de los apartamentos aislados exteriormente G1 y F1 eran de 0,28 W/m<sup>2</sup>K y 0,33 W/m<sup>2</sup>K respectivamente, comparado con el valor de 0,12 W/m<sup>2</sup>K de los apartamentos aislados internamente. Por lo tanto, si los muros de cerramientos exteriores en G1 y F1 se cambiasen en el modelo de simulación a aislados internamente, se prevé que el rendimiento del apartamento F1 mejoraría y la diferencia entre los apartamentos F1 y F2 se reduciría. A continuación se recogen otras consideraciones de la investigación realizada:

- La predicción de la demanda anual de calefacción para el modelo de referencia (sin la modificación con soluciones de rehabilitación) era de 35kWh/m<sup>2</sup>
- Las temperaturas interiores son, por lo general, aceptables y las que serían esperadas para un edificio de este tipo. Es necesaria calefacción durante el invierno para mantener unas temperaturas y unas condiciones de confort interior aceptables. En general, no se necesita calefacción durante los meses de verano y ha sido demostrado que ventanas y cortinas deben ser utilizadas para mantener las condiciones de confort interior.
- Los niveles de CO<sub>2</sub> en las zonas principales son, por lo general, aceptables aunque pueden sobrepasar estos niveles en los meses de transición y de verano y cuando las zonas presentan un pico de ocupación máxima. Ha sido demostrado que, en verano, la ventilación a través de la apertura de ventanas es suficiente para mejorar las concentraciones de CO<sub>2</sub> a niveles aceptables aunque esto podría no ser posible durante los meses de transición, cuando aún existe una demanda de calefacción.

## CONCLUSIONES

Los mecanismos de financiación han sido muy discutidos en los últimos años, los cuales pueden apoyar los proyectos de rehabilitación (como por ejemplo "Green Deal" o "Energy Company Obligation" en Reino Unido) los juegan, por supuesto, un papel muy importante para los programas de rehabilitación. Se podría decir que no se ha puesto mucho énfasis en la identificación de soluciones técnicas de confianza que hagan una diferencia a largo plazo en el rendimiento de las viviendas existentes y que ayuden a erradicar la escasez de combustibles. Fue este panorama, de nuevo, con el que se creó la "Casa rehabilitada". Ofrecer los resultados de una investigación, que contienen información técnica sólida en cuanto a la rehabilitación y los beneficios en el rendimiento que pueden conseguirse, son elementos muy importantes para cualquier estrategia de rehabilitación.

BRE continuará explorando soluciones constructivas innovadoras, para edificios de nueva planta y rehabilitaciones, a lo largo de sus Parques de Innovación en los próximos años. El desarrollo de Parques de Innovación permite acceder a la tecnología y actividades de investigación de vanguardia y a lo largo de un amplio espectro de agentes involucrados a lo largo de varios continentes en el mundo. Esta red única ya se encuentra, y tiene la capacidad de contribuir aún más, informando sobre un ámbito de la construcción más sostenible en el que se reflejan prioridades locales y nacionales, influenciadores y conductores.

# EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO EN LA VIVIENDA ITAPEVA F

**Déborah Hager Lopes de Andrade**, Estudiante de Ingeniería Civil en el Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Dr. Marcone Susumo Gomazako**, Profesor de Ingeniería Civil en el Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

**Resumen:** A lo largo de 2015, se celebró el Año Internacional de la Luz, creado por las Naciones Unidas (ONU) para sensibilizar a los gobiernos del mundo que a pesar de todos los avances científicos de la humanidad todavía hay 1,5 millones de personas que viven sin electricidad. Países subdesarrollados y en desarrollo, son los que más sufren la falta de acceso a la energía. En 2012, en Brasil, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), puso en marcha la Resolución Normativa 482, donde se establecen directrices para el acceso a la micro generación de electricidad doméstica de fuentes renovables. En este trabajo se presenta un estudio sobre el sistema híbrido eólico-fotovoltaico Off-Grid, mostrando que existe la posibilidad de proporcionar una mayor rentabilidad para las familias de bajos ingresos en la ciudad de Itapeva y hacer una contribución a la crisis en la matriz energética brasileña.

**Palabras clave:** Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico, Off-Grid, Familias de Bajos Ingresos, Payback

## CRISIS EN LA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEÑA

En Brasil, las políticas de inclusión y reducción de la desigualdad social, dará lugar a la necesidad de ampliar la disponibilidad de energía eléctrica en Brasil, ya que aumentará el consumo de electricidad afectando temas, como la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética de la matriz brasileña (Bueno, 2013).

Sólo en 2012, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), puso en marcha la Resolución Normativa 482, que establecen directrices generales para el acceso a la micro generación y la minigeneración de electricidad residencial por medio de fuentes renovables permitiendo una mayor participación del auto-productor en la matriz energética nacional con el fin de obtener un consumo eficiente de energía y un menor impacto ambiental (ANEEL, 2012).

Como Brasil tiene las condiciones climáticas y geográficas favorables en relación a la radiación solar y la energía eólica, el uso de energía a partir de la misma para el consumo residencial de energía hace que sea posible reducir el impacto ambiental de otras fuentes no renovables y contribuir al ahorro de costes de familias de bajos ingresos.

## ELECTRICIDAD PARA ITAPEVA F

El enfoque de este estudio se basa en mostrar la viabilidad económica de implementar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico Off-Grid para la generación de electricidad para las familias de bajos ingresos.

En 2011, la Empresa de Vivienda y Desarrollo Urbano (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano en portugués), junto con el municipio de Itapeva, construyeron en Itapeva en el estado de Sao Paulo, la vivienda Itapeva F. En total 177 familias fueron atraídos a la vivienda con 212 casas de 43,5 m<sup>2</sup> (Prefeitura Municipal de Itapeva, 2015).





Figura 1. La Vivienda Itapeva F

## Material y Métodos

El sistema en cuestión genera electricidad en corriente continua (DC), pero la mayoría de los equipos y aparatos que se encuentra en el mercado brasileño operan en corriente alterna (AC), por lo general en las tensiones de 110 V y / o 220 V. Por lo tanto, para el diseño será considerado el equipo más común que normalmente se puede alimentar con sistemas híbridos eólico-fotovoltaico.

Nuestra aplicación principal, la iluminación, en el caso de este estudio, tanto interna como externa estará propulsado por el sistema.

Electrodomésticos tales como aparatos electrónicos y electrodomésticos, también pueden ser alimentados a través de un sistema de este tipo, pero por que se realizan para recibir corriente alterna, el sistema requiere el diseño de un inversor.

Consumo de los Cargos									
Descripción	Cantidad	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Ciclo de Servicio Diario (h/día)	La eficiencia de conversión de energía	Tensión Nominal (V)	Consumo Amp.ora (A.h/día)	Consumo W.h/día
Lámparas LEDS internos	5	0,1	Bivolt	7	5	0,85	24	1,7	175
Lámparas LEDS externos	2	0,1	Bivolt	7	3	0,85	24	1,0	42
TV LED 32"	1	0,4	Bivolt	48	5	0,85	24	11,8	240
Frigorífico 450 L	1	1,2	110	135	8	0,80	24	56,3	1080
Lavadora 6kg	1	5,5	110	600	3	0,80	24	93,8	1800
Horno Microondas	1	3,7	220	820	0,5	0,80	24	21,4	410
Secador de Pelo	1	18,2	110	2000	0,5	0,80	24	52,1	1000
Licudadora	1	6,4	110	700	0,5	0,80	24	18,2	350

Tabla I. Consumo de los Cargos

La disposición se instalará en un ángulo igual a la latitud del lugar, Itapeva, en el caso de que la demanda de carga sea mayor en el verano en el hemisferio sur, la disposición del ángulo de inclinación es igual a la latitud del lugar añadido 15 °. La diferencia para el invierno será la disposición del ángulo de inclinación igual a al menos 15 ° y por lo uso de la inclinación, se estima la potencia del proyecto considerando sol pleno en cada uno de estos lugares. Selecciona para el proyecto la potencia más baja entre estos tres casos, este procedimiento se indicará la mejor inclinación para el generador fotovoltaico.

Así, la localización correspondiente a la ciudad de Itapeva tiene mayor incidencia de radiación solar durante 7 horas al día, lo que genera un proyecto de poder 1019.4 W.

El módulo elegido para la instalación del sistema es el tipo de cristalina, fabricado por la industria de energía chino Yingli con potencia igual a 140 W, el número de módulos necesarios para el sistema será modificado teniendo en cuenta el proyecto de energía corregida por 90%. Por lo tanto, el diseño se compone de dos módulos vinculados en serie con el objetivo de llegar a la tensión conjunto de 24 voltios.

Las dimensiones de la turbina eólica tomaron en consideración el potencial eólico de la región, así como la demanda de cargas de energía que componen el sistema. El mapa de vientos del sureste de Brasil indica que la velocidad media del viento en la región de Itapeva oscila de 5,5 a 7,0 m / s, por lo que el viento necesario para el correcto funcionamiento de la turbina de viento no debe ser superior a estos valores.

Por lo tanto, fue seleccionado para este proyecto, dos turbinas eólicas de Air Ista Breeze i-500 que tiene la velocidad del viento necesaria para su funcionamiento de 3,5 m / s, la producción de 500 W a 12,5 m / s, lo que producirá en la región de Itapeva 103,4 W a 6,5 m / s.

El regulador de carga debe ser elegido de acuerdo con el valor de la corriente máxima que debe ser mayor que la corriente de cortocircuito máxima esperada al sistema. Otra característica importante es la tensión de funcionamiento del sistema, todos estos datos deben ser proporcionados por el fabricante.

Para el diseño de las baterías en serie, se considera la tensión nominal que queremos que el sistema híbrido solar-eólica funcione, con la tensión nominal de la batería seleccionada, establezca el número de baterías en serie donde sería necesario en el caso dos baterías de 12 voltios en serie.

El inversor dimensionado para este proyecto tomó en cuenta la potencia eléctrica que debe alimentar.

## Resultados

En este estudio se utilizará como flujo de caja de mes a mes el impacto del uso del sistema híbrido eólico-fotovoltaico. Por lo tanto, el análisis económico de que se trate debe tener en cuenta el valor de kW.h y los impuestos cobrados por Elektro, proveedor de electricidad a la región Itapeva.

En Brasil los impuestos están incrustados en los precios de los bienes y servicios, por lo que están presentes en sus facturas de agua, luz y teléfono, la compra de bienes y contratación de diversos servicios. Las facturas se incluyen impuestos federales, estatales y tasas municipales.

Desde el 1 de enero de 2015, el sistema de banderas de tarifa entró en vigor. Se aplica en todo el país, según lo regulado por la ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica), la Resolución Normativa nº 547/2013. Según estudios realizados por expertos en el tema, publicado en el sitio de la ANEEL, el cambio será positivo y ayudará a equilibrar los costos de generación de energía y garantizar la seguridad energética (Elektro, 2015).

- Bandera verde: condiciones favorables para la generación de energía. La tarifa publicada se mantiene.
- Bandera amarilla: condiciones de generación menos favorables. La tarifa publicada sufre un aumento de R\$ 2,50 (€ 0,625) por cada 100 kilovatios hora (kW.h) consumida.
- Bandera roja: condiciones más costosas de generación. La tarifa publicada sufre un aumento de R\$ 4,50 (€ 1,257) por cada 100 kilovatios hora (kW.h) consumida.

La ecuación para calcular consumo residencial en €/kW.h incluyendo impuestos aplicados por Elektro (Elektro, 2015).

Para el valor del cálculo en euros será considerado el valor equivalente a un euro igual a € 3,9975 de acuerdo con datos del Banco Central de Brasil (Banco Central Brasileiro, 2016).

$$\text{Valor en } \text{€} = \frac{\text{Valor kWh (Elektro)}}{1 - (\text{PIS} + \text{COFINS} + \text{ICMS})} + \text{Valor Bandera Roja}$$

Figura 2. Consumo Residencial

La tabla muestra las tarifas del Elektro (Elektro, 2015):

Tarifas	
Bandera Roja (€/kWh)	€ 0,011
TU: Tarifario para el Uso del Sistema de Distribución (€/kWh)	€ 0,059
TE: Tarifa de Energía (€/kWh)	€ 0,069

Tabla II. Tarifas del Elektro

Como la ecuación se mencionó anteriormente, el precio total a pagar por el consumo de electricidad es el valor de €0,1942 por kW.h consumido.

Para el análisis de la viabilidad económica del sistema híbrido eólico-fotovoltaico tendrá en cuenta los valores invertidos en materiales y mano de obra, de la siguiente manera:

Sistema Híbrido Eólico - Fotovoltaico				
Producto	Precio por Unidad (R\$)	Cantidad	Valor Total R\$	Fabricante
Aerogenerador Ista Breeze i-500	€ 387,49	1	€ 387,49	Ista Breeze
Painel Solar Fotovoltaico Yingli	€ 162,35	2	€ 324,70	Yingli
Regulador de Carga HYBRID 1000	€ 325,20	1	€ 325,20	Silent Wind
Batería Estacionaria Bosch	€ 129,83	2	€ 259,66	Bosch
Inversor Wagan Tech	€ 250,16	1	€ 250,16	Wagan
Mano de Obra	€ 250,16	1	€ 250,16	Brasil
Total:			€ 1.797,37	

Tabla III. Costes

Para el análisis de la viabilidad económica, la tasa atractiva mínima adoptada se basa en la tasa brasileña SELIC (Sistema Especial Tasa de Liquidación y Custodia) promedio para el año 2015, que asciende a 13,23% (Magagnin, 2010).

Se calcula la cantidad de ahorro mensual en la factura de electricidad, en moneda brasileña, teniendo en cuenta la utilidad eléctrica en la región y sus tasas actuales, obteniendo un valor de € 376, 99.

Por lo tanto, la tasa de IRR debe ser mayor que el TMA para que el proyecto sea considerado viable.

Análisis de la viabilidad económica						
1	2	3	4	5	6	7
Periodo	Inversiones	Regreso	Reajuste de Tarifas	Flujo de Caja	Flujo de Caja Instante "0"	Regreso
Ano 1	-€ 1.797,37	€ 376,99	0,0%	€ 376,99	€ 332,94	-€ 1.464,44
Ano 2		€ 376,99	6,5%	€ 401,49	€ 313,15	-€ 1.151,29
Ano 3		€ 376,99	6,5%	€ 427,59	€ 294,54	-€ 856,75
Ano 4		€ 376,99	6,5%	€ 455,38	€ 277,03	-€ 579,72
Ano 5		€ 376,99	6,5%	€ 484,98	€ 260,56	-€ 319,15
Ano 6		€ 376,99	6,5%	€ 516,50	€ 245,08	-€ 74,08
Ano 7		€ 376,99	6,5%	€ 550,08	€ 230,51	€ 156,43
Ano 8		€ 376,99	6,5%	€ 585,83	€ 216,81	€ 373,24
Ano 9		€ 376,99	6,5%	€ 623,91	€ 203,92	€ 577,17
Ano 10		€ 376,99	6,5%	€ 664,46	€ 191,80	€ 768,97
Ano 11		€ 376,99	6,5%	€ 707,65	€ 180,40	€ 949,37
Ano 12		€ 376,99	6,5%	€ 753,65	€ 169,68	€ 1.119,06
Ano 13		€ 376,99	6,5%	€ 802,64	€ 159,60	€ 1.278,65
Ano 14		€ 376,99	6,5%	€ 854,81	€ 150,11	€ 1.428,76
Ano 15		€ 376,99	6,5%	€ 910,37	€ 141,19	€ 1.569,95
Ano 16		€ 376,99	6,5%	€ 969,55	€ 132,80	€ 1.702,74
Ano 17		€ 376,99	6,5%	€ 1.032,57	€ 124,90	€ 1.827,65
Ano 18		€ 376,99	6,5%	€ 1.099,68	€ 117,48	€ 1.945,13
Ano 19		€ 376,99	6,5%	€ 1.171,16	€ 110,50	€ 2.055,62
Ano 20		€ 376,99	6,5%	€ 1.247,29	€ 103,93	€ 2.159,55
Ano 21		€ 376,99	6,5%	€ 1.328,36	€ 97,75	€ 2.257,30
Ano 22		€ 376,99	6,5%	€ 1.414,71	€ 91,94	€ 2.349,25
Ano 23		€ 376,99	6,5%	€ 1.506,66	€ 86,48	€ 2.435,72
Ano 24		€ 376,99	6,5%	€ 1.604,60	€ 81,34	€ 2.517,06
Ano 25		€ 376,99	6,5%	€ 1.708,89	€ 76,50	€ 2.593,56

Tabla IV. Análisis de la viabilidad económica

Inicialmente, se considera el valor de la inversión como el costo total de la implementación del sistema. Tenemos en la tercera columna el valor que corresponde a un ahorro en la factura de electricidad que las familias tendrían al utilizar el sistema, lo que resulta en € 376,99, 00 por año. En la siguiente columna, hemos registrado un aumento del 6,5% por año en la tarifa eléctrica brasileña debido a la crisis en la matriz energética, un porcentaje que se añade al valor de la economía en la quinta columna, para obtener el flujo de caja final.

En el "Flujo de efectivo en el Instante" 0 ", los valores de los flujos de caja son presentadas en instante "0" por el método VAN, donde haciendo uso de la tasa mínima de atractivo (TMA) se deduce, el valor futuro presenta en el flujo de caja y convertirlo en valor presente.

En la séptima columna, tenemos la suma año tras año en el Flujo de Caja en el Instante "0" con el objetivo de determinar el número de años que el sistema ha sido pagado con al ahorro de energía.

Por lo tanto, para TMA proyectada con base a la tasa SELIC promedio de 2015, de la cantidad de 13.23% anual, determinar el valor presente de € 2.593,56 en 25 años.

Con los datos de flujos de efectivo, el cálculo de la IRR es igual al 13,85% que muestra que el proyecto es considera viable.

Para el cálculo del Payback, considere la columna 7, el momento en el que la suma se convierte en positivo si tiene el período que se necesita para conseguir el retorno de la inversión (Payback).

Aparece el último débito en el sexto año de € 74,08 y aparece el primer crédito en el séptimo año de € 230, 51. Haciendo la suma positiva de € 156, 43. Por lo tanto, existe la recuperación de la inversión exacta 6 años, 3 meses y 27 días.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El proyecto se considera viable si el VAN calculado es mayor o igual a cero, es decir, el inversor volverá sobre el capital invertido. Otro dato relevante es que la TIR debe ser mayor o igual que el TMA, que fue establecido como la tasa anual promedio de SELIC en 2015.

Ambos análisis muestran que el proyecto es viable, con un VPL de € 2.593,56 y una TIR 13,85%.

Sobre la base de los cálculos, también define la recuperación de la inversión que se corresponde con el periodo en que se produce el retorno del capital, el sistema en estudio dio lugar a una recuperación de la inversión de 6 años, 3 meses y 27 días, antes del final de la vida sistema.

Con base en los resultados, se puede concluir que el sistema híbrido eólico-fotovoltaico puede ser aplicable a las familias de bajos ingresos representando un ahorro significativo trayendo, también, beneficios ambientales a todos.

## REFERENCIAS

- Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa Nº 482. 17. abr 2012.
- Brasil. Banco Central Brasileiro. Disponible en: <- <http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/home>>. Visitada: 13. abr 2016.
- Brasil. Prefeitura Municipal de Itapeva. Dados Gerais. Disponible en: <- <http://www.itapeva.sp.gov.br/conheca-itapeva/dados/>>. Visitada: 09 ago.2015.
- Brasil. Elektro. Tarifas, Taxas e Tributos. São Paulo, 2015 Disponible en: <http://www.elektro.com.br/sua-casa/tarifas-taxas-e-tributos>>. Visitada: 20 set. 2015.
- Bueno Julio. A Matriz Energética Brasileira: Situação Atual e Perspectivas. Rio de Janeiro, Ago 2013.
- Magagnin, André. Impactos Econômicos do Uso de Energia Solar para Aquecimento de Água em Residências Unifamiliares. Criciúma, Santa Catarina. Nov. 2010.

# EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA, ¿CUÁNTO Y POR QUÉ?

**Celia Zorzano Gonzalo**, Arquitecto, Zorzano Gonzalo Arquitectos  
**David Zorzano Gonzalo**, Arquitecto, Zorzano Gonzalo Arquitectos

**Resumen:** La finalidad de este artículo es explicar las ventajas económicas que tiene realizar una construcción de un Edificio de Energía Casi Nula. Primero, mostrar el proyecto en el que se basa este estudio, presentando los datos obtenidos durante su ejecución. Segundo, hacer una comparativa del coste real de construcción entre una vivienda ECCN y el mismo modelo proyectado según Código Técnico de la Edificación. Tercero, demostrar cómo es mejor inversión utilizar el dinero en construir una vivienda EECN que depositar esa misma cantidad en el banco. Y por último enumerar las diferentes ventajas que proporciona esta forma de construir y que deben estar presentes a la hora de explicar al público en general la importancia de elegir este tipo de edificaciones.

**Palabras clave:** Coste, Amortización, Comparativa, Ventajas

## INTRODUCCIÓN

Comienzan a aparecer en España cada vez más ejemplos de Edificios de Consumo de Energía Casi Nula, aunque esta situación está sucediendo lentamente. Por ello debemos exponer las ventajas tanto económicas como de salud y confort que estas construcciones nos ofrecen.

¿Qué supone económicamente una construcción ECCN?, ¿qué sobrecoste tiene?, ¿qué amortización nos da?, ¿es viable?, ¿es una buena inversión?, ¿cuántas ventajas más poseen estos edificios?

De este modo se plantea el análisis de costes económicos y amortización de la inversión en una vivienda construida con una alta eficiencia energética. Se trata de valorar el coste económico de este tipo de construcciones y relacionarlo con la manera tradicional de construir, además de mostrar dos conceptos abstractos de difícil cuantificación económica, como es el confort y la salud, dos valores intrínsecos a una edificación de estas características, que la sociedad empieza a valorar y demandar.

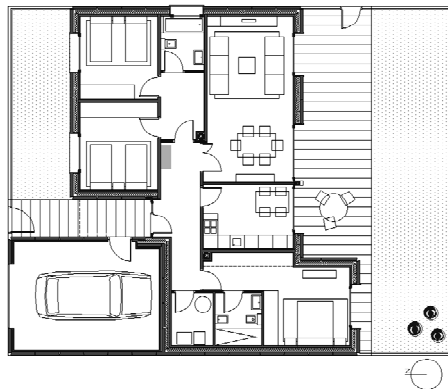
## PROYECTO OBJETO DE ANÁLISIS

La vivienda está situada en Arrúbal (La Rioja) y consta de cocina, salón-comedor, 2 aseos, 3 dormitorios y cuarto de instalaciones, más un garaje fuera de la envolvente térmica. Es una vivienda con 161m<sup>2</sup> construidos en una parcela orientada sur-norte de tal forma que tenemos una gran superficie para captar ganancia solar.

*Vista exterior*



*Planta*



*Figura 1. Planta y sección de la vivienda*

En esta sección se analizan los resultados que se han obteniendo en la fase de redacción de proyecto y dirección de obra.

Para construir un edificio de alta eficiencia energética es muy importante tener bien definido el proyecto y saber sus futuras demandas energéticas antes de empezar la obra; y durante su construcción, realizar las pruebas necesarias para la corrección de posibles errores que se cometan.

Para conseguir estos objetivos, hemos diseñado y construido esta vivienda bajo el estándar Passivhaus. Durante la fase de redacción de proyecto introducimos todos los datos referidos a la envolvente térmica, definición de huecos, ventilación controlada, orientación de las fachadas, clima donde se encuentra el edificio, etc., de tal forma una vez introducidos estos datos obtenemos resultados sobre la demanda energética del edificio que tendrá una vez construido. Como se puede ver en la figura 2, esta vivienda tiene una demanda de calefacción de 13 kWh/(m<sup>2</sup>a), lo que supone una reducción muy importante con respecto a viviendas ya construidas bajo las indicaciones del Código Técnico de la Edificación.

Valores característicos del edificio con relación a la superficie de referencia energética y año					
Superficie de referencia energética		103,8	m <sup>2</sup>	Requerimientos	¿Cumplido?*
Calefacción	Demanda de calefacción	13	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	sí
	Carga de calefacción	12	W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	-

Figura 2. Demanda de calefacción

Por otra parte, construir un Edificio de Energía Casi Nula exige realizar pruebas de estanqueidad al aire para evitar las pérdidas de energía por infiltraciones. Como se puede ver en la figura 3 con una diferencia de presión de 50 Pascales entre interior y exterior la tasa de renovación de esta vivienda es de 0,42 cumpliendo así con lo exigido en este tipo de construcciones. En las viviendas actuales podemos encontrar tasas de renovación de 2 hasta 15, lo que supone un derroche de energía y dinero, que a lo hora de diseñar y construir los edificios futuros debemos evitar.

C/gonzalo berceo

Arrubal

Fecha del Test: 03/11/2015

Tasa de Renovación de Aire a 50 Pascales (n50)

METODO	A
MORMATIVA	Según norma EN 13829 Test sobre edificio en uso

$$n50 \quad 1/H = 0,42 \quad 0,42$$

Figura 3. Resultado prueba estanqueidad

## COMPARATIVA ECONÓMICA Y AMORTIZACIÓN

En este apartado se demuestra con datos y precios de mercado actuales las ventajas económicas que supone proyectar y construir Edificios de Energía Casi Nula.

### Comparativa económica

En la Tabla I se desglosan las partidas con precios de mercado para comparar el coste real al construir esta vivienda EECN y la misma si se hubiese construido de una forma convencional. De esta manera podemos

ver los apartados donde existe el incremento y observar como el sobrecoste en toda la obra sólo supone el 5,3%.

COCEPTOS	VIVIENDA CONVENCIONAL	VIVIENDA EECN
Construcción general	121.783€	121.783€
Carpinterías	4.650€	6.725€
Aislamiento	2.300€	6.120€
Lámina estanqueidad	0€	1.700€
Instalaciones: recuperador, calefacción, ACS.	19.410€	19.630€
Total	148.143€	155.958€
<b>SOBRECOSTE = 155.958€ – 148.143€ = <u>7.815€ = 5,3%</u></b>		

Tabla I. Comparativa vivienda convencional con vivienda EECN

## Amortización

En este apartado se ofrece una comparativa de la rentabilidad que obtendríamos por nuestro sobrecoste invirtiéndolo en la construcción de nuestra vivienda EECN o depositándolo en un banco a plazo fijo.

INVERSIÓN EN UN EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA	
7.815€	Gasto anual en energía en vivienda convencional 1.900€ <u>Gasto anual en energía en vivienda EECN 180€</u> Ahorro anual 1.900€ - 180€ = 1.720€ $1.720€ / 7.815€ = 0,22 = 22\%$ $7.815€ / 1.720€ = 4,54 = 4,5 \text{ años}$
Rentabilidad	<b><u>22% DURANTE 4,5 AÑOS + resto de vida útil de la vivienda</u></b>

Tabla II. Rentabilidad Edificio de Energía Casi Nula

INVERSIÓN EN UN BANCO	
7.815€	Actualmente y después de realizar un sondeo por diferentes entidades financieras la rentabilidad que se obtiene en un banco depositando durante 4,5 años 7.815€ sería del 1%
Rentabilidad	<b><u>1% DURANTE 4,5 AÑOS</u></b>

Tabla III. Rentabilidad Edificio de Energía Casi Nula



Queda patente que el sobre coste en una casa construida bajo los parámetros de un Edificio de Energía Casi Nula renta 22 veces más que esa misma cantidad depositada en un banco; sin contar con la volatilidad de los precios en combustibles que mejoraría esta rentabilidad.

Además y tan importante como la amortización, es el hecho de que a partir del quinto año esta vivienda hará que el propietario **gane 1.720€ cada año por la vía del ahorro.**

## CONCLUSIONES, SALUD Y CONFORT

Al contrario que el ahorro energético, la salud y el confort son conceptos complicados de explicar, sin embargo, como agentes concienciados con este sistema de construcción tenemos que esforzarnos en explicar a los futuros usuarios la calidad y prestaciones que disfrutaron los propietarios de estas edificaciones.

La inexistencia de corrientes de aire o cambios bruscos de temperatura, la renovación constante evitando olores y sobrecarga de CO<sub>2</sub> en los espacios, el continuo filtrado del aire exterior para evitar la entrada de polvo, polen, contaminación, etc., deben formar parte constante de nuestra pedagogía al público en general.

Máxime cuando los usuarios de este tipo de edificios los edificios P después de vivir varios años en ellos valoran más la calidad de vida que les proporciona, que el ahorro que genera en sus rentas.

VENTAJAS	DESCRIPCIÓN
a) Gran ahorro económico	Construir Edificios de Energía Casi Nula proporciona a los propietarios unos edificios que consumen el 90% menos de energía que los edificios convencionales, de esta manera disponen de más renta para hacer frente a otros gastos.
b) Gran confort térmico	En los ECCN construidos bajo el estándar las diferencias de temperaturas entre las diferentes estancias no superan los dos grados y en los diferentes paramentos que conforman los espacios tampoco existen grandes variaciones de temperatura entre unos y otros, de tal forma la sensación térmica para el usuario es inmejorable.
c) El aire de más saludable	En estos edificios se respira el aire de mejor calidad ya que existe una renovación constante de los espacios y todo el aire nuevo que entra es filtrado por el intercambiador de calor, eliminando polvo, polen, contaminación, etc. Reduciendo en gran medida los problemas de salud relacionados con las vías respiratorias.
d) Alto aislamiento acústico	Las carpinterías de altas prestaciones empleadas en estas construcciones, así como el gran espesor de aislante incorporado en las fachadas, consiguen un alto grado de aislamiento acústico tan necesario en España al ser uno de los países con mayor nivel de contaminación acústica de la Unión Europea.
e) Facilidad de uso	Al contrario de lo que se piensa, esta vivienda no necesita una formación específica del usuario para llegar a los grandes ahorros de consumo y gasto que estamos hablando. Realmente, lo único que debe hacer el propietario es seleccionar la velocidad del recuperador de calor para obtener mayor o menor ventilación.
	El sector de la construcción es un factor importante en el problema del calentamiento global, debido a la baja calidad de la eficiencia

<p>f) Reducción de gases de efecto invernadero</p>	<p>energética en nuestros edificios. Construir Edificios de Energía casi Nula cuya base es la reducción de la demanda energética, es una apuesta clara por el cuidado del medioambiente.</p>
<p>g) Mayor competitividad</p>	<p>Aunque todavía la normativa no obliga a construir de esta forma, faltan pocos años para que los edificios eficientes se impongan por la vía del Código Técnico de la Edificación en consecuencia con los objetivos del 20/20/20 que exige la Unión Europea. De tal forma que aprender y tener experiencia en la construcción de Edificios de Energía casi Nula en estos momentos mejorará la competitividad de constructores y técnicos en el futuro.</p>
<p>h) Activo con alto valor en el mercado inmobiliario</p>	<p>Los propietarios de un edificio con estas características, a la hora de alquilar o vender su propiedad poseen una clara ventaja dentro del negocio inmobiliario, ya que disponen de la construcción más eficiente, ahorrativa y confortable del mercado.</p>
<p>i) Potencial facilidad en la concesión de la hipoteca</p>	<p>Una vez que los bancos entiendan que la renta disponible de los usuarios de este tipo de viviendas es mayor debido al ahorro anual, previsiblemente facilitarán el acceso a la hipoteca.</p>

## ORONA IDEO: UN CAMPUS DE ENERGÍA CASI NULA. DATOS DE FUNCIONAMIENTO REAL Y VALORACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SOSTENIBILIDAD ADOPTADAS

**Xabier Barrutieta Basurko**, Director, Xabier Barrutieta arquitectura, urbanismo, ecotecnologías

**Resumen:** El proyecto Orona Ideo ha sido concebido como una célula urbana que comprende varios edificios y sus espacios urbanos vinculados. Se han aplicado un gran número de estrategias de arquitectura pasiva y bioclimática específicas y singulares para cada caso, tanto a escala urbana como de edificio. La energía se produce en la propia parcela a través de una central térmica de fuentes 100% renovables y una gran cubierta fotovoltaica en el edificio Zero, lo que permite reducir las emisiones prácticamente a cero. Los dos primeros años de vida del proyecto han permitido obtener valiosos datos de su funcionamiento real y constatar el cumplimiento de los criterios EECN.

**Palabras clave:** Campus EECN, Célula Urbana, Arquitectura Bioclimática, Diseño Pasivo, CO2 Neutral, Leed, Breeam, Salud, Datos Reales de Consumo, Cero Emisiones

### CÉLULA URBANA COMO ESCALA DE INTERVENCIÓN SOSTENIBLE

El planteamiento del proyecto Orona Ideo como Célula Urbana permite acometer de manera integral una serie de aspectos de diseño clave vinculado al espacio urbano, los espacios verdes, la accesibilidad, la orientación de los edificios, la mezcla de usos y la eficiencia energética entre otros (Barrutieta, 2010). De esta manera se ha concebido y desarrollado un proyecto de cerca de 3Ha de superficie compuesto por una serie de edificios y espacios urbanos vinculados que de manera sinérgica consiguen crear una pequeña ciudad con una interesante mezcla de usos y actividades. El edificio Zero alberga la sede corporativa de Orona, que se inspira en la imagen de marca circular de Orona. El Edificio Fundazioa es un edificio híbrido que dispone de servicios comunes y además alberga espacios docentes universitarios. El edificio A3 Research cuenta con laboratorios y oficinas dedicados a la investigación en sistemas avanzados de almacenamiento eléctrico, mientras que Gallery es un pabellón para visitantes y un showroom de la energía. Todos estos edificios se interconectan a través de una plaza central que enfatiza el carácter urbano del proyecto (Barrutieta, 2012).

### DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y SOLUCIONES DE SOSTENIBILIDAD

El diseño bioclimático de los edificios ha tenido en cuenta el aprovechamiento pasivo de la energía a través su orientación, el factor de forma y la envolvente de cada edificio, que se ha resuelto con soluciones a medida en cada caso y acorde con los usos en el interior de cada uno de ellos. Se han potenciado al máximo las cubiertas verdes, el uso de las aguas pluviales, la generación local de energía renovable y la integración de las superficies captadoras de energía solar en el diseño de los edificios.

#### Edificio Zero

Este edificio tiene forma de cilindro hueco inclinado, que se interrumpe y mira al sur disponiendo su cubierta como una fachada captadora de energía con una inclinación de 15°. En el plano de la cubierta se consigue una óptima integración de las placas fotovoltaicas y además se configura la vista principal de la fachada sur del edificio a través de estos elementos que acentúan el compromiso con la sostenibilidad de todo el proyecto. Su envolvente circular permite mejorar el factor de forma de la envolvente, ya que permite delimitar mayor superficie de edificio con menos desarrollo de fachada. Esta fachada curva está compuesta por píxeles triangulares que caracterizan la imagen del edificio y adquieren diferentes cualidades dependiendo de su posición dentro de un sistema global, que se compone de tres tipos de triángulos: opacos, translúcidos y transparentes.



Figura 1. Vista de la fachada Sur de Zero

El encaje del **programa de usos** del edificio también está estrechamente ligado con los conceptos bioclimáticos tenidos en cuenta en su diseño arquitectónico. El edificio Zero está dedicado principalmente a oficinas, y por tanto, tiene grandes cargas internas producidas por sus ocupantes y por la densidad de equipamiento electrónico que disipa calor. Los espacios de trabajo se sitúan próximos a la fachada exterior del edificio, que es principalmente orientación norte, con el objetivo de permitir una generosa entrada de luz natural a la zona de las oficinas y minimizar las ganancias por radiación solar, que en este lugar resultan poco confortables porque producen deslumbramientos y aumentan la demanda de refrigeración.

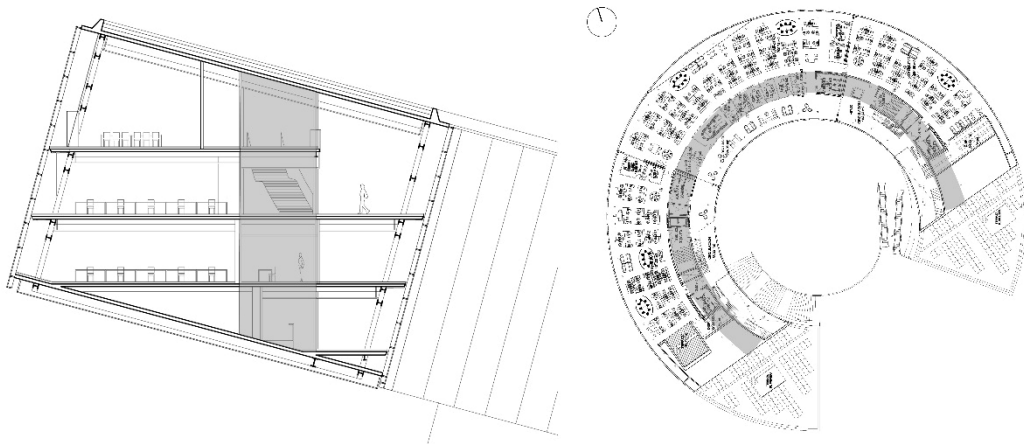


Figura 2. Sección central del edificio Zero y plano de la planta segunda donde se observa la galería de circulación orientada al sur y el espacio de trabajo orientado a norte

En la fachada interior del cilindro se sitúa galería en forma de anillo que distribuye los flujos de las personas y mira sobre el vacío central de edificio. La radiación incidente en esta fachada sur es más directa durante el invierno y hace que este espacio se comporte como un gran captador térmico que comunica todas las plantas y llega hasta la zona superior del edificio.

## Edificio Fundazioa

Este edificio se sitúa en la parte este de la parcela con una orientación norte-sur condicionada por el planeamiento urbanístico. Su fachada hacia la plaza es el telón de fondo del espacio público y busca una imagen permeable y de continuidad con el espacio de la plaza. La piel de este gran volumen se resuelve con una chapa plegada perforada, que permite el sombreamiento pasivo en las fachadas más expuestas a la radiación solar de incidencia más horizontal y al mismo tiempo tamiza la entrada de luz en las aulas.



Figura 3. Vista de la fachada del edificio Fundazioia

## Certificaciones de sostenibilidad

El proyecto ha sido pionero por obtener la doble certificación de sostenibilidad LEED Oro y Breeam Excellent para todos los edificios, lo cual implica que se han tenido en cuenta una gran variedad de aspectos relativos a la sostenibilidad. El proyecto ha obtenido el Primer Punto de Innovación jamás otorgado por Breeam España por su innovador proyecto de integración de los sistemas de elevación en el sistema de gestión energética del edificio.

## ENERGÍA DE ORIGEN RENOVABLE PRODUCIDA IN SITU

Los Edificios de Energía Casi Nula deben capaces de generar en la medida de lo posible la poca energía que demandan. Esta energía debe ser de origen renovable y preferiblemente producida en la propia parcela a fin de minimizar los costes y la ineficiencia del transporte de la energía. En Orona Ideo el concepto energético se asienta sobre la premisa de aprovechar al máximo la instalación de District Heating-Cooling del conjunto, que se alimenta de varias fuentes de energía 100% renovables situadas en la propia parcela: geotermia, energía solar térmica y biomasa.



Figura 4. En azul origen y consumo de la energía eléctrica y en naranja origen de la energía térmica distribuida a través del District Heating-Cooling

El anillo de calor distribuye agua a media temperatura (45-55C) y permite dar servicio al suelo radiante y a los fancoils. La decisión de optar por un suelo radiante y refrescante como solución para aprovechar la energía renovable obtenida tiene un impacto directo en el diseño arquitectónico, por ejemplo, en la manera de acondicionar térmicamente los espacios de oficinas, que habitualmente cuentan con un suelo técnico elevado. En cuanto a la producción de electricidad dentro de la parcela, la estrategia ha consistido en especializar uno de los edificios, el Zero, como captador de energía solar.

## ESTUDIO CON DATOS DE FUNCIONAMIENTO REAL

Los edificios de Orona Ideo entraron en funcionamiento a finales de año 2013 y ya se empezaron a obtener datos reales de su funcionamiento. A día de hoy ya se dispone de información fiable y datos sobre el funcionamiento del año 2015. Con estos datos reales de consumos se ha realizado un estudio de varios indicadores que apuntan tendencias en el rendimiento de los edificios aplicando los criterios marcados por la Directiva Europea 2010/31/UE.

### Datos de generación y consumo de energía por sistemas

#### Central térmica de calor y frío

El dimensionamiento de los sistemas renovables se ha realizado dando prioridad a la geotermia, después la solar térmica y finalmente la biomasa. En la producción de calor la biomasa es la fuente de generación de energía dominante, mientras que la geotermia tiene un peso muy importante a la hora de cubrir la demanda de frío. A través de este sistema se ha cubierto el **80%** del consumo total anual de frío y el resto se cubre casi completamente mediante una máquina de absorción que permite producir frío en verano a partir de un suministro del agua caliente que producen los paneles solares térmicos. La enfriadora ha sido necesaria solamente para cubrir el **4%** del frío total demanda.

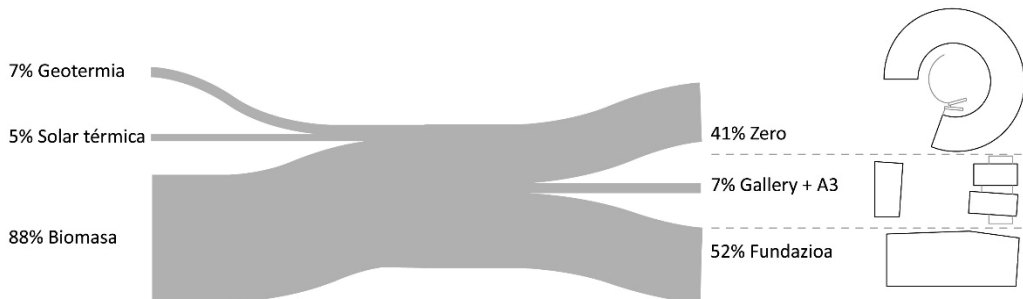


Figura 5. Producción de calor por sistemas y consumos por edificios

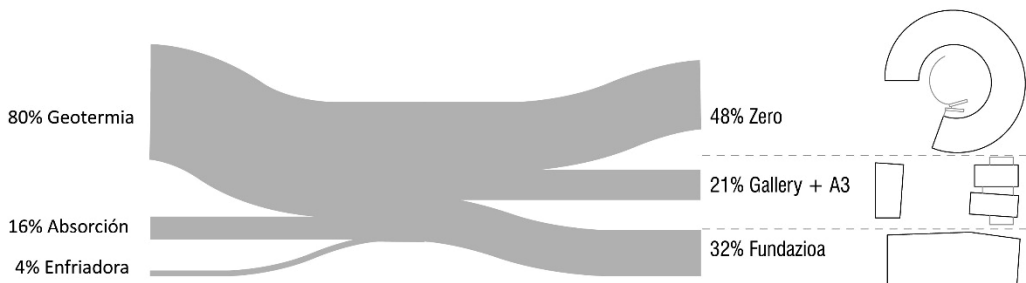


Figura 6. Producción de frío por sistemas y consumos por edificios

#### Cubierta fotovoltaica

La energía eléctrica renovable se produce a través de las placas solares integradas en la cubierta del edificio Zero. La producción anual de energía de la cubierta fotovoltaica es de 229.000 kWh y representa aproximadamente un 9% de la demanda total de energía de todo el Campus, que contempla todos los equipos consumidores de energía en un balance anual. Sin embargo, si calculamos qué porcentaje anual de energía eléctrica para el acondicionamiento (calefacción, refrigeración y ACS) <sup>1</sup> del edificio Zero se produce a través de las placas instaladas en su cubierta, podemos concluir que la energía producida a través del sol significa el 130% del consumo, por lo que Zero sería un **edificio de energía positiva**.

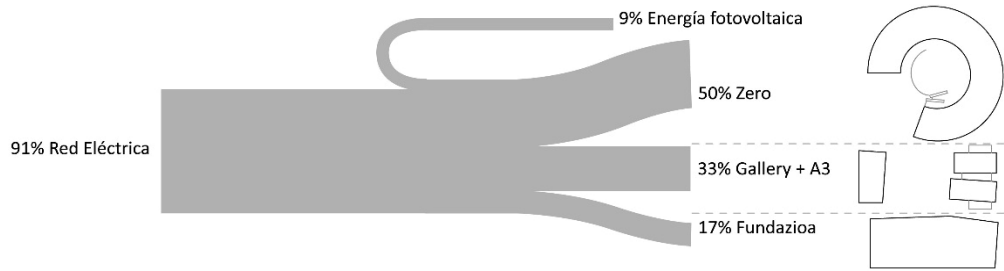


Figura 7. Fuentes de generación y producción de electricidad y consumo total por edificios

## Indicadores de consumo total de energía

En esta parte del estudio se ha sumado todos los consumos de energía en kWh que ha habido durante 2015 en Orona Ideo. Como dato cabe destacar que la energía eléctrica consumida representa el 62% de toda la energía consumida. Esto se debe en gran medida a la singularidad de las instalaciones de laboratorios, centro de control de datos etc., del propio proyecto.

Respecto a la energía térmica, el consumo medio total para el conjunto de toda la superficie climatizada de los edificios Orona Ideo ha sido de 45,89 kWh/m2a para calefacción y de 43,57 kWh/m2a para refrigeración.

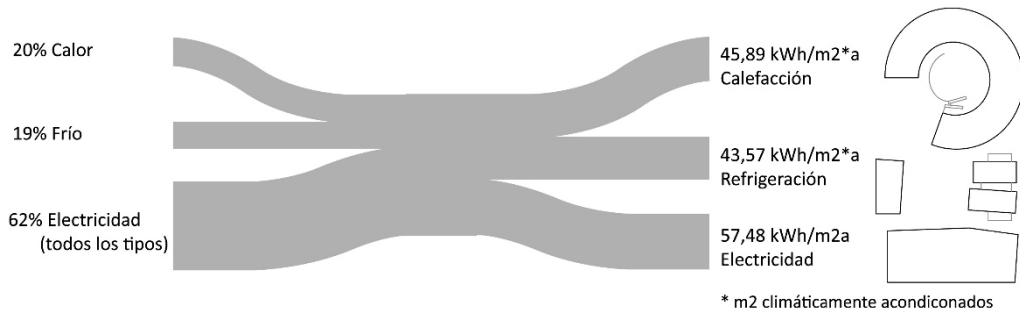


Figura 8. Total de energía anual consumida en Orona Ideo y consumos por tipos de energía por m2 y año

Atendiendo al consumo por edificios resulta interesante realizar la comparativa entre Zero y Fundazioa. Se observa que Zero consume solo 35,74 kWh/m2a para calefacción frente a los 64,78 kWh/m2a de Fundazioa. Esta diferencia se debe en gran medida al aporte térmico como **captador solar pasivo** de la fachada sur del patio de Zero, y en cambio, el edificio no parece penalizado por el hecho de tener gran superficie de muro cortina con orientación norte. Ambos edificios tienen un consumo de energía similar de frío de 39,91 y 37,17 kWh/m2a para Zero y Fundazioa respectivamente.

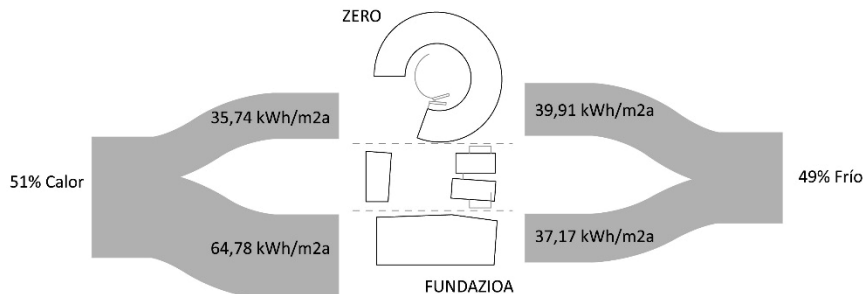


Figura 9. Energía térmica total calor/frío generada, y la consumida por los edificios Zero y Fundazioa por m2 y año

## Emisiones de CO2

Considerando todo el mix de generación de energía, las únicas emisiones de CO2 que se producen en Orona Ideo son las correspondientes al consumo eléctrico de la propia instalación del District Heating-Cooling. Si se tiene en cuenta la aportación de la cubierta fotovoltaica de Zero, las emisiones del resto de energía eléctrica para cubrir la demanda de Energía Base (calefacción, refrigeración, ACS e iluminación) han sido de tan solo **0,29 kgCO2/m2** durante el año 2015.

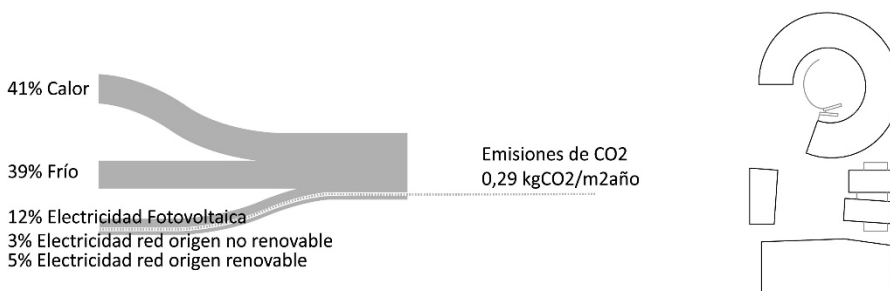


Figura 10. Energía Base consumida en Orona Ideo reflejada en % de kWh y emisiones globales de CO2

Si ampliamos la frontera del estudio a la escala global del proyecto de **Célula Urbana**, como inputs energéticos están el combustible de biomasa y la electricidad de la red. Como emisiones de CO2 figuran las emisiones producidas por la combustión de la biomasa, aunque hasta hace poco se podrían considerar cero, y las emisiones debidas al mix de generación de la energía eléctrica que se consume de la red<sup>ii</sup>. En caso de optar por un suministrador de energía eléctrica de origen 100% renovable las emisiones de CO2 de Orona Ideo serían **cero**.

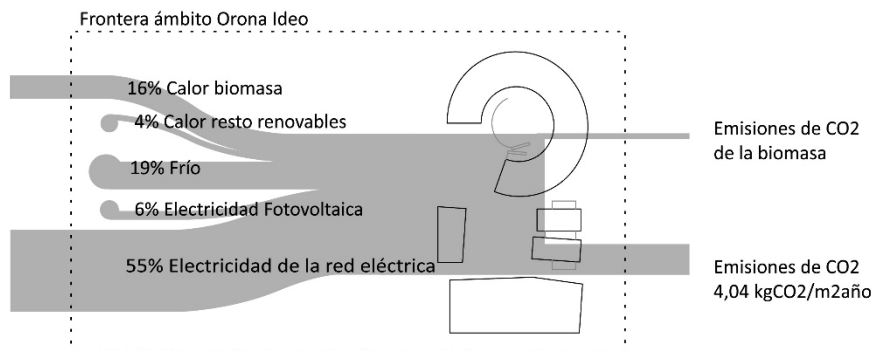


Figura 11. Flujos de energía considerando la frontera del ámbito del proyecto

## REFERENCIAS

- Barrutieta, X., 2010, Indicadores de sostenibilidad a escala microurbana: Las células urbanas, Congreso SBMad10, Madrid.
- Barrutieta, X., 2012, <https://www.construible.es/articulos/orona-ideo-innovation-city> (29 junio 2012)

<sup>i</sup> En este balance no se ha incorporado la parte de iluminación por no disponer aún de datos desagregados.

<sup>ii</sup> Estos cálculos se realizan para el mix energético que proporciona el suministrador de electricidad actual que cuenta con un 35,6% de energía procedente de fuentes no renovables.



# FACTORES ARQUITECTÓNICOS Y OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE OFICINAS EN MADRID. HORIZONTE 2020-50 (A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO TOBEEM)<sup>i</sup>

**Carlos Expósito Mora**, Arquitecto, Director y socio fundador de Alia, Arquitectura Energía y Medio Ambiente y Proamas

**Resumen:** A partir de los resultados y conclusiones del Proyecto TOBEEM, se plantea una síntesis de los mismos desde una perspectiva arquitectónica, evaluando la contribución de la edificación en el diseño de los EECN. TOBEEM es un estudio sobre optimización energética de edificios de oficinas en Madrid, en el horizonte 2020-50. Coordinado desde DUCH y desarrollado por AIGUASOL Engyneria con la colaboración de ALIA, analiza según la metodología de Coste Óptimo más de 20.000 escenarios (edificios con soluciones diferenciadas) con programas de simulación dinámica calibrados a partir de la monitorización de edificios existentes. Su metodología permite extrapolar resultados a la rehabilitación integral. Se atienden cuestiones fundamentales como la viabilidad económica de los EECN ¿Conlleven sobrecostes? ¿Cuál es su relación con edificios de coste óptimo y los niveles de referencia del CTE? ¿Cómo se comportan distintas soluciones de fachadas? ¿Cuál es la contribución de la arquitectura

**Palabras clave:** Edificios de Oficinas, Eficiencia/Optimización Energética, EECN, Coste Óptimo, Arquitectura Eficiente/Bioclimática

## INTRODUCCIÓN

Considerando los objetivos generales del Proyecto TOBEEM, ya expresados en buena parte en el resumen previo, desde ALIA asumimos el desarrollo de los aspectos arquitectónicos del Proyecto, en colaboración directa con AIGUASOL ENGYNERIA en las distintas etapas del trabajo. Nuestro interés como arquitectos se dirigía a responder cuestiones que consideramos fundamentales para proyectar soluciones que nos aproximen a los Edificios de Energía Casi Nula (EECN):

¿Cómo se puede contribuir desde la arquitectura al objetivo de hacer factibles los EECN? ¿Qué relación/distancia hay entre ellos y los edificios de coste óptimo? ¿Dónde se encuentran hoy nuestros edificios y normativa con respecto a los de Coste Óptimo y los de Mínimo Consumo? ¿Los edificios eficientes son más caros que los edificios usuales o cuestan lo mismo? ¿Cuánto? ¿Qué soluciones arquitectónicas son las más eficientes y/o económicas?

## Marco general y Metodología

El objetivo principal del proyecto TOBEEM era la determinación de los límites razonables, económica y energéticamente, a los que puede llegarse en edificios eficientes de oficinas en Madrid, así como en el establecimiento de criterios fehacientes de diseño para alcanzar los mencionados límites de consumo. La metodología seguida y el carácter de los datos obtenidos resultan válidos tanto para nuevos edificios como para operaciones de rehabilitación integral (algo usual, periódicamente, por exigencias de mercado en este tipo de edificios). Se resumen a continuación brevemente las distintas fases y tareas desarrolladas (de su comprensión se derivan los análisis de resultados y las principales conclusiones).

- **Fase 1: ANÁLISIS DE CONDICIONES REALES Y DATOS DE CALIBRACIÓN.** Selección de edificios, Monitorización, Calibración de programas de simulación.
- **Fase 2: DEFINICIÓN Y ANÁLISIS ESCENARIOS CTE.** Definición de tipos de fachadas y soluciones/variables para simulaciones. Cálculo de costes globales. Simulaciones energéticas con referencia al CTE.
- **Fase 3: DEFINICIÓN Y ANÁLISIS ESCENARIOS REAL Y OPTIMIZADO, SISTEMAS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.** Simulaciones referidas a escenarios reales y optimizados. Análisis de resultados.

- **Fase 4: CONCLUSIONES FINALES: DIRECTRICES Y OBJETIVOS DE FUTURO.** Sistematización de datos y resultados obtenidos. Conclusiones.

No cabe exponer con más detalle en esta comunicación la cantidad de tareas y resultados desarrollados, también esenciales para la consecución de los objetivos planteados. Para una mayor aproximación a la metodología y contenidos del trabajo se recomienda acudir al Resumen Ejecutivo del Proyecto. (Ver Referencias Bibliográficas, al final).

## Primeras etapas del trabajo. Resultados y conclusiones parciales

El primer paso fue analizar con suficiente nivel de aproximación, el estado de la edificación terciaria de oficinas en Madrid producida durante los últimos 25 años; para conocer sus características y para seleccionar, a partir de una muestra inicial de 40 edificios documentados, un grupo final de 6 edificios suficientemente representativos.

Una primera cuestión observada fue la abundancia generalizada de edificios totalmente o muy acristalados, como solución paradigmática y más extendida en el sector. Este aspecto conducirá a conclusiones relevantes en los resultados obtenidos; al jugar un papel muy significativo en el consumo de energía y llevar asociados problemas de confort (deslumbramiento, radiación solar directa, otros).

Por otro lado, cabe concluir con carácter general la despreocupación generalizada, hasta ahora, del sector de oficinas por el comportamiento energético de los edificios terciarios, salvo excepciones puntuales y cierta tendencia de cambio aún muy reducida. Ello se evidencia en las soluciones de fachada utilizadas, desconsideración de las orientaciones solares, bajos niveles de aislamiento derivados de una normativa de 1979 no modificada hasta el 2006 (con el CTE); ausencia de protecciones solares y de sistemas de control y gestión, datos desagregados de consumos, etc.

Todo ello conduce a una gran dispersión en consumos energéticos, con un consumo final y una intensidad energética muy elevados; asociados los mayores generalmente a elevadas infiltraciones, grandes superficies de vidrio y/o bajos niveles de aislamiento. Por último es necesario referir también la frecuente inadecuación de las condiciones urbanísticas para permitir soluciones más eficientes.

La muestra inicial, y la selección final de seis edificios (ver Figura 1), debían responder en lo posible la diversidad existente de criterios tipológicos, soluciones de fachada, fechas de construcción (repartidas entre 1980 y 2010) con diferentes niveles de referencias normativas, accesibilidad para toma de datos, calidad y nivel de mercado, etc.

Sobre estos seis edificios se desarrolló un trabajo esencial para asegurar la fiabilidad de datos e instrumentos a utilizar, y garantizar con ello la credibilidad en resultados y conclusiones finales. Se monitorizaron durante 9 meses, recogiendo datos de temperaturas, humedad y niveles de iluminación, ocupación, etc.; para ser contrastados y calibrar con ellos los programas de simulación a utilizar en fases posteriores del trabajo, tras aplicarlos a los edificios de referencia. Con ello la fiabilidad y rigor de los resultados conduce a una desviación máxima del 5%. De esta fase se obtuvieron datos muy significativos para la determinación fehaciente de problemáticas reales con impactos muy importantes en el consumo energético final, que nos conducen a revisar a fondo las soluciones y métodos constructivos usuales.

- Diferencias relevantes entre valores de condiciones de operación teóricas y normativas con datos reales de operación.
- Problemáticas derivadas de patologías o defectos en la construcción, fundamentalmente por infiltraciones incontroladas, bien con el exterior, bien con zonas comunes en otras plantas del edificio.
- Frecuente imposibilidad de gestionar energéticamente los edificios y usos ante la ausencia de sistemas de control.



Figura 1. Edificios seleccionados y monitorizados: Metrovacesa, Telefónica, Trasluz, Grupo Ortiz, Tripark, Idom.

Nuestra siguiente tarea fue definir con precisión los tipos básicos de soluciones de fachada a considerar en las simulaciones posteriores. Dada la cantidad de posibles soluciones y variantes, tras un proceso de selección y filtrado de las variables fundamentales, conseguimos llegar de 32 soluciones a una síntesis de 10 tipos básicos.

En la Figura 2, los tipos se estructuran en dos categorías: en horizontal, parcialmente opacas y transparentes. Las primeras, se diferencian a su vez, de izquierda a derecha, en las que tienen un porcentaje de huecos menor que el 60% y las que lo tienen mayor. En cuanto a la banda inferior, encontramos las fachadas transparentes diferenciadas en soluciones de una hoja (como el muro cortina) a la izqda., y de doble hoja acristalada a la dcha.

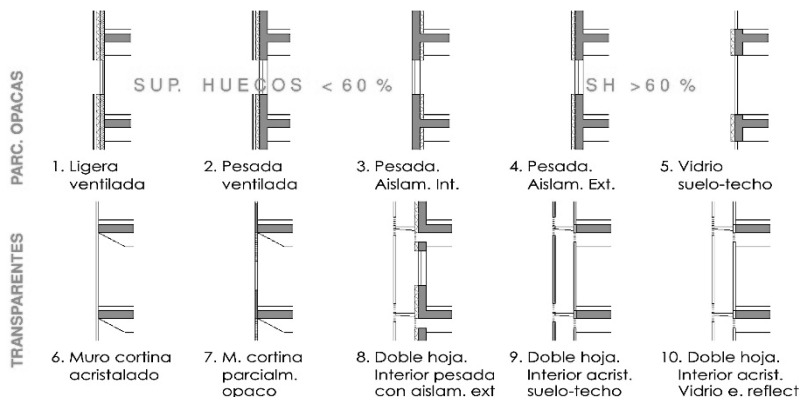
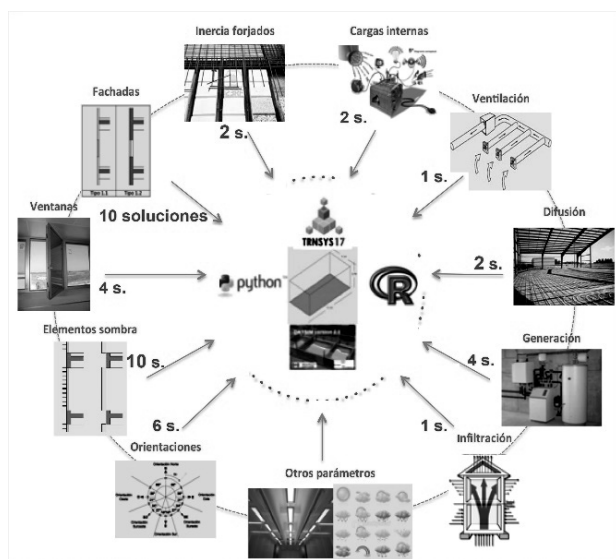


Figura 2. Tipos básicos de soluciones de fachada consideradas

En paralelo se determinaron las distintas variables a considerar en las simulaciones y su materialización en soluciones concretas. Dada la combinatoria resultante del número de soluciones a considerar, ésta debía acotarse con claridad para no rebasar el número de simulaciones previstas (en torno a las 20.000). Tras un complejo proceso de análisis y de síntesis, concluimos considerar las siguientes variables en simulaciones (ver Figura 3) consideradas relevantes a partir de las conclusiones de la fase anterior.

Los Modelos arquitectónicos se constituyeron a partir de un módulo básico de 5 m de fachada, 10 m de fondo y 3,5 m. de altura entre pisos; y de dos tipos básicos, planta cuadrada y bloque lineal (o pastilla) de 900 m<sup>2</sup> en planta; atendiendo dos soluciones en altura y entorno (VI plantas y XIV plantas / Urbano y Expuesto).

**Proceso de cálculo de costes. Coste Global:** Para definir con precisión los precios de las distintas unidades a considerar (obra, instalaciones, operación, energía, otros) elaboramos una base de precios a partir de su definición a nivel de proyecto de ejecución, desde las soluciones constructivas de los distintos tipos de fachadas al resto de componentes considerados



- Orientaciones solares (6 según CTE)
- Niveles de aislamiento térmico (3)
- Carpintería exterior (3)
- Tipos de vidrios (6).
- Elementos de sombra (10)
- Inercia térmica forjados y fachadas (2)
- Niveles de infiltración (2)
- Sistemas de generación (4)
- Sistemas de difusión (2)
- Ventilación (2 niveles de renovación)
- Cargas internas (2 niveles)
- Otros: Iluminación natural, clima, etc.

Figura 3. Integración de variables consideradas en las simulaciones energéticas (nºS: número de variantes)

Posteriormente se cruzaría con la BBDD de resultados energéticos de los escenarios calibrados. La BBDD determina los costes asociados a cada uno de los escenarios definidos, y permite desarrollar el análisis de coste óptimo según la metodología de la Directiva Comunitaria. Los datos proceden de fuentes y BBDD reconocidas, así como de expertos consultados y/o elaboración propia.

De una aproximación rápida a los resultados obtenidos, resulta una horquilla del Presupuesto de Construcción (sin impuestos) de 875 a 1390 €/m<sup>2</sup>, de soluciones más económicas a las más costosas; resultados que se corresponden con escenarios reales y responden suficientemente al presente del sector (con salvedades lógicas derivadas de las coyunturas económica y del sector inmobiliario).

## Resultados generales y conclusiones finales

Bajo las condiciones normativas de referencia, el global de escenarios analizados se puede caracterizar según la Figura 4 de análisis de costes globales y consumos de energía primaria. En ella se incluyen las dos referencias normativas que deben interpretarse considerando que todos los escenarios (puntos) que queden a la derecha de la línea roja, representan edificios que no cumplirán CTE. Los escenarios entre los dos límites, pueden cumplir con los requisitos normativos, mientras que los que quedan a la izquierda del límite inferior (línea negra) serán, edificios con calificación B o A.

**Edificios de oficinas de consumos reducidos y coste global inferior.** Es perfectamente viable construir edificios de oficinas de consumos energéticos reducidos a unos costes globales significativamente inferiores de actuaciones de mercado de los últimos años, bajo condiciones actuales, según capacidades del sector, conocimientos técnicos y tecnología disponible en mercado.

**Construir edificios de oficinas eficientes es más económico.** Construcciones energéticamente eficientes a costes óptimos resultan más económicas, considerando tanto costes globales de todo el ciclo de vida, como costes de inversión.

**La diferencia energética entre edificios de coste mínimo y consumo mínimo es pequeña.** En costes globales, construir un edificio de energía casi cero resulta más rentable económicamente que un edificio gran consumidor. En un escenario de edificios optimizados esto se minimiza.

**Importancia del diseño arquitectónico y constructivo, y de la operación eficiente.** Los principales elementos a considerar en los edificios eficientes, en costes y energía, son el diseño arquitectónico y constructivo y la operación en su vida útil, siendo el sistema energético el factor de menor peso.

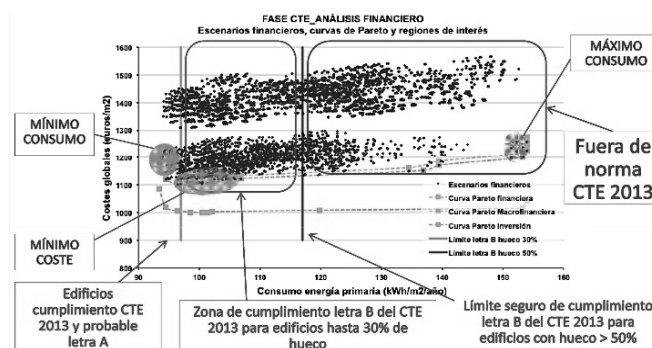


Figura 4. Gráfico de Análisis Financiero: Coste global y Consumo de Energía primaria

**Mayor consumo y coste de las fachadas transparentes.** Destaca que los edificios de fachadas transparentes (elevadas proporciones de hueco, muros cortinas y dobles pieles) son significativamente más caros y llevan asociado mayor consumo que soluciones más convencionales (opacas, inerciales y protegidas del entorno). Esto es especialmente relevante en el caso de edificios de dobles pieles.

**Mayor consumo y coste de los edificios en altura.** Los edificios en altura (sin valorar torres singulares) son económicamente más caros y energéticamente menos eficientes que los urbanos. Ello deriva, en gran medida, de los condicionantes arquitectónicos y constructivos, aunque también de las condiciones ambientales del entorno, más cuando existan patologías de construcción.

**Del cruce y análisis por parámetros y orientaciones según las tres regiones de interés, se determina:**

**Máximo consumo.** Los edificios tipo de esta región se caracterizan por ser: en altura, fachadas totalmente transparentes (FA05) o muro cortina (FA06), estructura ligera, planta tipo cuadrada o pastilla invariablemente, proporciones de huecos elevadas (>70 %), vidrios convencionales y factores solares modificados medios o elevados.

**Coste mínimo.** Los edificios en esta región, se caracterizan por situarse en entorno urbano (VI alturas), fachadas convencionales e inerciales (FA02 y FA04), plantas tipo cuadrada o pastilla invariablemente, reducidas proporciones de hueco (30 al 40%), vidrios bajo-emisivos predominantemente y factores solares modificados medios.

**Mínimo consumo.** Finalmente, en esta región se cumplen mayoritariamente las mismas condiciones que la región de costes mínimos, con pequeñas variaciones en el tipo de planta (predomina el tipo pastilla) y en porcentajes de huecos (donde tienen cabida porcentajes algo más elevados).

**Operación eficiente: diseño, ejecución, mantenimiento y formación.** La operación eficiente de los edificios es un factor predominante tanto en costes como en consumos. Por ello debe abordarse desde distintas perspectivas, tanto a nivel de diseño y ejecución, como de implicación de los usuarios y a través de la formación y recursos del personal de mantenimiento.

**El aspecto energético será clave en las actualizaciones de la normativa.** Las actualizaciones, presentes y en un futuro próximo, de la normativa de la edificación obligan a considerar como factor decisivo el vector energético y modificarán el sector de forma relevante.

**Margen entre resultados teóricos y resultados reales.** Existe un margen muy amplio entre las evaluaciones a nivel normativo y los consumos reales de los edificios. Una evolución normativa hacia modelos más detallados, teóricos y/o en base a facturación energética, que integre la obligatoriedad de los tests de calidad constructiva, contribuiría a ajustar el margen entre resultados teóricos y realidad.

**Es factible construir edificios con 1/3 del consumo actual a costes actuales.** Objetivo razonable, según Figura 5: edificios con consumos en torno a 60 kWh/m<sup>2</sup> año, en construcciones con costes globales entre 1.100 y 1.200€/m<sup>2</sup> año (con costes de inversión / construcción entre 900 y 1.000€/m<sup>2</sup>).

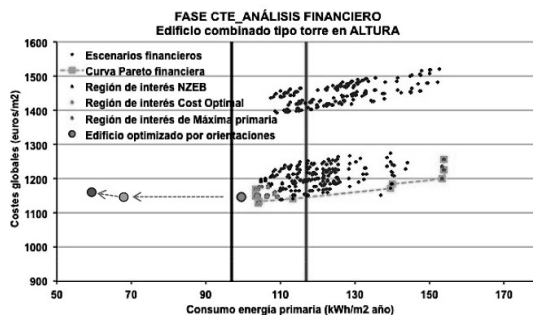


Figura 5. Estudio de edificio en altura optimizado por orientaciones

Incorporando en diseño una adecuación bioclimática de fachadas según orientaciones, se obtiene un resultado con clara tendencia a reducir consumo ( $98 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$ ) sin salir de la región de coste mínimo. Considerando incorporación de gestión domótica de clima y protecciones solares y alumbrado led, se obtiene una mejora sustancial ( $68 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$ ). La última hipótesis incorpora el sistema energético que resultó más eficiente (District-Heating) ( $58 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$ ).

**Construir edificios de oficinas eficientes energética y económicamente es perfectamente viable y altamente rentable en el contexto actual.** El proyecto TOBEEM demuestra que es una realidad a nivel local y de edificio, evidenciando la necesidad de una revisión sustancial de los planteamientos de diseño predominantes en el sector terciario nacional. Un análisis en profundidad (optimizaciones de detalle) y amplitud (zonas climáticas), revertiría en una visión integral de los planteamientos descritos y permitiría avanzar en la dirección de aproximar económicamente los NZEB a la región de coste óptimo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los patrocinadores del proyecto su contribución para hacerlo posible: Ayuntamiento de Madrid, Activos Renta, Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid (Asprima), Desarrollo Urbanístico Chamartín (DUCH), Gas Natural Fenosa, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Jones Lang LaSalle, LKS, Remica, Typsa, Uponor y Pladur. Agradecen también la colaboración y facilidades prestadas a las distintas propiedades y usuarios de los edificios monitorizados: Metrovacesa, Hoinasa, Idom, Grupo Ortiz, Telefónica, Trypark, Zardoya Otis, Dia.

## REFERENCIAS

- [1] Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. 25 octubre 2012.
- [2] Directiva 2010/31/EU OF del Parlamento Europeo y del Consejo. 18 Mayo 2010 sobre actuación energética en edificios.
- [3] Orden FOM/1635/2013, 10 de septiembre: Actualización del Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- (4) Resumen Ejecutivo Proyecto TOBEEM. Puede accederse desde:
- <http://www.alia-es.com/alia/Trabajos/ProyectosModule/displayProyecto/f5d9b91f843d9ebbc867c7862c14f8e>
- <http://aguasol.coop/2014/02/17/proyecto-tobeem/>

<sup>i</sup> PROYECTO TOBEEM. Estudio de Optimización Energética de Edificios de Oficinas en Madrid. Dirigido desde AIGUASOL (Jordi Pascual, María Casanova, Damien Tavan, Ángel Carrera y Óscar Cámara), bajo la dirección facultativa de DUCH (Luis Irastorza y Jesús Arellano), con el desarrollo de contenidos arquitectónicos por ALIA (Carlos Expósito, Jesús Tejedor y Luis Marqués) y el asesoramiento de Servando Álvarez.

## CENTRO DE PRODUCTOS DE LA TIERRA EN CEBREROS, CAMINANDO HACIA UN EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA A TRAVÉS DE LA INERCIA TÉRMICA

**Iban Jaén R. Carrascal**, Arquitecto, Proyecto de arquitectura y director de obra  
**Javier Durán Escribano**, Director, Asesoramiento energético y cálculo de las instalaciones, E. R. Elia-Solar

**Resumen:** La inercia térmica es uno de los elementos fundamentales de la arquitectura pasiva y ha estado presente como regulador térmico en los edificios desde que el humano construye, por lo que resulta sorprendente que, en el contexto actual, donde la eficiencia energética es imprescindible y se consolida el objetivo de construir edificios de energía casi nula, no esté en el centro del debate y de las propuestas arquitectónicas. Este edificio pretende reivindicar la inercia térmica como elemento fundamental del diseño de un edificio de consumo de energía casi nulo, considerándola pieza fundamental de la instalación de climatización, apoyada por sistemas pasivos, a los que se da prioridad frente a la maquinaria, y el uso de energías locales. Esto, unido a la apuesta por una tecnología sencilla, que facilita al máximo el mantenimiento, y a la flexibilidad para adaptarse a nuevos usos, pretende demostrar que es posible y económico construir un edificio público sostenible y adaptado al usuario final, frente a los excesos de nuestro pasado reciente en la construcción de edificios públicos en el medio rural.

**Palabras clave:** Inercia Térmica, Ventilación, Galería Bioclimática, Innovador, Dinamizador, Integrado, Rural, "Low Tech", Flexibilidad

### GENERACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS

El edificio responde a la voluntad de la Unión Europea para desarrollar el medio rural desde la sostenibilidad, a través del programa LEADER, financiando equipamientos innovadores que desarrollen el tejido productivo y dinamicen la economía rural. En este caso, el Ayuntamiento de Cebreros, con la financiación del grupo de acción local Fundación Asocio de Ávila, promueve un vivero de empresas agroalimentarias que acoge a pequeños productores de la comarca en un espacio que les permite cooperar y formarse, a la vez que exponen sus productos a los turistas en eventos donde pueden degustarlos y comprarlos.

En este contexto, el diseño es el resultado de un proyecto ecológico integral, siendo sus principales objetivos:

- Integrarse en el ecosistema, responder a las condiciones socioculturales de la comarca y ser referente de la agroeconomía local.
- integrarse en el centro urbano de Cebreros, conectando física y visualmente los dos principales edificios públicos del pueblo, enriqueciendo la escena urbana por medio de su uso y actividad.
- Reducir el consumo energético a más del 50% de un edificio convencional, cubriendo la mayor parte de la demanda por medios pasivos y con energías locales.
- Evitar instalar un equipo de refrigeración mecánica, combinando la inercia térmica con sistemas de ventilación a través de la galería bioclimática y la refrigeración nocturna.
- Priorizar la facilidad de mantenimiento para que se pueda realizar por mano de obra no especializada y no cargar así al ayuntamiento con excesivos gastos. Renunciar a incorporar tecnología compleja y costosa que pudiese complicar el mantenimiento, ya que este debe ser sencillo y acorde con los recursos tecnológicos de la comarca.
- Diseñar un edificio flexible, que pueda albergar diferentes tipos de actividades, con las instalaciones accesibles para facilitar las modificaciones y con posibilidad de adaptación a diferentes usos.
- Limitar su coste de construcción a 850€/m<sup>2</sup>.



Figura 1. Planta baja, conexión entre calles

## METODOLOGÍA

La metodología empleada para el diseño del edificio se basa en los trabajos de ECÓMETRO, proyectando el edificio desde un espacio vectorial de 4 dimensiones: Tiempo, Ecosistema Local, Contexto Sociocultural y Economía Comarcal.

	TIEMPO	
	DISEÑO y USO	MANTENIMIENTO
<b>ECOSISTEMA LOCAL</b> Clima Impacto de los residuos Energías locales	Climatización en base a la inercia térmica y ventilación cruzada Climatización por aire preclimatizado por galería bioclimática y apoyo con caldera de biomasa Emisiones contaminantes reciclables en el entorno Optimización de la captación de energía solar para iluminación y climatización Aprovechamiento del nivel freático a través de geotermia pasiva Uso de biomasa local La inercia térmica como reservorio de energías limpias	Se juntan en una misma instalación la renovación del aire interior y la climatización del edificio. Se ahorra maquinaria y se reduce el consumo energético. Mantenimiento preventivo junto a la renovación de elementos basados en su Ciclo de Vida Se previene: - la aparición de inquemados - la ineficiencia energética - la aparición de inquemados
<b>CONTEXTO SOCIOCULTURAL</b> Paisaje urbano Inserción en tejido urbano Referencia comarcal Empoderamiento vecinal Adaptación al cambio	Diseño integrado en el entorno, para enriquecerlo La planta baja y la primera interactúan con las calles contiguas al edificio Centro de ámbito comarcal Centro de encuentro vecinal Diseño flexible y fácilmente modificable	Mantenimiento subordinado a los medios técnicos de la comarca
<b>ECONOMIA COMARCAL</b> Exposición y venta de productos Formación profesional Asociación de productores	Centro para el desarrollo de la industria agroalimentaria de la comarca Posible sede para Denominaciones de Origen comarcales	Mantenimiento basado en los recursos empresariales de la comarca

Tabla I. Matriz para el diseño sostenible



## ESTRATEGIAS DEL PROYECTO

La comarca de Cebros tiene un clima mesetario similar al de Madrid, dispone de una gran reserva de agua, es potencialmente productora de biomasa y la opción de captación de energía solar es alta. Su subsuelo tiene el nivel freático entorno a la cota -3,5 m, lo que permite aprovechar el terreno como enfriador del aire en verano y pre-calentador en invierno.

El uso previsto del edificio es determinante en el diseño del mismo y de sus instalaciones. Se prevé un uso discontinuo, con eventos los fines de semana y el edificio vacío en días de diario, salvo usos esporádicos. Por ello se necesita un edificio que no tenga grandes oscilaciones térmicas, que utilice la inercia térmica como regulador, evitando que se enfríe o se sobrecaliente. Como apoyo a la inercia, se proyecta una envolvente muy aislada y protegida, que evita excesivas pérdidas de calor en invierno y ganancias en verano y el uso de energías locales (captación solar y ventilación) para calentar o refrigerar el edificio cuando está vacío, evitando así los grandes cambios de temperatura. La climatización por aire, partiendo de un edificio templado, permite alcanzar rápidamente la temperatura de confort cuando el edificio se comienza a utilizar, o en caso de un uso esporádico o no previsto.

### Reducción de la demanda térmica

La Demanda Térmica se reduce por dos canales: minorando la Transmitancia general del edificio y rebajando los picos de consumo por climatización a través de la Alta Inercia Térmica del edificio. Para la cuantificación de la Transmitancia partimos del  $U_G$  del edificio modelo siguiendo los criterios del CTE 2013 y lo comparamos con el  $U_G$  del edificio construido. Esta relación nos permite certificar el % en la reducción de la Transmitancia que es pareja a la de la Demanda Térmica.

	Muro enterrado	Muro de fachada	Hueco acristalado	Cubierta	Solera	$U_G$ (*)
Superficie en $m^2$	172,48	441,11	108,01	201,29	211,57	---
Según CTE 2013 en $W/m^2K$	0,66	0,66	2,70	0,38	0,49	<b>0,71</b>
Real del edificio en $W/m^2K$	0,45	0,31	1,87	0,30	0,38	<b>0,46</b>

\* Obtenido de acuerdo a la NBE-CT-79

Tabla II. Comparativa entre el  $U_G$  del modelo del CTE 2013 y el real del edificio construido

En función de estos datos **obtenemos una reducción en la Transmitancia del 35%.**

	Ene.	Febr.	Mar.	Abril	Mayo	Oct.	Nov.	Dic
$T_m$ diurna	7,6	7,7	11,1	12,0	16,4	14,6	10,4	6,7
$T_m$ del día	5,0	5,0	8,0	7,4	14,0	12,0	7,0	5,0
$T_m$ nocturna	3,4	2,9	5,1	10,0	10,3	9,9	4,8	4,1
Horas por debajo de la T de bien estar	24,0	24,0	24,0	24,0	22,0	23,0	24,0	24,0

Tabla III. Temperaturas medias del ciclo de calefacción

Si no se contemplan las cargas térmicas internas, variables en función del uso, y siguiendo la T de confort fijada por el RITE, la Demanda Térmica para calefacción del edificio construido se minorará en función de la reducción de la transmitancia y de la amortiguación de los picos producidos por la bajada de la T exterior. Uniendo estos dos factores, la reducción de la DT oscila en torno al 40% de la del modelo que cumple con las condiciones del CTE 2013. Si a esto le añadimos la captación pasiva de energía solar, el objetivo de ahorro energético está conseguido.

	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.
Horas que superan la temperatura de bien estar	4,0	5,0	6,0	3,0
$T_m$ de las horas que superan la de bien estar	27,5	27,6	29,8	29,4
$T_m$ del día	22,0	23,0	23,0	13,3
Horas por debajo de la T de bien estar	8,2	7,0	7,0	17,0

Tabla IV. Temperaturas medias del ciclo de refrigeración

Basándose en la Inercia Térmica del edificio y la ventilación desde la planta baja a la segunda, complementándolas con inyección nocturna de aire refrigerado a 18°C por la galería bioclimática, la instalación de enfriamiento mecánica no es necesaria. Las principales estrategias para lograr una reducción de la demanda térmica son: cierre de la envolvente del edificio con aislamiento continuo y de gran espesor, aislamiento de fachadas con sistema SATE de 12 cm de espesor eliminando puentes térmicos, instalación de carpinterías eficientes de aluminio RPT con cámaras de 15mm y vidrios bajo emisivos, protección solar en fachadas mediante aleros y celosías móviles, espacios colchón para favorecer el efecto invernadero y persianas con lamas térmicas para limitar las pérdidas a través de los huecos y el exceso de captación solar en verano.

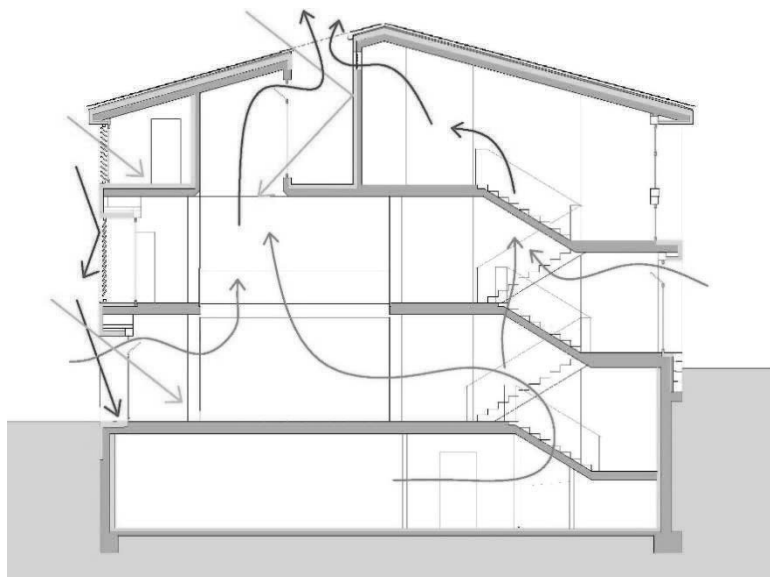


Figura 2. Aislamiento de la envolvente, protección solar y ventilación



Figura 3. Fachada suroeste, fachada noreste y SATE como aislamiento de fachadas

## Aportación de la inercia térmica en la climatización

La Inercia Térmica actúa como reservorio térmico del edificio, de manera que cede calor cuando el edificio se enfría y lo acumula cuando el edificio se calienta. Este efecto genera una reducción de la demanda térmica en sus puntos máximo y mínimo. Este ciclo de acumulación/cesión de calor es lo que reduce la necesidad de aporte térmico externo, potenciando la eficiencia energética de la instalación de climatización.

Para potenciar al máximo la interacción entre la inercia térmica y la climatización, toda la estructura del edificio, formada por muros de carga de ladrillo y losas de hormigón armado, queda vista al interior y protegida del exterior por el aislamiento continuo. Para favorecer la ventilación, las plantas baja y primera

están conectadas por un hueco central rematado con un lucernario practicable y todas las plantas están conectadas por el hueco de la escalera que, a su vez, tiene una rejilla móvil en la zona superior. Esta configuración favorece la ventilación cruzada y el efecto chimenea, que se combina con la ventilación nocturna por la apertura automática de varios montantes en fachadas enfrentadas, para refrigerar las grandes masas de inercia térmica en verano y permitir que absorban el calor del aire durante el día. La climatización utiliza inyección periférica de aire caliente / fresco que sale al exterior por sobrepresión.

## USO DE ENERGÍAS LOCALES

**Los huecos exteriores se convierten en captadores pasivos de energía solar térmica.** Durante el invierno, las persianas motorizadas instaladas en todas las carpinterías, controladas por un sistema domótico doméstico, se abren cuando reciben la radiación solar permitiendo que ésta entre en el edificio y se caliente el aire, almacenándose el calor en los elementos constructivos. Cuando el sol deja de incidir en las fachadas, las persianas se cierran para evitar la pérdida de calor. Durante los meses cálidos, las persianas se mantienen cerradas mientras el edificio no está en uso lo que evita que se sobrecaliente a través de los huecos. Además, se han instalado celosías móviles en la fachada suroeste que evitan la Captación Pasiva Solar (CPS) en verano, pero la permiten en invierno, logrando así un aprovechamiento eficiente de la Radiación Solar (RS) en función del uso y la estación del año. La superficie acristalada capaz de introducir energía solar térmica en el edificio es de 16,64m<sup>2</sup>, lo que se traduce en kWh por CPS en función de la Radiación Solar (RS) sobre un plano vertical y orientado al SO, donde los meses de verano se protege el hueco con la celosía móvil.

	Ene.	Febr.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
RS en kWh/m <sup>2</sup>	1,41	1,92	3,15	3,62	4,60	5,13	5,21	4,57	3,54	2,39	1,53	1,15
CPS en kWh	23,51	31,90	52,46	60,25	76,56	---	---	---	---	39,70	25,40	19,14

Tabla V. Captación pasiva de energía solar para un plano vertical orientado al SOL

**Para el aprovechamiento pasivo de la energía geotérmica,** y dado que el nivel freático está sobre la cota -3,5 m, el aire exterior para climatización y renovación se hace pasar por una galería bioclimática instalada bajo la solera del sótano. Esto nos permite climatizar el edificio en invierno con aire a 30°C partiendo de una T inicial próxima a los 11°C, y en verano refrigerar directamente con aire exterior a una T próxima a los 18°C, sin necesidad de tratamiento térmico. **Para refrigeración del edificio en verano,** se inyecta aire fresco nocturno que, apoyándose en la inercia térmica del edificio y la regulación diurna de la radiación solar, permite mantener el edificio en la zona de confort. **Para el aporte energético** que se precisa para ACS y calefacción, se dispone de una caldera de biomasa con un rendimiento >85%. Para el consumo eléctrico se utiliza la Red General que recibe electricidad de una Central Hidráulica instalada en el propio municipio, al pie del río Alberche.



Figura 4. Galería geotérmica y sala con caldera de biomasa, depósito de inercia y UTA conectada a la galería

## Facilidad de mantenimiento y flexibilidad en el diseño

Se ha apostado por tecnologías sencillas y fáciles de utilizar por el usuario final en las instalaciones y sus sistemas de control, frente a tecnologías complejas que pudieran requerir personal especializado que la comarca no aporta. El edificio se ha diseñado para facilitar al máximo las labores de conservación y mantenimiento, distribuyendo las instalaciones por cinco patinillos verticales, registrables en todas las plantas, sobre falsos techos de madera permeables y registrables, y en cámaras situadas entre los muros de carga y la zona de productores, donde las instalaciones discurren horizontalmente, vistas tras las superficies de madera. En cuanto a la limpieza, todas las superficies acristaladas, incluso el lucernario, son sencillas de limpiar desde superficies accesibles y seguras, como galerías y patios. El resultado da una utilización sencilla, basada en maniobras básicas, dando importancia a los periodos de tiempo necesarios para que el edificio se adapte al cambio de programación.

El edificio tiene una estructura contundente, de hormigón y ladrillo, que permite dejar la mayoría del espacio diáfano para poderlo distribuir fácilmente con sistemas de tabiquería ligera a base de placas de yeso laminado o paneles de madera. Esto, unido a la facilidad para modificar las instalaciones que se ha descrito anteriormente, tiene como resultado un edificio que se adapta de manera muy sencilla a diferentes actividades dentro de su uso actual, y a futuros usos distintos si fuese necesario.

## Coste económico

El coste final del edificio ha sido de 811 €/m<sup>2</sup> construido, considerando el precio sin IVA, cantidad que resulta económica si consideramos que es un edificio de pública concurrencia, que incluye un derribo y la construcción de un sótano entre medianeras y tiene ascensor.

## CONCLUSIONES

El edificio permite comprobar que la sostenibilidad es el camino para:

- Insertar un edificio en su ecosistema sin necesidad de provocar alteraciones significativas e
- Integrarlo en el entorno sociocultural cuando el diseño parte de las claves locales.
- Aportar, en función de su impacto, un elemento capaz de sostener la economía local.
- Implicando a técnicos locales en su mantenimiento y sirviendo de escaparate para la industria agroalimentaria de la comarca, se revitaliza el tejido social y la economía.
- Ubicar en ese entorno un edificio con consumo energético básicamente local, sirve de estímulo para que el vecindario reconozca un potencial desarrollo de sus reservas energéticas renovables, tanto para uso propio como para su exportación al amplio mercado que ofrecen Ávila y Madrid.
- Demuestra, no solo que la construcción de edificios sostenibles no es necesariamente más cara que la construcción de un edificio convencional, sino que, partiendo de un buen diseño, se puede construir un edificio incluso más económico, con menos costes de mantenimiento y sustanciales ahorros de energía, que además sea flexible para facilitar su amortización con cambios de uso.
- La inercia térmica y las estrategias pasivas son elementos fundamentales en la construcción edificios de energía casi nulos, más aún actuando en climas templados y en entornos con materiales tradicionales con alta inercia como España.

## RECONOCIMIENTOS

Al Ayuntamiento de Cebreros y a la Fundación Asocio de Ávila por crear un proyecto innovador y colaborar en diseñar un edificio sostenible. A Jose Ignacio Ramos Morais y Juan Antonio Jiménez por su trabajo como directores de obra. A Fernando Álvarez Moreno, como ingeniero proyectista de las instalaciones del edificio y la dirección de su montaje.

# ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS PUNTOS DE ANCLAJE A FORJADO DE UNA SUBESTRUCTURA DE FACHADA VENTILADA

**Beñat Arregi Goikolea**, División de Construcción Sostenible, Tecnalia

**Roberto Garay Martinez**, División de Construcción Sostenible, Tecnalia

**Alberto Riverola Lacasta**, Sección de Física Aplicada, Universidad de Lleida

**Daniel Chemisana Villegas**, Sección de Física Aplicada, Universidad de Lleida

**Resumen:** Las fachadas ventiladas son una solución cada vez más utilizada debido a sus buenas prestaciones de durabilidad y eficiencia energética. En estas envolventes, la subestructura que soporta el acabado exterior interrumpe necesariamente la continuidad del aislamiento en los puntos de anclaje sobre la hoja interior. Este estudio analiza el impacto de estos puentes térmicos en la transferencia de calor y el riesgo de condensaciones superficiales, para una fachada ventilada que se instala sobre un edificio existente. El cálculo unidimensional simplificado se compara con simulaciones numéricas mediante elementos finitos, modelando el flujo de calor bidimensional en los frentes de forjado y el flujo de calor tridimensional en los puntos de anclaje a forjado de la subestructura.

**Palabras clave:** Fachada Ventilada, Anclaje a Forjado, Transferencia de Calor, Puente Térmico, Elementos Finitos, Transmitancia Térmica Lineal, Transmitancia Térmica Puntual, Factor de Temperatura

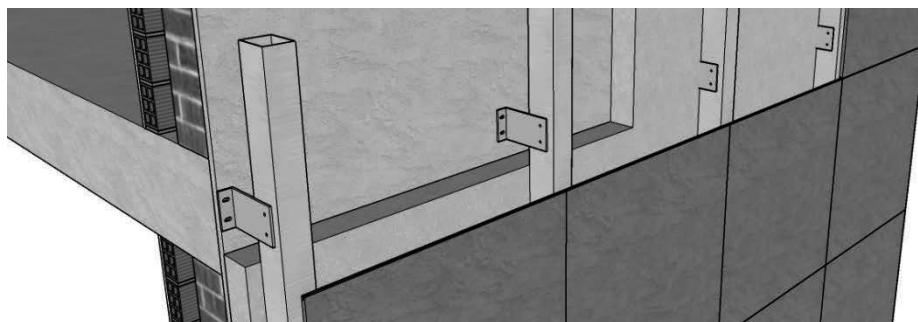
## INTRODUCCIÓN

La diferencia entre rendimiento energético teórico y real constituye uno de los principales escollos en el camino hacia los edificios de consumo de energía casi nulo. Las fachadas ventiladas ofrecen una solución ventajosa frente a potenciales complicaciones como el sobrecalentamiento o las humedades, pero presentan un punto débil en los anclajes de la subestructura sobre la hoja interior, que al interrumpir necesariamente el aislamiento, constituyen puentes térmicos.

El procedimiento de cálculo simplificado en el Código Técnico de la Edificación (CTE) no contempla el impacto de estos anclajes. En este estudio se analiza la transferencia de calor y el riesgo de condensaciones superficiales en los anclajes de una fachada ventilada que se fijan sobre el frente de forjado de un muro existente.

## CASO DE ESTUDIO

Se analiza la aplicación de una fachada ventilada sobre un edificio existente.



*Figura 1. La subestructura de la fachada ventilada se fija a los frentes de forjado mediante anclajes de aluminio*

Para el muro original se plantea una construcción genérica de dos hojas de fábrica de ladrillo con cámara de aire intermedia, sin aislamiento térmico, revocado con cemento en su cara exterior y con un enlucido

de yeso como acabado interior. Al apoyar la fábrica sobre los forjados de hormigón armado, estos últimos interrumpen la cámara y quedan expuestos al exterior con la única protección del revoco. Este detalle es un caso muy común de puente térmico.

Para la rehabilitación de esta envolvente se plantea una solución típica de fachada ventilada, fijando la subestructura a los frentes de forjado mediante anclajes de aluminio (Fig. 1). Para el aislamiento se estima una conductividad térmica de 0,03 W/mK.

## METODOLOGÍA

Los cálculos se han realizado para el muro existente sin aislamiento y para su rehabilitación con fachada ventilada, considerando cuatro niveles de aislamiento en incrementos de 50 mm en el espesor del aislante.

Inicialmente se ha realizado un cálculo unidimensional simplificado, de acuerdo con la norma ISO 6946 y el Documento de Apoyo DA DB-HE/1 del CTE. Este cálculo no considera el impacto de los frentes de forjado ni los anclajes de la subestructura metálica de la fachada ventilada.

Posteriormente, con el objeto de cuantificar el impacto de los puentes térmicos, se han realizado simulaciones numéricas mediante elementos finitos siguiendo la norma ISO 10211. Para ello se ha empleado el software COMSOL Multiphysics:

- El flujo de calor adicional en los frentes de forjado se ha determinado calculando su transmitancia térmica lineal mediante una simulación bidimensional (Fig. 2 izda.).
- El flujo de calor adicional en los puntos de anclaje a forjado de la subestructura se ha determinado calculando su transmitancia térmica puntual mediante una simulación tridimensional (Fig. 2 dcha.).

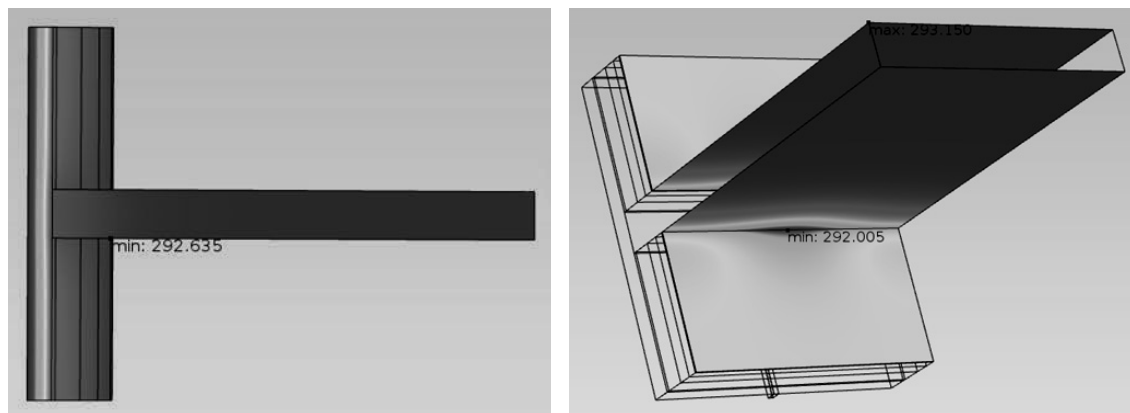


Figura 2. Modelización numérica bidimensional de un frente de forjado (izda.), y modelización numérica tridimensional de un anclaje metálico a forjado (dcha.)

Siguiendo el criterio de las normas ISO para cámaras de aire muy ventiladas, se han despreciado las resistencias térmicas del acabado exterior, la subestructura y la propia cámara de aire de la fachada ventilada, y las resistencias superficiales interior y exterior corresponden al aire en calma (0,13 m<sup>2</sup>K/W). Los modelos se han sometido a temperaturas de contorno de 20 °C al interior y 0 °C al exterior.

Finalmente, para posibilitar una comparación directa de los flujos de calor obtenidos con los diferentes métodos de cálculo y simulación, se han traducido todos los resultados a su equivalente unidimensional.

Además del impacto en las pérdidas de calor, se ha evaluado también el riesgo de formación de condensaciones o mohos en las superficies interiores, empleando el método del factor de temperatura definido en la norma ISO 13788 y los Documentos de Apoyo DA DB-HE/2 y DA DB-HE/3 del CTE. Los valores obtenidos mediante cálculos y simulaciones se han comparado con los valores límite definidos en el CTE para la zona climática de invierno E (la más severa).

## MODELIZACIÓN TÉRMICA

### Cálculo unidimensional de la fachada

Según los cálculos unidimensionales, los muros rehabilitados con solución de fachada ventilada cumplen las exigencias del CTE, tanto para evitar condensaciones superficiales (factor de temperatura) como para limitar las pérdidas de calor (transmitancia térmica). Las pérdidas de calor unidimensionales se reducen a medida que aumenta el nivel de aislamiento (Fig. 3 dcha.), aunque la efectividad decrece según aumenta el espesor del aislante (los primeros mm ofrecen un mejor rendimiento energético).

Espesor del aislamiento (mm)	sin aisl.	50	100	150	200
Temperatura superficial interior mínima, $\theta_{si}$ (°C)	17,27	19,01	19,39	19,56	19,66
Factor de temperatura de la superficie interior, $f_{Rsi}$	0,86	0,95	0,97	0,98	0,98
Densidad de flujo de calor a través del modelo (W/m <sup>2</sup> )	21,00	7,64	4,66	3,36	2,63
Transmitancia térmica, U (W/m <sup>2</sup> K)	1,05	0,38	0,23	0,17	0,13

Tabla I. Resultados del cálculo unidimensional de la fachada

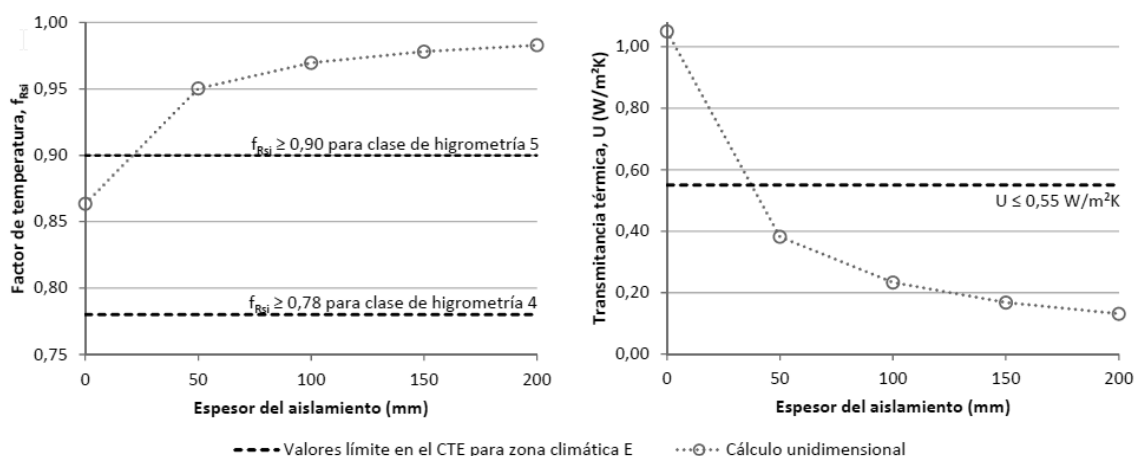


Figura 3. Factor de temperatura (izda.) y transmitancia térmica (dcha.) en función del espesor de aislamiento, obtenidos mediante cálculo unidimensional de la fachada

### Simulación numérica bidimensional del frente de forjado

Las simulaciones bidimensionales permiten cuantificar las pérdidas de calor adicionales en los frentes de forjado, que constituyen un puente térmico debido a la mayor conductividad del hormigón armado.

Los muros con aislamiento cumplen las exigencias del CTE para evitar condensaciones superficiales. El flujo de calor adicional debido al puente térmico viene dado por la transmitancia térmica lineal (Fig. 4 dcha.). Este valor se reduce drásticamente al incorporar el aislamiento, ya que el aislante pasa por delante de los frentes de forjado, aislándolos así del exterior.

Espesor del aislamiento (mm)	sin aisl.	50	100	150	200
Temperatura superficial interior mínima, $\theta_{si}$ (°C)	15,56	18,77	19,27	19,49	19,60
Factor de temperatura de la superficie interior, $f_{Rsi}$	0,78	0,94	0,96	0,97	0,98
Densidad lineal de flujo de calor a través del modelo (W/m)	57,18	18,45	11,05	7,89	6,14
Transmitancia térmica lineal, $\Psi$ (W/mK)	0,44	0,04	0,02	0,01	0,00

Tabla II. Resultados del cálculo bidimensional del frente de forjado

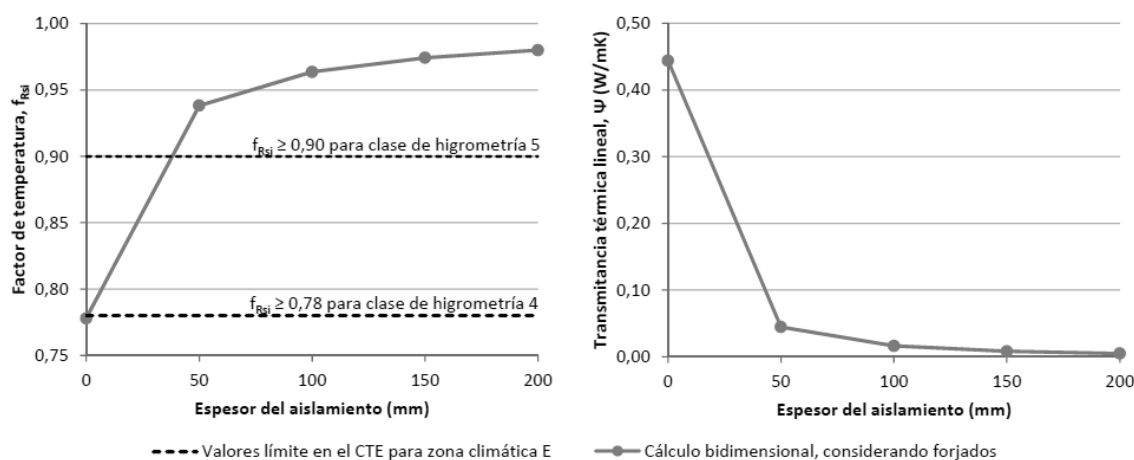


Figura 4. Factor de temperatura (izda.) y transmitancia térmica lineal (dcha.) en función del espesor de aislamiento, obtenidos mediante simulación numérica bidimensional del frente de forjado

### Simulación numérica tridimensional del anclaje a forjado

Además del impacto de los frentes del forjado, las simulaciones tridimensionales permiten cuantificar las pérdidas de calor adicionales en los anclajes a forjado, que constituyen puentes térmicos puntuales al interrumpir el aislamiento.

Los muros aislados cumplen las exigencias del CTE para evitar condensaciones superficiales. El flujo de calor adicional de cada anclaje viene dado por su transmitancia térmica puntual (Fig. 5 dcha.). El impacto de este puente térmico se incrementa al aumentar el espesor de aislamiento; este incremento no es lineal, ya que depende de las dimensiones de los anclajes empleados en cada caso.

Espesor del aislamiento (mm)	sin aisl.	50	100	150	200
Temperatura superficial interior mínima, $\theta_{si}$ (°C)	-	18,26	18,77	18,86	19,00
Factor de temperatura de la superficie interior, $f_{Rsi}$	-	0,91	0,94	0,94	0,95
Flujo de calor a través del modelo (W)	-	39,91	25,21	19,76	16,11
Transmitancia térmica puntual, $\chi$ (W/K)	-	0,15	0,16	0,20	0,19

Tabla III. Resultados del cálculo tridimensional del anclaje a forjado

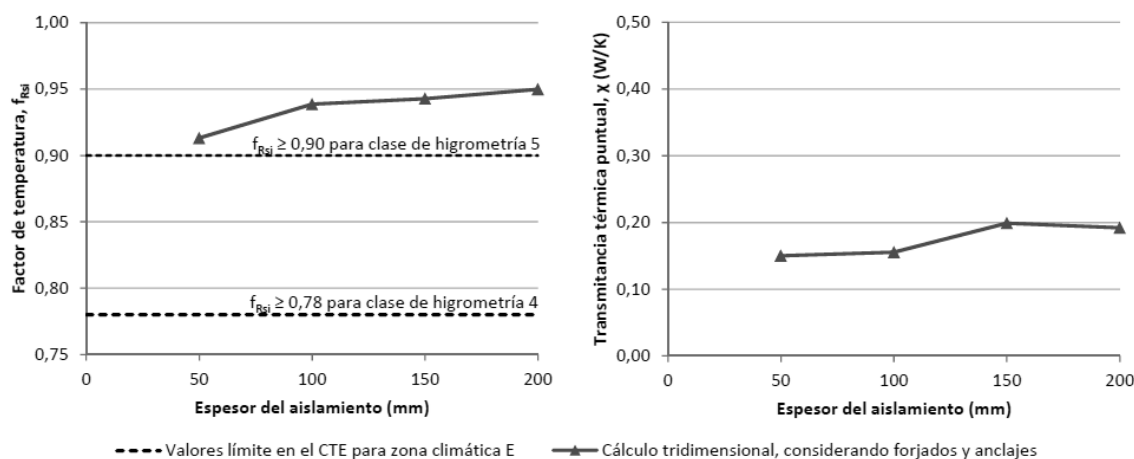


Figura 5. Factor de temperatura (izda.) y transmitancia térmica puntual (dcha.) en función del espesor de aislamiento, obtenidos mediante simulación numérica tridimensional del anclaje a forjado



## RESULTADOS

Se presenta aquí una comparación de los factores de temperatura y las transmitancias térmicas medias, obtenidos mediante los diferentes métodos de cálculo y simulación arriba descritos.

Espesor del aislamiento (mm)	sin aisl.	50	100	150	200
Cálculo unidimensional	0,86	0,95	0,97	0,98	0,98
Cálculo bidimensional, considerando forjados	0,78	0,94	0,96	0,97	0,98
Cálculo tridimensional, considerando forjados y anclajes	-	0,91	0,94	0,94	0,95

Tabla IV. Comparación de factores de temperatura de la superficie interior

Espesor del aislamiento (mm)	sin aisl.	50	100	150	200
Cálculo unidimensional	1,05	0,38	0,23	0,17	0,13
Cálculo bidimensional, considerando forjados	1,18	0,39	0,24	0,17	0,13
Cálculo tridimensional, considerando forjados y anclajes	-	0,44	0,29	0,23	0,19

Tabla V. Comparación de transmitancias térmicas medias de la envolvente ( $W/m^2K$ )

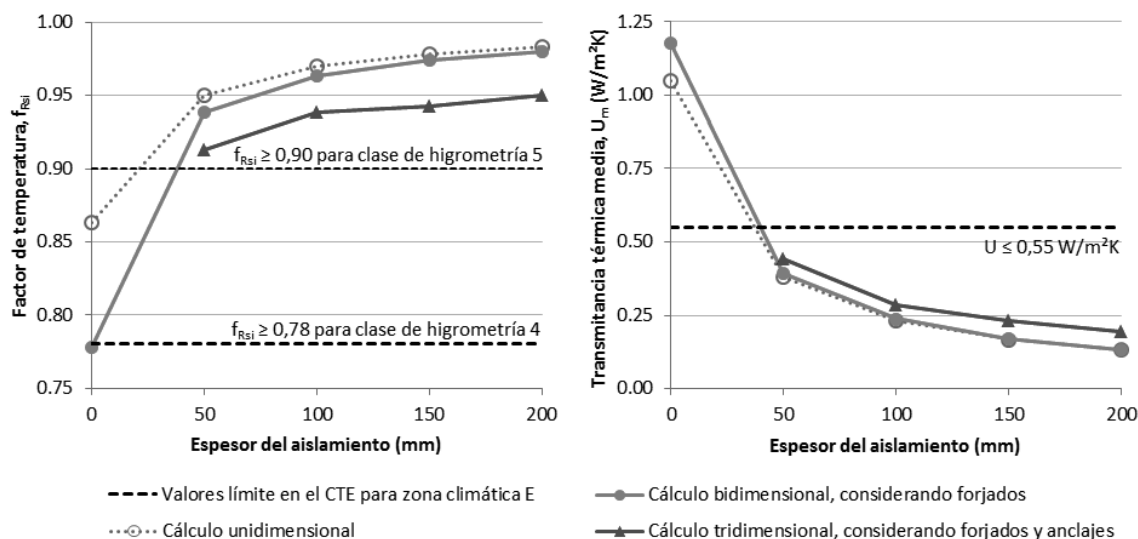


Figura 6. Comparación gráfica de factores de temperatura (izda.) y transmitancias térmicas medias (dcha.), en función del espesor de aislamiento, obtenidos mediante cálculos unidimensionales y simulaciones numéricas

## Riesgo de mohos y condensaciones en la superficie interior

Para la fachada sin aislamiento, el frente de forjado comporta una reducción importante del factor de temperatura (cálculo bidimensional en Fig. 6 izda.), pudiendo acarrear riesgo de formación de mohos en espacios con alta producción de humedad. La incorporación del aislamiento por delante de los frentes del forjado minimiza el impacto de este puente térmico lineal, si bien en este caso son los anclajes puntuales de la subestructura los que reducen el factor de temperatura (cálculo tridimensional en Fig. 6 izda.). Sin embargo, esta reducción no compromete el cumplimiento de las exigencias del CTE, incluso para las condiciones más exigentes (clase de higrometría 5 en zona climática E). Esto es debido a que en las fachadas ventiladas el aislamiento se coloca por el exterior de la fábrica de ladrillo, aumentando así la temperatura del sustrato y proveyendo una seguridad adicional. Así pues, para las soluciones con aislamiento, el impacto de los puentes térmicos considerados en este estudio no es relevante en términos de riesgo de condensaciones y mohos en la superficie interior.

## Transferencia de calor a través de la fachada

Para hacer posible la comparación directa de las pérdidas de calor, los flujos de calor multidimensionales en los puentes térmicos se han traducido a un flujo unidimensional equivalente, calculando en cada caso la transmitancia térmica media de la envolvente. A este efecto se ha asumido una distancia vertical entre forjados de 3,5 m y una distancia horizontal entre anclajes de 0,9 m.

- En la fachada sin aislamiento, el puente térmico lineal del frente de forjado incrementa en un 12% las pérdidas de calor obtenidas mediante el cálculo convencional (línea punteada en Fig. 6 dcha.). Al incorporar el aislamiento por delante de los frentes de forjado, estas pérdidas adicionales se reducen en gran medida. Así, los resultados de las simulaciones bidimensionales se acercan a los cálculos unidimensionales a medida que aumenta el espesor de aislante.
- Sin embargo, el impacto térmico de los anclajes a forjado solo puede cuantificarse mediante la simulación tridimensional. Esta última resulta en pérdidas de calor adicionales, debido a que los anclajes posibilitan la conducción de calor entre el forjado de hormigón armado y el ambiente exterior. Comparado con el cálculo unidimensional (línea punteada en Fig. 6 dcha.), el incremento en la transmitancia térmica calculado en este estudio es de entre un 16% y un 48%, para espesores de aislamiento de 50 y 200 mm respectivamente.

## CONCLUSIONES

En las fachadas ventiladas, la continuidad del aislamiento se interrumpe necesariamente en los puntos de anclaje de la subestructura a la hoja interior. Aunque no presentan riesgo de condensaciones superficiales, estos puentes térmicos pueden causar un incremento en las pérdidas de calor, especialmente a medida que aumenta el espesor de aislamiento. En rehabilitaciones con fachada ventilada, es común que la subestructura de esta última se fije a los cantos o frentes de los forjados de hormigón armado existentes. Si el impacto de estos anclajes no se tiene en cuenta al realizar los cálculos energéticos, existe el riesgo de sobreestimar el desempeño térmico de la fachada rehabilitada, resultando en una infrautilización de la resistencia térmica del aislamiento y, en último término, un consumo energético superior al previsto. Para optimizar la viabilidad de las fachadas ventiladas como una solución de bajo consumo energético en rehabilitación, se hace necesario mitigar el puente térmico en los anclajes a forjado. Esto requiere un diseño específico para estos anclajes que considere las solicitaciones térmicas además de las estructurales.

## RECONOCIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado parcialmente dentro del proyecto de investigación BRESAER, financiado por el programa Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el grant agreement Nº 637186.

## REFERENCIAS

- Código Técnico de la Edificación (CTE). DA DB-HE / 1 Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Cálculo de parámetros característicos de la envolvente. (Febrero 2015)
- Código Técnico de la Edificación (CTE). DA DB-HE / 3 Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Puentes térmicos. (Mayo 2014)
- UNE-EN ISO 6946:2012. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo. (ISO 6946:2007)
- UNE-EN ISO 10211:2012. Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados. (ISO 10211:2007)
- UNE-EN ISO 13788:2002. Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo. (ISO 13788:2001)

## ESTABLECIMIENTO POSTAL DE CORREOS EN ARGAMASILLA DE ALBA. UN EDIFICIO #EFICIENTE Y #SOSTENIBLE #NZEB

**Borja Sánchez Miranda**, Arquitecto-EA VERDE, gesHAB gestión del hábitat

**Laura Bellido García-Seco**, Arquitecta, gesHAB gestión del hábitat

**Roberto Portugués Porras**, Arquitecto-Auditor Energético, gesHAB gestión del hábitat

**Sonia Sánchez Bermejo**, Arquitecta, Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos

**José Ramón Martín Sotillo**, Ingeniero Técnico Industrial, Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos

**Natalia Marcos Lopez**, Arquitecto Técnico, Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos

**Resumen:** El nuevo establecimiento postal de Correos en Argamasilla de Alba (Ciudad Real), será un edificio diseñado para reducir su consumo energético y su huella ecológica lo máximo posible mediante la metodología establecida por GBCe según su sello VERDE. Se estima una reducción del consumo energético del 80%, con un consumo aproximado de 15,40 KWh/m<sup>2</sup>/año. Se han implementado, con una visión integradora, diferentes estrategias que minimicen el impacto ambiental del edificio (como la reducción del consumo de agua potable y energía no renovable o la utilización de materiales reciclados o con bajo impacto ambiental) y que a su vez mejoren el nivel de confort y la calidad de vida de las personas que trabajan en él.

**Palabras clave:** #NZEB, #EECN, Eficiencia Energética, Sostenibilidad, Sustentabilidad, Arquitectura

### INTRODUCCIÓN

#### Antecedentes

El promotor, Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos, convoca un concurso de arquitectura en el que se solicita asistencia técnica para la redacción de los documentos técnicos necesarios para la demolición del edificio existente en la parcela y construir un nuevo edificio sostenible y energéticamente eficiente. Con este fin se aporta un anteproyecto, redactado por el departamento técnico de Correos, que será objeto de un análisis preliminar y proposición de las estrategias a implementar por los aspirantes.

Las estrategias, según las bases del concurso, debían englobarse en 5 capítulos: **Energía, Residuos, Agua, Confort Interno y Materiales.**

El estudio de arquitectura gesHAB gestión del hábitat gana el concurso con una propuesta basada en la metodología del sello VERDE de Green Building Council España (GBCe), en la que, además de las estrategias englobadas en los anteriores capítulos, implanta una serie de estrategias adicionales que mejoren de manera global la sostenibilidad del edificio.

#### Condicionantes de partida

##### *El clima*

El primer acercamiento al edificio se hace analizando las condiciones climáticas y meteorológicas de su localización. Argamasilla de Alba, en la provincia de Ciudad Real, corresponde al tipo de clima interior de la península ibérica (zona D3 según CTE), es decir, inviernos muy fríos (con temperaturas que pueden llegar a los -4°C de media) y veranos también muy cálidos (hasta los 33°C de media), con oscilaciones medias diarias que superan los 17°C y escasas precipitaciones en un ambiente generalmente seco.

Este tipo de clima, muy habitual en nuestro país, obliga a combinar estrategias que resulten efectivas en las distintas épocas del año, tarea algo más complicada que en latitudes más al norte, donde la principal estrategia es la reducción de la demanda energética a través del aumento del aislamiento de la envolvente

térmica del edificio, o más al sur, donde las principales estrategias son el sombreado y el aumento de la ventilación natural.

### ***El entorno construido***

Otro condicionante importante fue el entorno construido del edificio, ya que la parcela se sitúa entre dos edificios entre medianeras en las caras norte y sur, dejando libre solamente fachadas en el lindero este (a un patio interior) y en el oeste (a la calle principal). Además, aunque las edificaciones del entorno no son de gran altura (Bajo+2), superan la altura del proyecto del nuevo edificio, que se desarrolla funcionalmente en planta baja.

Estas circunstancias limitan, o prácticamente impiden, el aprovechamiento pasivo de la radiación solar en invierno y tampoco son una gran ventaja en verano, ya que apenas el edificio recibe sombras de las edificaciones próximas debido a la mayor inclinación del sol.



*Figura 1. Foto del actual edificio situado en la c/Paz 4, Argamasilla de Alba (Ciudad Real)*

## **EL PROYECTO**

### **Descripción general**

El proyecto se desarrolla funcionalmente en una sola planta, más un castillete de instalaciones situado en la cubierta. Su uso estará dedicado al de un establecimiento postal y unidad de reparto de Correos.

El edificio se divide en dos grandes zonas diferenciadas: una de acceso al público donde se sitúan los mostradores de atención al cliente más un espacio (abierto al anterior) para el director de la oficina; y una segunda zona, de carácter más privado y de uso exclusivo del personal de la oficina, que engloba la cartería, los aseos y vestuarios y los cuartos técnicos y de instalaciones.

Se trata, por tanto, de un edificio de pequeño tamaño con una superficie construida de 212,82 m<sup>2</sup> y una altura máxima de 7,50 m.

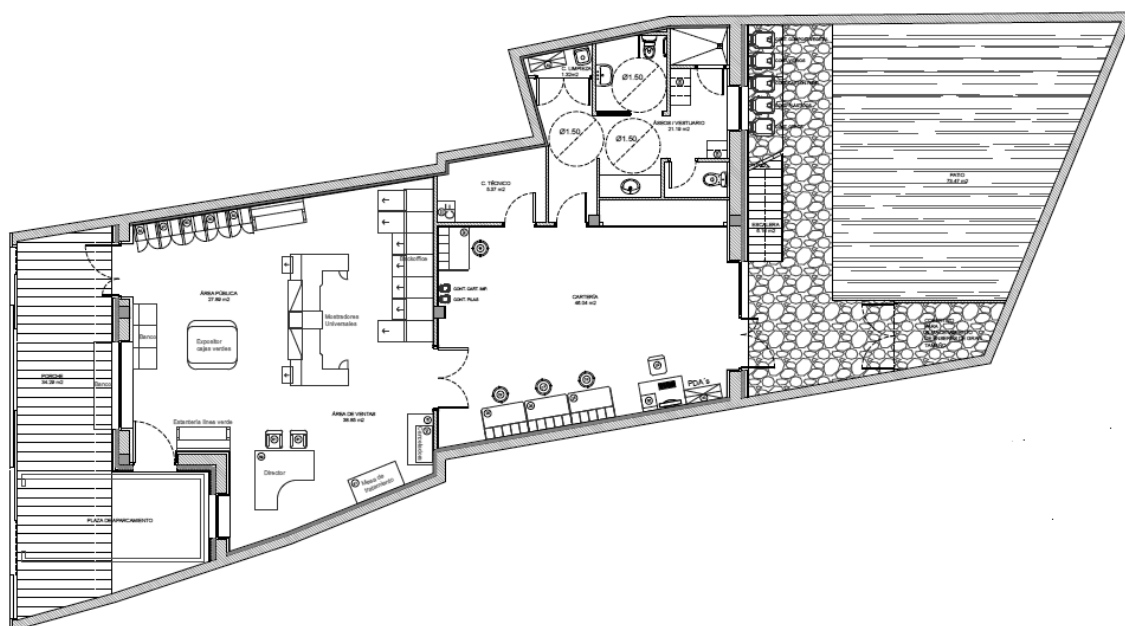


Figura 2. Planta baja del nuevo edificio proyectado

## Metodología

Para conseguir los objetivos marcados de reducción de la huella ecológica del edificio y el aumento de su eficiencia energética, se utiliza la metodología de análisis y trabajo que establece GBCe en su sello VERDE.

La metodología VERDE está basada en una aproximación al análisis de ciclo de vida en cada fase y consiste en evaluar la reducción de los impactos del edificio y su emplazamiento por la implementación de medidas, tanto en estrategias de diseño como en factores de rendimiento, agrupadas estas medidas en una lista de criterios de sostenibilidad. En las distintas fases del ACV se analizan los siguientes impactos:

- **Etapa de producto:** comprende la fase de extracción y fabricación de materiales hasta la salida de la fábrica. Es la etapa denominada “de la cuna a la puerta” y, para su valoración en VERDE se rige por la normativa prEN 15804 complementada con prEN 15942\_Communication format y valora los impactos mínimos que deben incluirse en la Declaración Ambiental de Productos.
- **Transporte de materiales:** comprende la evaluación de los impactos asociados a la energía consumida por el transporte de los materiales de construcción desde la fábrica al lugar donde serán utilizados. Esta fase se denomina también “de la puerta al sitio”.
- **Etapa de construcción:** comprende solo la valoración de los impactos relacionados con la generación de residuos de construcción.
- **Uso del edificio o fase de “explotación del edificio”:** comprende el mínimo de procesos que deben incluirse en la evaluación de los impactos recogidos en las Normas prEN 15643- 1- 2- 3- 4.
- **Etapa de fin de vida, rehabilitación/demolición:** solo analiza los procesos de gestión y planificación para la reutilización de los residuos incorporados en el proyecto, Planes de deconstrucción, reutilización y reciclado.

## Estrategias

Como se ha comentado anteriormente, todas las estrategias implementadas en el proyecto se engloban en 6 capítulos generales en función del objetivo último que se persigue:

## La energía

Para mejorar el comportamiento energético del edificio se trabaja ordenadamente sobre una serie de niveles o sistemas del edificio, tal y como se describe en el siguiente esquema:

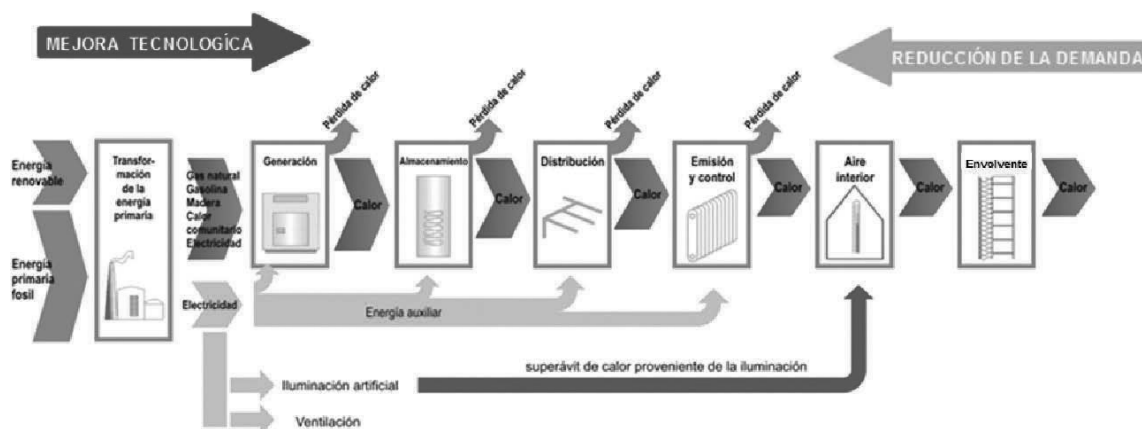


Figura 3. Lógica energética. Fuente: ENERES

Esta metodología defiende, en primer lugar, la reducción de la demanda energética, puesto que el edificio más eficiente es aquel que no consume energía. Para ello se han aplicado las siguientes estrategias:

- Mejora del comportamiento térmico de la envolvente: se han utilizado aislamientos térmicos de hasta 12 cm en las fachadas, revestimiento de estas mediante sistema de fachada ventilada y cerramientos interiores de bloques de tierra comprimida, que no sólo mejoran el comportamiento térmico si no también el higrométrico; carpinterías de madera con una reducida transmitancia térmica y escasa permeabilidad al aire; se ha instalado una cubierta ajardinada que reduce las pérdidas y ganancias térmicas del edificio (ya sea invierno o verano) y que también evita el efecto “isla de calor” que pudiera afectar al edificio y su entorno.
- Con este mismo objetivo de reducir el efecto “isla de calor” se han introducido pavimentos exteriores de color oscuro que absorban la radiación solar y no la reflejen al propio edificio ni a los colindantes, mientras que en las fachadas se han utilizado colores claros para conseguir el efecto contrario. Así mismo se plantea una zona verde en el patio interior que ayude a este fin y proporcione algo de humedad al ambiente gracias a la evotranspiración de las plantas.
- Como medida adicional se instalará un sistema automatizado de apertura de las ventanas, en ambas fachadas, que genere una ventilación cruzada nocturna y así reducir la demanda de refrigeración en verano, sobre todo durante las primeras horas de funcionamiento del edificio.

En un segundo nivel se actúa sobre las unidades terminales de clima. Aunque inicialmente se propuso un sistema de techo o suelo radiante, el promotor decidió descartarlo por necesidades operativas, por lo que se instalaron fan coils de techo, que determinaron la elección del sistema de generación térmico para un funcionamiento óptimo de la instalación de climatización

El tercer nivel se aplica sobre los sistemas de conducción, tanto de aire como de agua, todos van completamente aislados térmicamente para reducir al mínimo posible las pérdidas en el sistema.

Como cuarto nivel de actuación, una vez reducida la demanda y las pérdidas en el sistema de distribución, se instalan sistemas de generación energética eficientes:

- Se utiliza una bomba de calor aerotérmica, un sistema aire-agua de alta eficiencia, para cubrir toda la demanda térmica del edificio (calefacción, refrigeración y ACS). Este sistema no se conecta a unos paneles solares fototérmicos (que hubieran aumentado aún más su eficiencia) porque, debido al escaso espacio del que se disponía en la cubierta con captación solar suficiente durante todo el año, se decidió destinar la superficie operativa a la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

- También se introduce un recuperador de calor de alta eficiencia, con un rendimiento nominal del 90%, para que el sistema de ventilación no distorsione el buen funcionamiento térmico del edificio.

Por último, y para reducir el consumo de energía no renovable en el edificio, se proyectan unos paneles fotovoltaicos sin vertido a la red y sin acumulación, es decir, para consumo instantáneo, ya que las horas operativas del edificio coinciden con las de mayor rendimiento de los paneles.

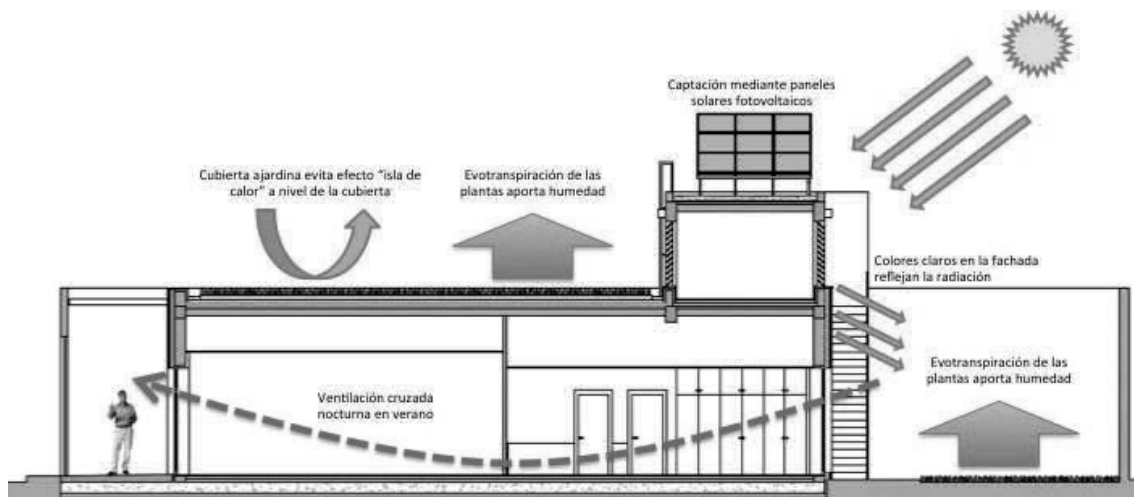


Figura 4. Diagrama bioclimático del edificio. Sección longitudinal

### Los residuos

Tanto para la obra de demolición del edificio existente, como para la construcción del nuevo edificio, se han desarrollado planes de gestión selectiva de los residuos para que todos los materiales y desechos vayan a plantas de tratamiento específicas y puedan ser reutilizados o reciclados, reincorporándose al ciclo productivo y reduciendo así el consumo de materias primas no renovables.

Así mismo, se ha reservado en el edificio espacio suficiente para poder reciclar los residuos procedentes de su operación diaria, identificándose los siguientes grupos: papel/cartón, vidrio, plástico, cartuchos de impresora, pilas, compost vegetal y otros.

También se ha planificado una estrategia de demolición selectiva previendo la correcta gestión de los residuos generados por la demolición del edificio al final de su vida útil.

### El agua

Para reducir el consumo de agua potable en el edificio se han implementado las siguientes estrategias:

- Se proyectan equipamientos sanitarios eficientes, con reductores de caudal, con un consumo aproximado un 40% inferior al estándar.
- Mediante un sistema de tratamiento específico se recoge el agua procedente de lavabos y duchas para ser reutilizada en los inodoros, reduciendo el consumo en un 95% para estos aparatos.
- Se almacena en un depósito el agua de lluvia recogida por la cubierta ajardinada aljibe y se reutiliza para riego mediante un sistema de riego por goteo. Además, se utilizan plantas xerófitas autóctonas para reducir las necesidades de riego. Con estas estrategias se reduce aproximadamente en un 50% el consumo de agua potable para regar.

### El confort interno

Las estrategias para mejorar el confort de los usuarios del edificio abarcan tanto los temas relacionados puramente con el confort como con la salud y su bienestar:

- Se utilizan materiales de acabado interior con baja toxicidad con el mínimo posible de compuestos orgánicos volátiles.
- Se prevé la realización de un proceso de purga del aire una vez finalizada la obra para eliminar los contaminantes emitidos durante el proceso de construcción.
- Se instalarán detectores de CO<sub>2</sub> que garanticen una concentración inferior a 350 ppm.
- Se limitará la velocidad del aire en las zonas con ventilación mecánica para reducir las molestias producidas por este sistema.
- Se comprueba que la iluminación natural en el edificio cumple con unos mínimos niveles de luminancia y homogenización.
- Así mismo se ha proyectado la iluminación artificial con unos niveles óptimos y un reducido factor de deslumbramiento.
- Se protege del ruido los recintos de uso del edificio frente al exterior y frente a los cuartos con instalaciones que pudieran resultar molestas.

### **Los materiales**

Se ha procurado utilizar materiales con poca energía embebida en su fabricación, como carpinterías de madera, en lugar de aluminio o PVC, o bloques de tierra comprimida, en lugar de ladrillo. También se proyectan materiales con parte reciclada en su composición, como son algunos de los hormigones o aislamientos de algodón regenerado.

Se ha previsto también fomentar el uso de materiales fabricados en un radio inferior a 200 km de la obra para reducir la contaminación relacionada con el transporte de los mismos.

### **Estrategias adicionales**

Algunas de las estrategias adicionales implementadas al proyecto son:

- El uso de plantas autóctonas para ayudar a la conservación de la biodiversidad de la zona.
- Usar luminarias exteriores que no emitan luz por encima del plano horizontal para reducir la contaminación lumínica.
- Garantizar un mínimo de visión al exterior desde las áreas de trabajo.

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Más allá de la suma de una serie de estrategias concretas, el proyecto se desarrolla con una visión global, entendiendo la eficiencia energética y la sostenibilidad en la edificación como un sistema que ha de ser abordado desde la visión integral de todos sus componentes. Este enfoque sistémico supone un potencial de optimización muy superior al alcanzable mediante actuaciones aisladas.

Se han aplicado todas las estrategias que los condicionantes particulares del proyecto y de su entorno permitían, teniendo como fin último la sostenibilidad del edificio en su concepto más amplio.

Los resultados de esta forma de trabajar se traducen en una reducción del consumo energético del edificio de aproximadamente el 80%, una reducción de los impactos ambientales generados por el edificio tanto durante su fase de construcción como durante su vida útil y una mejora de la calidad en el confort y en la salud de los usuarios que favorezcan un mayor bienestar y productividad.

## **REFERENCIAS**

- Manuel Macías, Paula Rivas, Irina Tumini, Raquel Díez & Silvia Andrés, 2015, Guía para los Evaluadores Acreditados VERDE NE, GBCe, Madrid.
- <http://www.gbce.es/> (14 abril 2016)



# ENVOLVENTE DE BAJO ESPESOR CON RESULTADOS DE DEMANDA ENERGÉTICA A

Juan José Berbel Rubia, Arquitecto Técnico, Pabloaguilarstudio  
Pablo Aguilar Gil, Arquitecto, Pabloaguilarstudio

**Resumen:** Una superficie de parcela característica, 20x3,10m, una calle céntrica de Granada, el carácter entre medianerías y las altas dificultades de ejecución, hicieron necesaria la búsqueda de soluciones constructivas que aliviasen todos estos condicionantes y facilitasen al máximo la ejecución de los trabajos. Por ello se planteó la ejecución del núcleo principal de la fachada de la edificación mediante la instalación de paneles tipo Sándwich. Estos propiciaron la instalación de los mismos desde el interior del edificio. El uso de este material junto con el posterior revestimiento exterior mediante placas prefabricadas de hormigón a modo de fachada ventilada y la instalación interior de una capa de proyecto de poliuretano de 5 cm y terminación mediante sistema de tabiquería prefabricada de yeso han propiciado que las demandas de climatización y calefacción, en una ciudad tan extrema como Granada, sean prácticamente nulas, obteniendo una calificación energética A.

**Palabras Clave:** Envoltente, Fachada Ventilada, Demanda Energética, Entorno

## INTRODUCCIÓN. DATOS DE PARTIDA

El centro de la ciudad de Granada, en el que se inserta la parcela objeto de la intervención, está compuesto por viviendas con la tipología de bloques de vivienda con alturas variables entre las dos y cinco plantas. Además, el viario sigue manteniendo su concepción original, presentando un entramado de calles y parcelas atomizado, generando edificios y calles de dimensiones reducidas.



Figura 1. Localización de solar de actuación

En este caso era necesario ofrecer una solución al encargo del promotor de la intervención, la proyección de un edificio unifamiliar en una superficie de parcela de 75 m<sup>2</sup>. La particularidad de la actuación aparece con la longitud que conforman la superficie y la tipología de las edificaciones colindantes, 20'00 m de profundidad por poco más de 3'00 m de ancho entre edificio plurifamiliar de cinco plantas sobre rasante y otro con uso hotelero de dos plantas sobre rasante.



Figura 2. Solar de actuación y edificaciones colindantes

## DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Los condicionante anteriores generaban llegar hacia una propuesta con un carácter vertical muy marcado, que a su vez necesitaría dotar de un fuerte componente estético a la medianería que se generaría en su lateral Sur.

El “poco ancho” obligaba a que los elementos estructurales adoptados robasen la menor superficie posible al uso residencial que se había de plantear, y a su vez, propiciasen la ejecución de un edificio de 4 plantas de altura. De ahí que se optara por la realización de Estructura metálica con forjados mediante chapa colaborante.

Este hecho propició la ejecución del esqueleto del edificio sin la utilización de elemento “tradicional” alguno, evitando con ello los acopios, apuntalamientos y demás medios auxiliares necesarios en la puesta en obra de hormigones o fábricas de ladrillo. Para propiciar la ejecución de la práctica totalidad de la envolvente desde el interior de las plantas y no necesitar sistemas de andamiajes (imposibles de colocar en el solar) se llegó a la conclusión de la idoneidad de uso del revestimiento tipo placas Sandwich anclado a la estructura principal mediante tornillería fijada en tubos con casco 3 mm horizontales separados 1500 mm soldados a los elementos verticales de la estructura. La superficie exterior generada por estas placas dio lugar a una superficie totalmente lisa sobre la que se anclaron otro entramado de tubos metálicos de sección 60x20 mm y espesor 1'50 mm de casco, en los que posteriormente, se atornillarían las grapas de apoyo de las piezas de revestimiento.



*Figura 3. Sección de fachada en la que se pueden apreciar de izquierda a derecha la pieza de revestimiento, el tubo de apoyo de dichas piezas, panel sándwich y estructura tubular auxiliar para anclaje de paneles*

Como se ha expuesto, en un ancho de 55 mm, se consiguió obtener la base principal sobre la que formar la envolvente del edificio sin restar medida a la superficie útil del interior de la vivienda, puesto que los elementos descritos hasta el momento, se localizan a partir de la línea exterior de la estructura metálica. Este hecho ha propiciado la total eliminación de los puentes térmicos de forjados y pilares puesto que los paneles pasan por la parte exterior de dichos elementos.

Interiormente, además del aislamiento incorporado en el núcleo de los paneles, se ha ejecutado un espesor de 5 cm de Proyectoado de Poliuretano obteniendo un espesor total de 85 mm de espesor y una completa hermeticidad entre juntas de elementos verticales y horizontales de la propia estructura y de los elementos que conforman los huecos de fachada.



*Figura 4. Proyectoado interior de elementos verticales y horizontales*

La terminación interior se ha realizado mediante la ejecución de tabiquería tipo prefabricada de paneles de yeso sobre perfilera de 40 mm y techos igualmente terminados mediante el mismo sistema

constructivo. De esta forma únicamente se ha utilizado un espesor de 80 mm en el interior de las dependencias en contra de los 150 a 200 mm que se habrían necesitado en el caso de plantear una envolvente con tabiquería cerámica en ambas caras.

Como elemento de terminación exterior, no tan sólo se ha buscado una solución técnicamente correcta, sino que era necesaria dar respuesta a la necesidad planteada por el vacío que propiciaba el solar en el que se inscribía. Debía ser el broche o remate a la manzana existente de 5 alturas la cual pasa de forma brusca a dos, generando un frente medianero que habría de ser tratado como una fachada urbana más, con los mismos materiales empleados en la fachada principal. La idea de volumen o prisma sencillo, llevó a la elección de un solo material para ser aún más discretos dentro del contexto urbano. El cromatismo que arrojan las vías colindantes y la propia en la que se inserta predomina las gamas de los grises, por este motivo se determinó la utilización de placas prefabricada de hormigón imitación a granito gris perla.

La naturaleza del material y versatilidad de creación nos ofrecía la posibilidad de dotar a las piezas de revestimientos de formatos acorde con la filosofía del concepto, predominio del carácter vertical, así se optó por un despiece uniforme de 1300 mm de altura por 300 mm de anchura.



*Figura 5. Detalle de piedras de revestimiento empleadas*

Estas piezas deberían ser ancladas al entramado de tubos verticales descritos anteriormente separados entre ellos 30 cm. Fueron utilizadas grapas de acero inoxidable de 2 mm de espesor compuesta de dos piezas unidas entre sí por un mecanismo de pinzado. Finalmente fueron taladradas a la estructura portante mediante tornillería autotaladrante.



*Figura 6. Detalle Grapa de apoyo*



*Figura 7. Puesta en obra de grapas*

## Resultados y datos obtenidos

El sistema desarrollado ha propiciado que la Demanda resultante en la Calificación energética de la edificación sea la siguiente:

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p>&lt;19.70 A</p> <p>19.70-32.0 B</p> <p>32.00-49.50 C</p> <p>49.50-76.20 D</p> <p>76.20-125.70 E</p> <p>125.70-147.00 F</p> <p>=&gt;147.00 G</p>	18,68 A	<p>&lt;10.00 A</p> <p>10.00-14.3 B</p> <p>14.30-20.40 C</p> <p>20.40-29.70 D</p> <p>29.70-38.70 E</p> <p>38.70-45.10 F</p> <p>=&gt;45.10 G</p>	12,33 B
Demanda de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)		Demanda de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	

## CONCLUSIONES

No tan sólo se ha obtenido un resultado alto en cuanto a los valores anteriormente reseñados, sino que la solución propuesta ha supuesto una reducción de peligrosidad a los trabajadores que han ejecutado la misma, ya que el 75% del conjunto se ha podido realizar desde el interior del edificio y se ha podido dotar al espacio existente de una fachada urbana que engloba el carácter esencial que impregna la zona.



Figura 8. Fachada Principal de la edificación resultante

# VIVIENDA EXPERIMENTAL DE CONSUMO CASI NULO MEDIANTE DISEÑO PASIVO Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES ADAPTADAS A LOS REQUISITOS ACTUALES

**Alberto Monreal Aliaga**, Arquitecto, Arquitecturas Naturales

**Elisa Durán Pérez**, Arquitecto, Arquitecturas Naturales

**Resumen:** Vivienda diseñada fundamentalmente con estrategias pasivas: orientación y captación solar, inercia térmica y utilización de la tierra como envolvente, ventilación cruzada natural y recogida de aguas pluviales. Estas, junto con la elección de los materiales y sistemas constructivos utilizados, nos ha permitido obtener una reducida energía en el ciclo de vida y un excelente comportamiento térmico y acústico a un precio sostenible. Las mediciones de consumo demuestran una demanda mínima. Sin refrigeración, la casa ha estado a 25º con una temperatura exterior de 45º.

**Palabras clave:** Cubrición Ajardinada, Ecodiseño, Bóveda Tabicada, Atrio, Reutilización, Inercia Térmica, Salud, ACV

## INTRODUCCIÓN

La vivienda unifamiliar que presentamos se terminó de construir en diciembre del 2014 en una zona limítrofe cercana al aeropuerto de la ciudad de Zaragoza y pertenece a una actividad de cuidado de animales, principalmente perros. Para el diseño fue preponderante el hecho de que la parcela estuviera en el campo, una necesidad propia de la actividad, con un alto contenido acústico por ladridos y aviones, además del clima continental zaragozano con inviernos más bien fríos, principalmente por el fuerte viento de baja temperatura y veranos muy cálidos. Al mismo tiempo, se buscaba disminuir en lo posible el impacto medioambiental de la construcción, tanto en su periodo de utilización como en el proceso de los materiales utilizados, su transporte y su demolición, e implementar la idea de casa saludable, favoreciendo la transpirabilidad de los cerramientos, introduciendo la luz y ventilación adecuadas y evitando la emanación de compuestos tóxicos de los materiales por evaporación o incendio.



*Figura 1. Fachada oeste y sur con atrios abovedados captando sol en invierno y sombreando en verano*

La sostenibilidad de la vivienda empieza por estar contenida ya en su dimensión, limitándose a 150 m<sup>2</sup> construidos (120,89 m<sup>2</sup> útiles) para un matrimonio con 3 hijos. El programa constaba de un salón-comedor, una cocina, 4 dormitorios, dos baños y un cuarto de lavar distribuidos en una sola planta que debía ser accesible con silla de ruedas. Sin embargo, la propiedad quería tener acceso de algún modo a una zona de estar a cierta altura para disfrutar de las vistas de la llana vega zaragozana. La continuidad de la tierra en la envolvente permitió dar acceso de forma natural a la cubierta ajardinada sobre las bóvedas sur.

Las soluciones adoptadas y, en concreto, las estrategias pasivas en el diseño, han conseguido que la casa tenga una demanda muy pequeña, consumiendo la calefacción según las mediciones y estimaciones realizadas 11,65 kw.h/m<sup>2</sup> año teniendo en cuenta que el usuario ha establecido un régimen variable de temperaturas interiores en invierno de entre 21,5º y 22,5º. El pasado verano, se dió una máxima de temperatura exterior de 45º, no sobrepasando las estancias en ningún momento y sin aporte de refrigeración, los 25º, lo que da una idea del comportamiento térmico de la casa en verano.

## ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO

### Envolvente de tierra ajardinada

Buscando la reutilización de materiales de cercanía, se eligió utilizar la tierra de la parcela removida por la construcción (se separaron los primeros 20cm para utilizarlos como sustrato) y parte de otra cercana, que iba a ir a vertedero, para sepultar la construcción. La solución conlleva un precio asequible para dotar de un buen comportamiento térmico-acústico a la vivienda en un clima continental y fuerte viento como es el de Zaragoza, así como para integrarla en el lugar. Por otro lado, su ajardinamiento permite aprovechar el enfriamiento evaporativo en verano, tanto en las cubiertas como en las fachadas sepultadas y fomenta la biodiversidad y la fijación de CO<sub>2</sub>.



*Figura 2. Fachada norte y laterales protegidas con tierra ajardinada*

La única cubierta no ajardinada es de teja tradicional, que marca la entrada y proporciona un porche de orientación norte muy fresco para los días estivales. Está realizada con cerchas de madera pino soria y vigas reutilizadas de una borda demolida de Viú, un pueblo del pirineo aragonés, lo que denota el esfuerzo en minimizar la energía imbuida en los materiales utilizados, tanto en su composición como en su transporte y demolición.

### Captación/Protección de sol mediante orientación de carpinterías y atrios acristalados/no acristalados

El tratamiento de las fachadas es muy diferente según su orientación. Así, la fachada sur muestra la estructura abovedada de la casa que se abre en forma de atrios. Estos tienen un sistema de vidrios móviles que cierran los atrios en los meses fríos para recoger el calor del sol sin interferencias de sombra. Para la acumulación del calor por el efecto invernadero, dentro de los atrios se ha realizado un revestimiento de 15cm formado por una argamasa de mortero de cal y todo el escombro machacado de la cerámica utilizada, de modo que se han anulado los residuos por cascotes. En los meses cálidos se recogen los cristales quedando los atrios abiertos y produciendo sombreado sobre la envolvente de las estancias.



Se crea, por tanto, una doble envolvente con la parte exterior adaptable a las condiciones exteriores que funciona muy bien térmica y acústicamente. En la actualidad, sólo se ha acristalado el atrio de la habitación principal, teniendo previsto el de los demás en un futuro cercano.

Este sistema también permite que en las noches estivales en las que el sonido de los ladridos es excesivamente molesto para dormir, ya que es cuando hay un mayor número de perros, se puede aumentar el aislamiento acústico de los dormitorios cerrando los atrios que se necesiten.

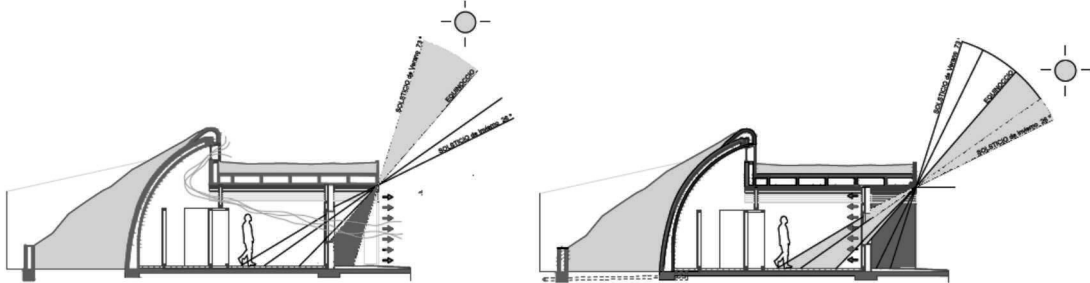


Figura 3. Sección transversal. Funcionamiento de los atrios en verano (izq.) sin cristal y en invierno (dcha.) con cristal

La estructura se eligió buscando minimizar el ciclo de vida (ACV) manteniendo los parámetros medioambientales, económicos y sociales, lo que nos llevó a utilizar un sistema constructivo tradicional actualmente en desuso como son las bóvedas tabicadas sobre muros de carga. Estos nos permiten realizar cimentaciones de hormigón en masa (más baratas y de menor ACV que las armadas) al repartir la carga en toda la longitud del muro, a pesar de la escasa capacidad de carga del terreno existente, además de servir de separación entre las diferentes estancias con unas cualidades acústicas y de inercia superiores a las convencionales. Aquellas nos permiten soportar la cubierta ajardinada de más de 30cm de tierra sobre bóvedas de 6cm de espesor de ladrillo caravista y tabiquillos, que también minimiza el ACV de la cubierta, permite disponer de una gran cámara para colocar los mayores espesores de aislamiento exigidos por la normativa actual (aquí se utilizó celulosa de 10cm de espesor proyectada sobre las bóvedas) y dota de singularidad a la construcción.

## Ventilación cruzada

La configuración de la semibóveda norte permite levantar por encima de las bóvedas sur unas ventanas rasgadas de orientación sur que configuran la ventilación cruzada desde los atrios, tal como se puede ver en el funcionamiento de verano de la figura 3. De esta forma se dota de luz natural y ventilación a la zona de paso hacia las habitaciones, así como a los cuartos húmedos y se facilita la ventilación nocturna en la época de calor. En la época fría y debido a su orientación, también captan calor durante los días soleados.

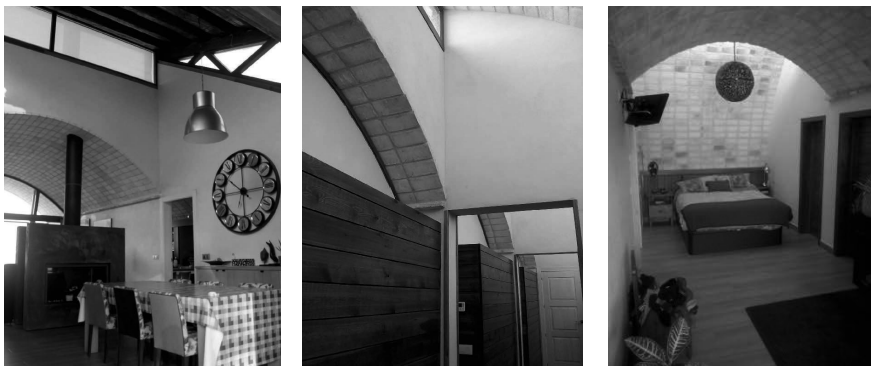


Figura 4. Interiores con vistas de las ventanas superiores para iluminar y ventilar

## Recogida de aguas pluviales

Otra estrategia es el drenaje perimetral de los cerramientos ajardinados, de manera que las aguas pluviales no utilizadas por la vegetación llegan limpias y filtradas por la tierra hasta el drenaje, el cual las conduce para su reutilización a un aljibe enterrado cerca de la vivienda.

## ESTRATEGIAS ACTIVAS Y SU CONSUMO

### Sistemas energéticos activos

Para obtener agua caliente y calefacción se eligió la aerotermia con distribución del calor por suelo radiante con agua. La máquina es una Genia Air 8/1 apoyada por un depósito de inercia de 150l y un depósito para agua caliente de 300l. Tiene limitada la salida de agua a 35º con el fin de que se le pueda considerar como energía renovable, tal como señala el documento del IDAE publicado en febrero del 2014 "Prestaciones Medias Estacionales de las Bombas de Calor para Producción de calor en Edificios". También tiene capacidad de refrigeración, aunque se ha demostrado innecesaria si se utiliza adecuadamente la ventilación nocturna.

Como apoyo y porque era parte del programa deseado por la propiedad, se ha instalado en el salón-comedor una chimenea de leña con potencia entre 11 y 23 kw y rendimiento del 76% que el propietario utiliza con asiduidad durante los meses fríos. Tiene cierres acristalados para evitar fugas de aire y aumentar el rendimiento.

Se tenía previsto colocar dos placas solares para apoyo de a.c.s. pero el propietario prefirió dejar por el momento la preinstalación, por lo que no se han instalado las placas y toda el agua caliente se consigue con la bomba de calor.

El usuario ha contratado la tarifa nocturna con los precios y horarios señalados en la Tabla 1. También se indica el régimen programado por el termostato de la calefacción, que se ha adaptado a dichas tarifas:

Tarifa	€/kw.h	invierno/año	verano	Programa termostato
T1	0,023	18 a 22 h	11 a 15 h	21,5º
T2	0,013	resto	resto	22º
T3	0,08	0 a 8 h	0 a 8 h	22,5º

Tabla 1. Tarifa eléctrica contratada y régimen de temperatura interior de calefacción

La regulación ha sido adaptada a la tarifa contratada, por lo que se ha configurado la centralita de la aerotermia para priorizar el funcionamiento de la máquina entre las 0 h y las 8 h. El precio pagado por los tres meses de este último invierno ha sido de 178 €.

La ventilación se asegura con un extractor Silentub-100 colocado en cada cuarto húmedo que lleva el aire por un tubo sobre las bóvedas hasta su expulsión por encima de las ventanas superiores. Se les ha colocado una compuerta antirretorno y un codo en la boca de expulsión para limitar la transmisión acústica y el paso de aire hacia el interior de la casa.

La iluminación de la casa se ha realizado mediante lámparas y lineales led para minimizar su consumo.

## Mediciones de consumos

Los datos obtenidos en las mediciones del consumo eléctrico de la máquina (Tabla II) muestran un consumo total de calefacción y a.c.s. de 1.921,4 kw.h, es decir, 14,8 kw.h/m<sup>2</sup>. Para separar el consumo de agua caliente, se han estudiado las gráficas diarias, estimando un consumo diario de entre 1,75 y 0,7 kw.h/día según los meses, dando un total anual de 423,3 kw.h. Habría que sumar el calor aportado por la chimenea, en la que se han utilizado unos 300kg de leña en el año (dato aportado por el propietario), lo

que equivale aproximadamente a 1,7 kw.h/m<sup>2</sup>. Por tanto, el consumo total de calefacción de la vivienda es de 11,7 kw.h/m<sup>2</sup>, tal como se muestra en la tabla II junto con los consumos por mes.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	Anual
	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	Kw.h	kw.h/m <sup>2</sup>
MEDIDA DE CONSUMO CALEFACCIÓN + ACS kWh/mes	345,3	312,1	310,9	89,9	46,0	21,7	21,7	21,7	21,7	46,0	195,8	488,7	1.921,4	14,8
CONSUMO ESTIMADO A.C.S. estimado entre 1,75 y 0,7 kWh/día	54,3	50,8	54,3	30,0	31,0	21,7	21,7	21,7	21,7	31,0	31,0	54,3	423,3	2,8
CONSUMO CALEFAC. AEROTERMIA restando el ACS kWh/mes	291,1	261,3	256,6	59,9	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	164,8	434,5	1.498,1	10,0
APORTE DE LA CHIMENEA (300 kg/año de leña)													250	1,7
<b>CONSUMO TOTAL ANUAL DE CALEFACCIÓN</b>													<b>1.748,1</b>	<b>11,7</b>

Tabla II. Medición mensual y anual de los consumos de calefacción y ACS

Estamos contrastando los consumos diarios con temperaturas, viento y sol de cada día, pero por el momento no parece haber una influencia decisiva entre los primeros, que al adaptarse a las horas valle junto con la propia inercia de la casa, hacen un funcionamiento muy homogéneo frente al clima, que se comporta de manera mucho más variable. Se muestra en la Figura 5 una gráfica comparativa de enero.

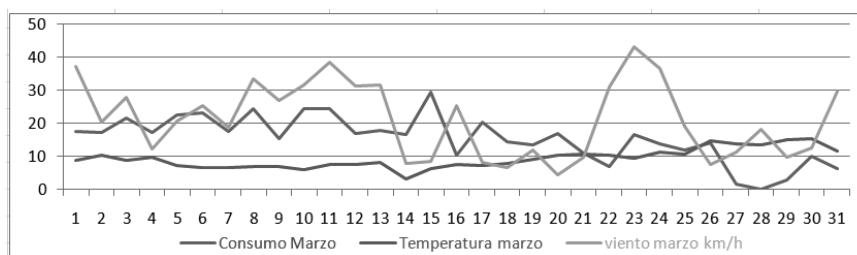


Figura 5. Comparación diaria entre el consumo de marzo 2016, el viento y la temperatura exterior

## MATERIALES EMPLEADOS Y CICLO DE VIDA (ACV)

Se han elegido materiales lo más naturales posible, locales y de bajo impacto con el fin de obtener una energía baja de ACV y garantizar una casa saludable y de bajo impacto en su demolición:

### Sistema Constructivo

- Estructura vertical: Muros de carga de bloque cerámico aligerado
- Estructura horizontal: Bóvedas cerámicas de ladrillo macizo manual y vigas de madera aserrada pino soria y en gran parte reciclada.



Figura 6. Bóvedas sur y bóveda norte en construcción

- Cerramiento Norte-Este-Oeste: Muro vegetal sobre estructura abovedada cerámica con cámara.

- Cerramiento Sur: Doble envolvente formada por Muro acumulador de cascotes-escombro recuperados con encofrado de cañizo y rollizos de madera reciclados y Atrio-invernadero con vidrio antivandálico (4+4) móvil.
- Cubierta: Azotea vegetal ajardinada transitable con especies autóctonas sobre tabiquillos y tablero machihembrado cerámico, formando cámara de aire ventilada.
- Impermeabilización: Lámina EPDM de fabricación española
- Aislamiento: Celulosa proyectada de 10 cm de espesor
- Carpintería: Madera pino soria tratada con aceites naturales de la casa Livos. En carpinterías de fachada sur, vidrio (4+4)/14/(3+3) y en fachada norte (4+4)/14/(3+3) Bajoemisivo
- Pavimentos: Baldosa de gres
- Revestimientos interiores: Mortero de cal en su color, madera pino soria y ladrillo macizo artesano.
- Revestimientos exteriores: Mortero de cal, tierra y vegetación, ladrillo macizo artesano en entrada.

## Sistemas energéticos

- Calefacción-ACS: Aerotermia Genia Air 8/1 (la temperatura de salida es a 35º para considerarla renovable) con sistema emisor por suelo radiante (tubos de polietileno reticulado).
- Preinstalación solar térmica para ACS. Las dos placas solares previstas aún no se han colocado.
- Sistema de recirculación para salida inmediata de agua caliente.
- Apoyo a la calefacción: Chimenea de leña en salón para (11-23 kw con rendimiento del 76%)
- Refrigeración: En principio con Aerotermia, aunque se ha demostrado en la realidad que no es necesaria (máxima temperatura detectada en salón = 26º y en dormitorios = 25º).
- Saneamiento: Tubos de polipropileno (sin PVC) Recogida de agua de lluvia mediante drenaje a depósito con filtrado a través de la propia tierra.
- Distribución de agua: Tubos de polietileno reticulado y calorifugación con la celulosa de la fachada.
- Electricidad: Tubos empotrar de polietileno (sin PVC) 0 Halógenos mecanismos de bajo impacto ambiental

El cálculo del Ciclo de Vida realizado con la base BDEC en relación a la utilización de materiales, transporte a obra de los mismos y colocación se expone en la Figura 4, consiguiéndose una emisión de 1.427 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y una energía primaria de 3.903 MJ/m<sup>2</sup> repartida por materiales según la Figura 5.

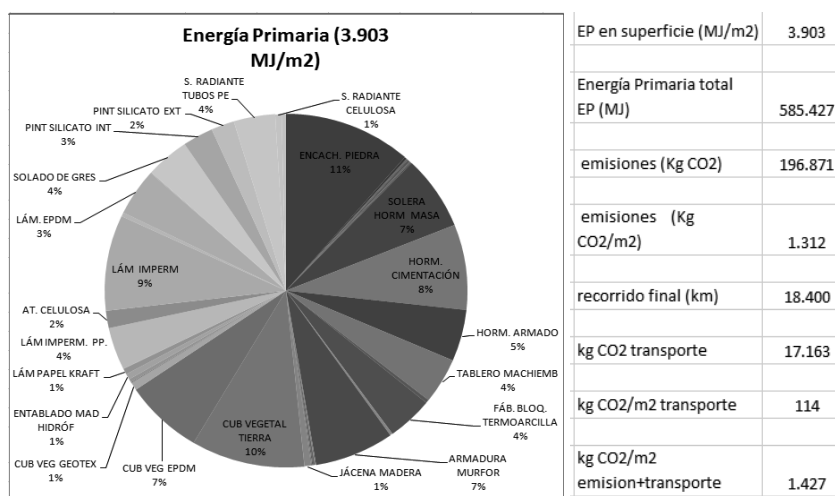


Figura 7. Energías totales y por m<sup>2</sup> consumidas para el ACV y porcentaje por materiales de la Energía Primaria

Aunque no se ha tenido en cuenta la energía necesaria para su demolición y reciclado, se estima baja al derivarse principalmente de madera y vidrio, que se puede reutilizar/reciclar fácilmente y escombros inertes provenientes de la albañilería (cerámica y morteros) y hormigones. La tierra quedaría en la parcela.

# HACIA EL NUEVO MODELO DE EDIFICIOS 0,0 - 92 VIVIENDAS NZEB EN TORREJÓN DE ARDOZ

**Miguel Díaz Martín**, Director Rlab, Ruiz-Larrea & Asociados  
**Gorka Álvarez Ugalde**, Director Diseño, Ruiz-Larrea & Asociados  
**Gabriel Ruiz-Larrea Fernández**, Arquitecto Rlab, Ruiz-Larrea & Asociados

**Resumen:** A lo largo de esta comunicación se expondrán cuáles son las nuevas herramientas y su manera de combinarlas y aplicarlas para que nuestros edificios no demanden nada más que lo estrictamente necesario, siendo capaces de acondicionarse con el mínimo consumo de recursos. Así, sistemas como la recuperación de calor, el exacto dimensionamiento de aislamientos y carpinterías, junto con el uso de materiales reciclables y renovables y la adaptación arquitectónica al clima se conviertan en las líneas de trabajo imprescindibles para elaborar una vivienda de consumo de energía casi nulo. Además

**Palabras clave:** Clima, Arquitectura Pasiva, Energía, Demanda, Consumo, NZEB, Adaptabilidad, BREEAM

## INTRODUCCIÓN

El mundo está cambiando y con ello nuestra mentalidad. No es una frase hecha, es una realidad. Nuestras ciudades tienen que dar respuesta a los cambios que están surgiendo del mismo modo que lo tienen que hacer nuestros edificios.

Los crecientes costes de la energía, el agotamiento de recursos y el cambio climático han orquestado todo este cambio de tendencia. Los planteamientos antes rechazados son ahora más que válidos para dar respuesta a las necesidades actuales.

0,0 \_La Sin de Solvia, proyecto ganador del concurso "Madrid 0,0", combina las nuevas herramientas para el "cambio" y las aplica en el desarrollo de las 98 viviendas en Torrejón de Ardoz promovidas por Solvia. Sistemas como la recuperación de calor, el intercambio tierra-aire, un control exhaustivo en el diseño para eliminar los puentes térmicos, unido a la minimización de las pérdidas mediante el exacto dimensionamiento de los aislamientos y de las carpinterías, consiguen crear un bloque de viviendas con una demanda energética mínima y un confort máximo, entendiéndolas como la evolución consecuente de una vivienda de bajo consumo energético.

## ARQUITECTURA ADAPTATIVA A LAS SOLICITACIONES CLIMÁTICAS

Antes de pensar la arquitectura de forma de cualquier proyecto, y en éste caso en concreto la de las viviendas de la calle Londres de Torrejón de Ardoz (Madrid), nos centramos en analizar el clima de la ubicación, para poder tomar las decisiones que aprovechen al máximo sus particularidades y favorezcan la reducción del consumo de energía del edificio.

## Estudio del clima

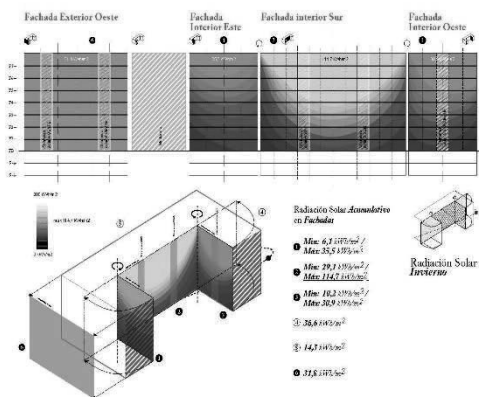
Esta localización pertenece a un clima mediterráneo continental, siendo una zona D3 del CTE. Conociendo los datos climatológicos obtenidos de los diferentes Observatorios Principales, y elaborando las gráficas pertinentes, podemos observar que la Tª media mínima correspondiente al mes de enero no llega a alcanzar 1ºC con humedades cercanas al 80%, dándose la máxima Tª en el mes de julio con 32ºC y una humedad cercana al 40%. En el caso de las precipitaciones se observa que se producen en la mayoría de los casos en los meses de invierno junto a abril y mayo, detectándose veranos muy secos con precipitaciones bastante escasas. A su vez, el análisis del régimen de los vientos nos ayuda a determinar cuáles son las estrategias que debemos de plantear para aprovecharnos o protegernos de ellos a lo largo del año. En este caso disponemos de vientos más frecuentes por el noreste aunque los de componente

suroeste son de mayor intensidad. Por este motivo nos interesa protegernos de los vientos del sur en invierno, a lo que nos ayuda el edificio de viviendas ya construido en la parcela, y en verano realizar una ventilación nocturna por el norte, ya que es de donde provienen los vientos frescos más frecuentes.

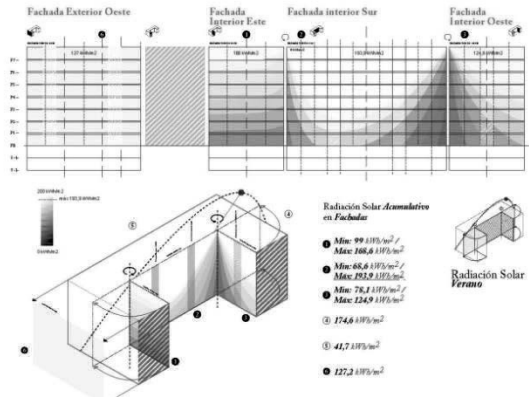
## Transformando en arquitectura: Radiación Solar Acumulativa

Al definir el volumen capaz del edificio, constreñido por una normativa ineficiente y adaptada a otros criterios que no son los que hablan en términos de consumo y demanda de energía, nos resulta contraproducente la forma en U orientada a norte, ya que se produce un autosombreamiento que nos incapacita para captar la mayor energía posible de forma pasiva. Dentro de esta definición, trabajamos para convertir el lugar en la mejor de las oportunidades posible y maximizar así su eficiencia. Entendiendo gracias al estudio del clima que necesitamos equilibrar los kWh/m<sup>2</sup> de captación solar en invierno y verano, se realiza un estudio de radiación tanto estacional como anual. Es determinante simular la radiación solar incidente en las fachadas para así poder conocer el comportamiento térmico que tendrán nuestras viviendas en los diferentes períodos del año respecto a la radiación solar recibida y, con los datos resultantes, poder dimensionar las pieles que realizan el intercambio energético o protección con el exterior. En verano, en función de la altura y con un diferencial por las propias sombras, la radiación que se percibe puede ser de entre 2 a 4 veces más de la que se recibe en invierno (de 0,6 a 2,8 kWh/m<sup>2</sup>), por lo que las estrategias más comunes que deberemos de realizar corresponderán a la protección solar en verano y la captación en invierno.

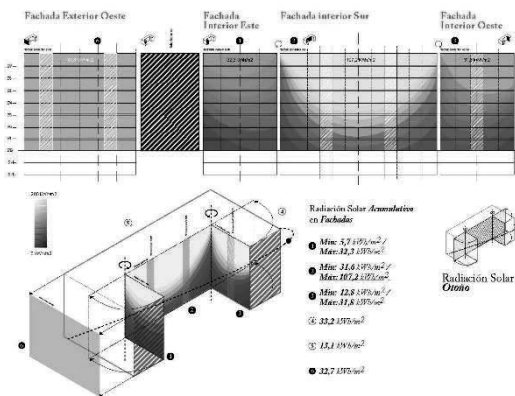
### A Radiación Solar Invierno



### B Radiación Solar Verano



### C Radiación Solar Otoño



### C Radiación Solar Primavera

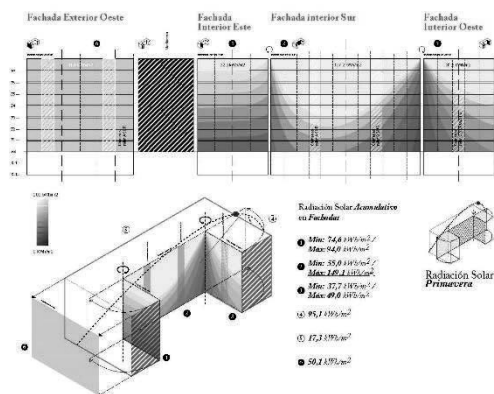


Figura 1. Estudio de la Radiación Solar Acumulativa en las diferentes fachadas durante un año

## Mi edificio es mi vivienda: Galería Solar

Nos propusimos como premisa el conseguir tanto en refrigeración como en calefacción una demanda límite de 15kWh/m<sup>2</sup> para dimensionar los sistemas activos de forma exacta, basándonos en el concepto de Passivhaus pero adaptando sus criterios a las particularidades climáticas de nuestra ubicación. Por ello, tras el estudio de la radiación, entendimos que no podíamos tratar todas las viviendas de la misma manera, ya que no recibían la misma radiación durante el año. Se trabaja cada vivienda estudiándola y simulándola independiente del resto, redefiniendo los espacios a aislar, entendiendo que realizamos viviendas adiabáticas y por tanto no tenían por qué intercambiar energía con el resto, teniendo por tanto que climatizar lo estrictamente necesario. Así surge el concepto de *Mi edificio es mi vivienda*, adaptando la “piel” a cada ubicación y altura, aislando perfectamente los paramentos y controlando las demandas, de manera que se produjesen sobredimensionamientos.

Consecuencia de ello son elementos pasivo-activos que nacen o se adaptan en el proyecto como el “muro de inercia/emisor térmico”, la “chimenea solar” o la “galería solar”. Por ejemplo, en el caso de ésta última, no está diseñada en función del uso sino del clima, capaz de transformar esa energía solar (kWh/m<sup>2</sup>) recibida en calor, siendo nuestro elemento principal de captación en invierno y retranqueándose en verano para sombreadarse y configurar un espacio intermedio climático en forma de terraza, que además en los entretiempos nos hiciese estar en rango de confort mediante técnicas de acondicionamiento pasivo. La adaptabilidad de la galería permite poder reducir la demanda de calefacción cuando el vidrio está en la posición más cercana al exterior para la captación solar, y la demanda de refrigeración, cuando el vidrio esta retranqueado. Se compone de dos pieles móviles en diferentes posiciones dependientes de las solicitaciones externas e internas, además de una tercera piel de lamas que favorecen el sombreadamiento, la ventilación, y el enfriamiento evaporativo.

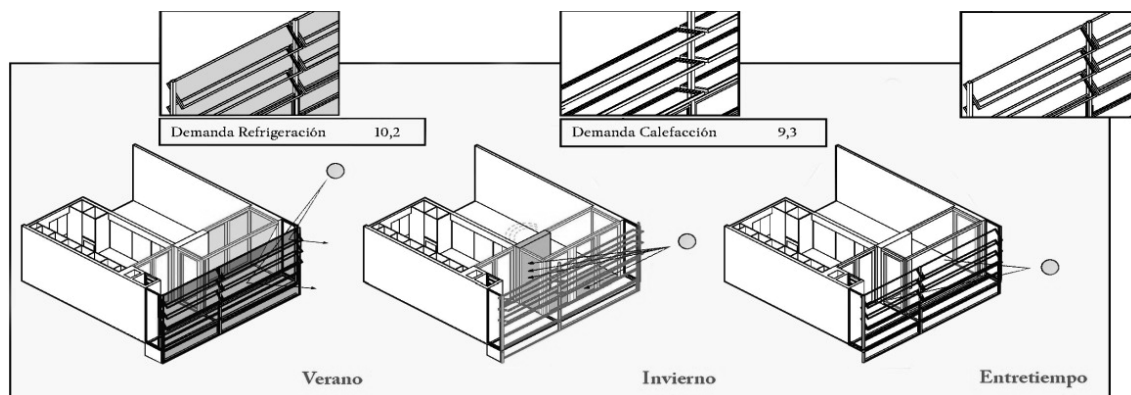


Figura 2. Estudio de las demandas con el movimiento de la galería en la fachada sur planta 4ª central

## FUNDAMENTOS DE LA VIVIENDA 0,0

Ante el reto de “Madrid 0,0” promovido por Solvia y el Colegio de Arquitectos de Madrid, se empezó a proyectar un edificio teniendo en cuenta su baja demanda energética no como un fin, sino como un punto de partida, que nos acompañase en cada decisión de proyecto. Además de diseñar un edificio con criterios pasivos, y para poder lograr nuestro objetivo, nos basamos en cinco pilares fundamentales:

**+ Minimizar las pérdidas mediante un correcto aislamiento y espesor adecuado al clima. Entenderlo como un elemento para conservar la energía:**

Estos nuevos niveles que redefinen los límites que debemos exigir a nuestras viviendas pasan por adecuar el tipo de aislamiento y el espesor al clima en el cual nos situamos. La capacidad de éste material no es solo la de protegernos contra el frío, sino que es igual de importante y efectivo para protegernos contra el calor. El aislamiento tiene que empezar a pensarse para la estación de verano como se ha hecho hasta

ahora para la estación de invierno. Lo fundamental, como principio elemental en esta nueva concepción térmica de vivienda, es conservar la energía que nos hace estar en confort.

**+ Perfectos detalles constructivos para evitar los puentes térmicos.**

La premisa básica es conseguir una construcción libre de puentes térmicos. Se tienen que pensar, calcular y ejecutar correctamente en todos los encuentros, para conseguir así no derrochar nada de energía. Por ello es tan importante la continuidad del aislamiento en todos los paramentos de nuestras viviendas. En el proyecto objeto, este aspecto se resuelve al independizar térmicamente el espacio habitable y acondicionado de la estructura por todas sus caras y separarlo, de la misma manera, del resto de espacios, lo que nos permite tener solucionados los encuentros con la menor pérdida energética posible.

**+ Estanqueidad al aire, una premisa necesaria:**

La estanqueidad está totalmente garantizada ya que se plantea una envolvente continua sin juntas. Los puntos que podrían considerarse débiles, por los que se producen la entrada de instalaciones, están controlados mediante unos espacios en los testeros de las viviendas. De la misma manera, las carpinterías propuestas son específicas para garantizar la hermeticidad. Así, no confiamos la ventilación a la permeabilidad de la envolvente sino que la realizamos mediante el equipo de ventilación que utilizamos para la renovación de aire.

**+ Sistemas activos basados en la recuperación de calor.**

Proponemos utilizar un Sistema VMC de Doble Flujo Plurifamiliar Centralizado que se basa en un sistema de ventilación que consta de dos extractores colectivos en cubierta por cada bloque de viviendas, grupo de insuflación para insuflar el aire nuevo del exterior hacia dormitorios y salones, grupo de extracción para expulsar de cocinas, baños y aseos el aire viciado. Cada vivienda dispondrá de su propio recuperador de calor lo que permitirá la recuperación de hasta un 94% de las calorías del aire extraído gracias al intercambiador de alto rendimiento de cruce de flujos.

**+ El hueco: precisión de la piel como fuente de calefacción.**

El principal problema del hueco es que se convierte en el principal puente térmico que tiene una vivienda. Por ello y para convertirlo en el principal elemento de captación solar en el invierno, el hueco está calculado para encontrar el equilibrio perfecto entre estos dos condicionantes, lo que nos da valores de transmitancia para Madrid de hueco en torno a los 0,5-0,8 kWh/m<sup>2</sup> y un Factor Solar entre 0.4 y 0.55, en función de su altura y la radiación solar recibida. En verano, estos huecos se acompañan de una piel exterior, compuesta por lamas y un voladizo, que le garantizan estar en sombra. En invierno, este vidrio se proyecta en su plano más exterior, de forma que queda totalmente expuesto a la radiación solar, y así, ayudamos a la climatización del espacio interior.

## LAS ESTRATEGIAS DEL CAMBIO

A continuación, detallamos otras estrategias de implantación en el proyecto, que se han estudiado y concebido desde la fase de diseño, para fomentar el acercamiento a conseguir un residencial nZEB.

1. Efecto Isla de Calor: Se estudia la vegetación a implantar en toda la parcela y en el entorno más inmediato para crear un microclima que trabaje el confort a escala urbana y evite el efecto "isla de calor".
2. Ventilación natural: las viviendas están diseñadas también para el periodo de entretiempo, pudiendo así aprovechar las condiciones favorables del clima de primavera y otoño, llegando al confort con estrategias pasivas como la ventilación natural cruzada.
3. Envolvente norte: La piel que cierra el edificio al norte se tecnifica mediante una serie de capas que protegen las viviendas de la pérdida energética por dicha fachada. Además, los armarios generan un colchón térmico que aísla la vivienda en su peor orientación.



4. Flujo de viento planta baja: En planta baja se libera espacio en las esquinas para dar acceso a garaje y en el testero este para canalizar los flujos de personas y aire provenientes del pasillo peatonal verde al que se vuelca la edificación.
5. Intercambio Tierra-Agua: es residencial se alimenta, para cubrir la demanda y por tanto el consumo que es necesario cubrir, de energía renovable que es generada mediante sondas geotérmicas que extraen del terreno la energía de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente.
6. Cubierta árido reciclado: La cubierta se resuelve, en el espacio para alojar instalaciones, con árido reciclado obtenido del proceso de valorización del escombros de otras construcciones o de desechos urbanos.
7. Usuarios finales: Los inquilinos al entrar en el edificio reciben una formación y un manual para poder sacar el mayor rendimiento al edificio. Se les hace partícipes del funcionamiento de su vivienda, aprendiendo a usarla según sus necesidades.

## MAS ALLÁ DE LA ENERGÍA DE TU VIVIENDA

El problema actual no es sólo energético, aunque todo ello es transformable en la misma. Entendemos la sostenibilidad como una red de responsabilidades global que no es sólo abarcable desde un aspecto, sino que tiene que ser entendida desde múltiples aspectos, diferentes disciplinas y puntos de vista. Un proyecto puede ser de consumo de energía casi nulo, pero derrochar agua o utilizar en su concepción materiales derivados del petróleo con una energía incorporada mayor de la que van a ahorrar en todo el ciclo de vida del propio edificio. Por ello además, en el caso de las 92 viviendas de Torrejón de Ardoz, está proyectado para el cumplimiento de los criterios BREEAM y ViveCOAM. Esto se corresponde con un conjunto de herramientas avanzadas y procedimientos encaminados a medir, evaluar y ponderar los niveles de sostenibilidad de una edificación, tanto en fase de diseño, como en fase de ejecución y mantenimiento, contemplando las particularidades de cada uno de los requisitos y categorías aplicables: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso del Suelo y Ecología y Contaminación.

## CONCLUSIONES

Este residencial, combina a la perfección los sistemas pasivos con los activos, junto a la utilización del máximo de fuentes renovables para cubrir la demanda de energía, encontrando el equilibrio en el sistema que haga maximizar las ganancias que el lugar nos puede aportar y minimizando el impacto que nuestra actuación tiene en el entorno más inmediato. Por ello, y basados en los aspectos antes mencionados, se desarrollan sistemas pasivos como la “galería climática”, las “chimeneas solares” o el “muro de inercia” para captar y almacenar la energía proveniente del Sol, y sistemas activos como la geotermia con intercambio tierra-agua, que dotan a la vivienda de las necesidades, aunque ya minimizadas, de calefacción, refrigeración y ACS.

Las 92 viviendas de Torrejón de Ardoz marcan el camino de la eficiencia y la sostenibilidad global para los residenciales del “*Nuevo Modelo de Habitar*”.

## AGRADECIMIENTOS

A César Ruiz-Larrea y Antonio Gómez, por su confianza.

# VIVIENDA UNIFAMILIAR, DE 300 M2, CALIFICACIÓN ENERGÉTICA A, USANDO ARQUITECTURA SOLAR PASIVA Y GEOTERMIA

**Juan José Tejedor Hernández**, Arquitecto, Arquitecto  
**Sandra Sánchez Matéos**, Arquitecto Técnico, Arquitecto  
**Gonzalo Tejedor Panchón**, Ingeniero Técnico Industrial, GISA  
**José Manuel Rodríguez Márquez**, Ingeniero Técnico Industrial, GISA  
**José Antonio Cobos Saiz**, Ingeniero Industrial, ISSOS

**Resumen:** En 2014 se comienza con el diseño de una edificación destinada a vivienda particular, en la que se opta por un diseño en el que prima la arquitectura solar pasiva, de modo que se reduzcan al mínimo las demandas energéticas de la vivienda, minimizando costos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Para lograr la máxima confortabilidad térmica, nos apoyamos en un sistema geotérmico con dos perforaciones de 100m de profundidad, el cual suministrará energía al suelo radiante (frio-calor), al agua caliente sanitaria y al agua de la piscina. Logrando con ello una edificación con calificación energética A en proyecto. Se implementa el sistema con una piscina desbordante a un gran patio inglés que ayudará a refrescar la vivienda conjuntamente con la ventilación cruzada. La fecha prevista de conclusión de las obras es para julio de 2016.

**Palabras clave:** Arquitectura Solar Pasiva, Geotermia, Calificación Energética A, Edificio Energía Casi Nula, Ventilación Natural

## INTRODUCCIÓN

La principal finalidad que se persigue al proyectar un edificio de consumo de energía casi nula es la de alcanzar el mejor confort térmico en verano e invierno, así como lograr la máxima cantidad de iluminación natural, reduciendo al máximo el combustible en calefacción, ventilación y refrigeración, con lo que la propiedad ahorrará dinero y la edificación emitirá menos dióxido de carbono a la atmósfera durante su vida útil.

Las estrategias de proyecto se sustentan en dos puntos, el primero en el propio diseño del edificio, y el segundo en el apoyo con sistemas externos que ayuden a mejorar la eficiencia energética alcanzada con la arquitectura solar pasiva (definida como aquella que utiliza la energía solar para calefacción, ventilación o acondicionamiento de los edificios, sin el consumo de los sistemas energéticos convencionales o electricidad y no aplicando movimiento mecánico de fluidos o elementos).

## EL PROYECTO

La parcela donde se enclava la edificación es una parcela rectangular de dimensiones 20.32m x 25.50m, con superficie de 518.16m<sup>2</sup>, las parcelas colindantes son de las mismas características. Alineada a vial con un intenso tráfico rodado, pero separada de este por un generoso acerado, carril bici y aparcamiento de vehículos en línea.

La edificación a diseñar se trata de una vivienda unifamiliar aislada para una familia de cinco miembros, la cual se desarrollará en dos plantas y sótano. La mayor parte de la vida diaria de los usuarios discurrirá en planta baja, en ella encontramos el acceso a la vivienda, un despacho, un aseo, cocina-comedor y salón, en planta primera encontramos 4 dormitorio, uno de ellos con vestidor y baño propio, y un baño de planta y el lavadero de la vivienda. En el sótano se encuentra un segundo salón, el distribuidor de la escalera, un trastero y un espacio destinado a todas las instalaciones de las que estará dotada la vivienda. El sótano queda abierto a un gran patio inglés que sirve para dotar de iluminación y ventilación natural a todo el

sótano. Sobre uno de los paramentos del patio inglés desborda la piscina que se encuentra en el jardín interior de la parcela, localizado a la misma cota de la planta baja de la vivienda.

## METODOLOGÍA

La metodología a seguir es doble, en principio intentaremos realizar un diseño de la edificación utilizando los diferentes elementos que nos ayuden a un diseño apoyado en la Arquitectura Solar Pasiva, consiguiendo de esta forma la máxima eficiencia energética de la vivienda. Posteriormente, nos apoyaremos en sistemas para lograr la máxima eficiencia energética.

### El diseño acorde a la arquitectura solar pasiva

Al comenzar el diseño nos enfrentamos a una serie de elementos a tener en cuenta y que afectarán al resultado final de la edificación, estos son:

- Variables
  - o **No controlables**
    - Climatología
    - Estacional
    - Día/noche
  - o **Controlables**
    - Persianas
    - Vegetación
- Fijos
  - o **No controlables**
    - Uso
    - Situación
    - Emplazamiento
    - Accidentes geográficos
  - o **Controlables**
    - Orientación
    - Forma
    - Distribución
    - Volumen
    - Materiales
    - Huecos

En el diseño de la edificación tendremos que coordinar todos aquellos factores, variables o fijos, y controlables o no controlables, para lograr un funcionamiento lo más favorable para alcanzar el fin deseado, que no es otro que la máxima confortabilidad (térmica y lumínica) a lo largo de la vida útil de la edificación.

Al comenzar con el diseño, y paralelamente a concretar con la propiedad, que destinará el uso de la edificación a vivienda (factor fijo y no controlable), cuál será su programa de necesidades, se estudia la trayectoria solar en la parcela en la que se ubicará el edificio. En el caso que nos ocupa, la fachada principal está orientada al noroeste, (factor fijo y no controlable), por lo que será hacia el interior de la parcela donde desarrollemos las estancias diurnas en planta baja (salón y cocina) y el dormitorio y baño principal en planta primera, buscando de esta manera la mejor distribución posible (factor fijo y controlable).

Se realiza un estudio de aberturas en fachada, (factor fijo y controlable) convenientemente orientados y dimensionados captan la energía solar reteniendo el calor por efecto invernadero, a la vez que se dotan de voladizos en los dinteles, de diferentes longitudes, acordes a la orientación (mas elongados en el sur-este y menos en la cara noroeste), de tal forma que evitarán la incidencia solar en época estival (momento en el que el sol se encuentra en posición más alta) y la posibilidad en época invernal (momento en el que

es sol se encuentra en posición más baja), (factores variables y no controlables). Realizando un modelizado de la edificación con un programa informático, conseguimos saber la incidencia solar en las diferentes épocas del año y en todas las fachadas, de manera que podemos ir variando los huecos y los voladizos sobre estos para controlar la entrada del sol en cada una de las estancias de la vivienda.

Al programa de necesidades de la propiedad, se añaden una serie de elementos que incrementarán el ahorro energético de la edificación, como son:

- la abertura de dos alturas en el vestíbulo de la vivienda, dotada con un acristalamiento de suelo a techo (6,5m de altura) orientada hacia la salida del sol, de manera que nos acogerá los primeros rayos solares de la mañana.
- caja de escalera abierta desde planta sótano hasta planta primera.
- patio inglés de 60m<sup>2</sup>, que dotará de iluminación natural al sótano, servirá de zona de juego y conjuntamente con la caja de escalera, dispuesta en el centro de la edificación, y la abertura de dos alturas en el vestíbulo ayudará a conseguir una corriente de ventilación que cruzará toda la vivienda.

Todo ello lo hacemos buscando un diseño compacto y un volumen sencillo, que evite las pérdidas energéticas.



Fachada Noroeste



Fachada Sudeste

Figura 1. Modelizado para estudios solares de fachadas

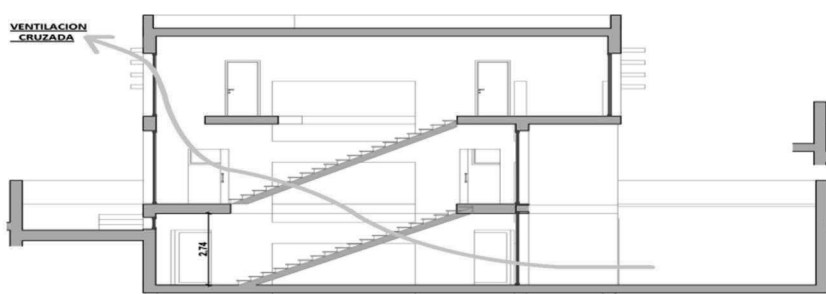


Figura 2. Ventilación natural cruzada en la vivienda

Hasta este momento tan sólo hemos estudiado factores de diseño en la edificación, en consenso con la propiedad, pero que no afectan a aspectos económicos en su construcción. La eficiencia energética la incrementamos actuando en la masa térmica, la cual tiene como finalidad almacenar la energía captada, para cederla posteriormente al interior de la edificación, de la fachada, optando por un cambio de construcción de un cerramiento convencional (enfoscado + citara + embarrado + aislamiento + tabique + enlucido), por otro de mayor inercia térmica y mejor aislamiento (material porcelánico + cámara aire + aislamiento + enfoscado + citara + embarrado + cámara aire + citara + enlucido). Así mismo, la cubierta se resuelve mediante cubierta invertida terminada con grava.

## Sistemas de apoyo

Para lograr una mayor confortabilidad (térmica) en la vivienda y no tirar de recursos convencionales como son la electricidad o el gas, nos apoyamos en dos sistemas que nos ayudarán a calefactar-refrigerar la edificación.

Para ello partimos, entre otros, de los datos aportados por el programa LIDER, y los datos de proyecto y los del estudio geotécnico, siendo estos datos:

Demanda energética para calefacción + ACS (kWh/año)		15.530,9	
Demanda energética para refrigeración (kWh/año)		8.834,7	
Potencia calorífica mínima (kW)		11.8	
Potencia frigorífica mínima (kW)		14.7	
Características de la bomba de calor	Potencia nominal de calefacción (kW)		11.8
	Potencia nominal de refrigeración (kW)		14.7
	COP calefacción (especificar condiciones)	valor	4.7
		condiciones	B5W35 ΔT5K (EN14511)
	EER refrigeración (especificar condiciones)	valor	6.1
		condiciones	B25W18 ΔT5K (EN14511)
	Potencia eléctrica nominal en calefacción (kW)		2,5
	Potencia eléctrica nominal en refrigeración (kW)		2,4

Figura 3. Datos de partida

Conductividad térmica del terreno (W / m K)	2,2	estimada	X
		real	
Documentación de estudio, cartografía y otra información disponible para la caracterización del terreno tenida en cuenta en el dimensionamiento del intercambiador y sistema de sondeo.			
MAGNA 50 (2ª SERIE)> HOJA 1048 – JEREZ DE LA FRONTERA			
Herramienta de simulación de las temperaturas del suelo en los años de vida útil de la instalación	EARTH ENERGY DESIGNER		
Temperaturas mínima y máxima del yacimiento geotérmico a 25 años.			-3
			39,50
Se confirmará mediante test de respuesta térmica del terreno (Altamente recomendado para instalaciones que superen los 30 kW de potencia)			Sí
			No X
Material y características del intercambiador geotérmico	SONDA PE 100 PN 16 SIMPLE D40		
Fluido utilizado en el intercambiador geotérmico	AGUA+PROPILENGLICOL (30%)		
Tuberías de conexión horizontal y colectores	DIAMETRO 40 MM +ARQUETA		

Figura 4. Datos de partida

## Piscina desbordante

Se dispone una piscina desbordante hacia el patio inglés, la cual refrescará esta zona, y en el momento en el que se abran las carpinterías del salón de planta sótano y la de la abertura a doble altura en el vestíbulo, lograremos una mejor corriente de aire que nos refrescará la vivienda.

Si bien este sistema podría parecer en principio que podríamos englobarlo dentro de los sistemas de arquitectura solar pasiva, no es así, dado que necesitamos reconducir el agua del vaso de recogida en el patio inglés hacia la piscina situada en planta baja, contradiciendo el principio de definición como aquella que utiliza la energía solar para calefacción, ventilación o acondicionamiento de los edificios, sin el consumo de los sistemas energéticos convencionales o electricidad y no aplicando movimiento mecánico de fluidos o elementos.

## Geotermia

Aprovechando la energía calorífica de la tierra, mediante la captación de dos pozos de 100m de profundidad separados 7 m entre sí, se proyecta una instalación que dará servicio al ACS, suelo radiante (calefacción y climatización) y calefacción del agua de la piscina.

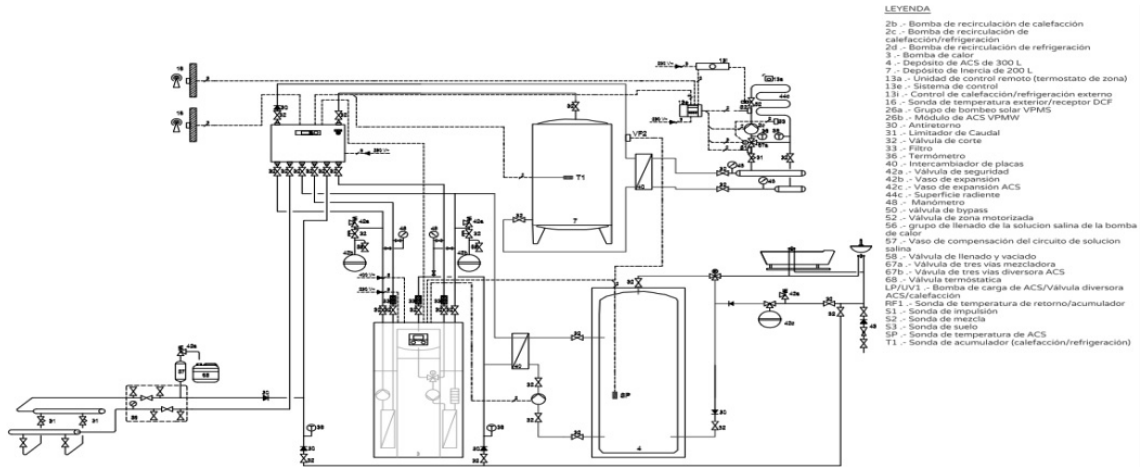


Figura 5. Esquema instalación de geotermia

## CONCLUSIONES

Con esta instalación logramos un ahorro y una calificación energética como se muestra en los siguientes cuadros:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	Edificio Objeto		
<4,4 A	4,0 A		
4,4-8,4 B			
8,4-14,2 C			
14,2-22,8 D			
22,8-44,3 E			
44,3-53,1 F			
≥53,1 G			
<b>Demanda calefacción</b>	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
	B	8,1	1291,3
<b>Demanda refrigeración</b>	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
	C	17,0	2692,5
<b>Consumo energía primaria no renovable calefacción</b>	B	7,5	1188,8
<b>Consumo energía primaria no renovable refrigeración</b>	C	15,9	2515,6
<b>Consumo energía primaria no renovable ACS</b>	A	0,0	0,0
<b>Consumo energía primaria renovable totales</b>	B	23,4	3704,4
	<b>Clase</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/año</b>
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> calefacción</b>	A	1,4	214,3
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> refrigeración</b>	B	2,7	426,1
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> ACS</b>	A	0,0	0,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> totales</b>	A	4,0	640,5

Figura 6. Resultados CALENER

Calefacción		Renovable	Convencional	
Sistema principal de producción		B.C. geotérmica	Gasoil	Ahorro
Demanda energética (kWh/año)		12.899	12.899	
Rendimiento		4,70	0,80	
Consumo energético (kWh/año)		2.744	16.123	13.379
Coste kWh sistema principal (€/kWh)		0,146	0,096	
Emisiones CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kWh)		0,649	0,287	
Coste total energía por consumo (€/año)		400	1.555	1.155
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /año)		1.781	4.627	2.846

Refrigeración		Renovable	Convencional	
Sistema principal de producción		B.C. geotérmica	Enfriadora aire-agua	Ahorro
Demanda energética (kWh/año)		8.835	8.835	
Rendimiento		6,10	2,20	
Consumo energético (kWh/año)		1.448	4.016	2.567
Coste kWh sistema principal (€/kWh)		0,146	0,146	
Emisiones CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kWh)		0,649	0,649	
Coste total energía por consumo (€/año)		211	585	374
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /año)		940	2.606	1.666

Suministro de ACS		Renovable	Convencional	
Sistema principal de producción		B.C. geotérmica	Gasoil	Ahorro
Demanda energética (kWh/año)		2.671	2.671	
Rendimiento		4,70	0,80	
Consumo energético (kWh/año)		568	3.339	2.770
Coste kWh sistema principal (€/kWh)		0,146	0,096	
Emisiones CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kWh)		0,649	0,287	
Coste total energía por consumo (€/año)		83	322	239
Emisiones totales de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /año)		369	958	589

Conclusiones		Sistema geotérmico	Sistema convencional	Ahorro
Consumo energético total (kWh/año)		4.761	23.478	18.717
Coste energético total (€/año)		693	2.461	1.768
Emisiones CO <sub>2</sub> total (kg CO <sub>2</sub> /año)		3.090	8.192	5.102
Ahorro energético total (kWh/año)		18.717	79,72%	
Ahorro coste total (€/año)		1.768	71,84%	
Ahorro emisiones total (kg CO <sub>2</sub> /año)		5.102	62,28%	

	Sistema geotérmico	Sistema convencional	Ahorro
Inversión	26.468	14.236	12.232,19 €
Ahorro anual primer año			1.768,02 €
Ahorro anual segundo año			1.948,08 €
Ahorro anual tercer año			2.146,37 €
Ahorro anual cuarto año			2.364,73 €
Ahorro anual quinto año			2.605,19 €
Ahorro anual sexto año			2.869,98 €
Ahorro anual séptimo año			3.161,54 €
Ahorro anual octavo año			3.482,58 €
Ahorro anual noveno año			3.836,06 €
Años de Retorno Exceso Inversión			5,5

Figura 7. Conclusiones

Los resultados aportados son de proyecto, y calculados con LIDER y CALENER, en el momento de concluir la edificación se realizará un nuevo cálculo de la calificación energética con HULC.

## AVANCE DE OBRA



Figura 8. Estado actual de las obras

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a D. Raúl Cerezo Zamorano, por el encargo a nuestro equipo para hacer realidad la vivienda que siempre ha soñado, y confiar en las soluciones de diseño y constructivas que le hemos presentado. Un buen proyecto sin un gran cliente detrás es imposible.

# APORTACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS A LOS EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA EN EL ARCO MEDITERRÁNEO

**Raquel Torres Marrades**, Arquitecta, Estudiante de Máster en Arquitectura Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño, Especialidad en Arquitectura Sostenible

**Resumen:** La construcción es una de las principales causas del calentamiento global, por lo que se están buscando alternativas que permitan reducir los niveles de CO<sub>2</sub> y así frenar el cambio climático. En este contexto surgen las certificaciones ambientales y los estándares de construcción. El *Passivhaus* es uno de estos estándares y reduce al mínimo la energía utilizada en el edificio. Está pensado para el clima frío del norte de Europa aunque se ha aplicado también en climas cálidos. En este trabajo se pretende llevar a cabo un análisis de cinco viviendas del arco mediterráneo, de cinco arquitectos distintos, construidas según el estándar pero sin llegar a cumplir todas sus exigencias. La finalidad es conocer las ventajas e inconvenientes que puede tener este tipo de edificios en un clima cálido, para de este modo poder aplicarlo a los edificios de energía casi nula.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Estrategias Pasivas, Eficiencia Energética, Edificios de Energía Casi Nula, Passivhaus

## INTRODUCCIÓN

El concepto del cambio climático lleva ya mucho tiempo conviviendo en sociedad. Pero parece que los datos científicos de los últimos años lo han probado definitivamente.

Con el tiempo el interés por los edificios sostenibles ha ido aumentando y ha hecho que se estudien métodos y estrategias que lo puedan llevar a cabo. Han aparecido, ya desde hace unos años, una serie de procedimientos que nos ayudan a ser sensibles con el medioambiente. Se trata de certificaciones ambientales, procesos que tienen en cuenta medidas como aprovechamiento del agua de lluvia, cercanía de transporte público, iluminación natural, etc.

En este contexto surgen también los estándares de construcción. En los que no solo nos sugieren medidas a tomar, sino que nos centran en unas exigencias constructivas y energéticas que hay que cumplir. Un ejemplo esto es el *Passivhaus*, un estándar de construcción alemán que reduce al mínimo la energía utilizada en el edificio. La primera vivienda construida con él data del 1990 y sigue monitorizada cumpliendo las expectativas. Poco a poco se ha ido construyendo más y más edificios, yendo más allá de la vivienda unifamiliar. Y se ha ido expandiendo por el resto del mundo.

## Antecedentes

El *Passivhaus* se ha pensado para el clima frío del norte de Europa, pero con el tiempo se ha ido estudiando e implantando para climas más cálidos. En España ya existen unos treinta edificios de este tipo, además de otros muchos que han seguido los parámetros pero no han sido certificados oficialmente. La mayoría de éstos se encuentran en las zonas más frías de la península, donde el clima se podría parecer más al del norte de Europa. En la zona mediterránea han ido surgiendo algunos edificios de estas características, al igual que se ha ido formando una idea entre los profesionales del sector de si es lo óptimo o no.

## Objetivo

En este trabajo se pretende llevar a cabo un análisis de viviendas del arco mediterráneo construidas según el estándar *Passivhaus*. Algunas de ellas están certificadas y otras no. La finalidad es conocer las ventajas e inconvenientes que puede tener este tipo de edificios en un clima cálido, para de este modo poder aplicarlo a los edificios de energía casi nula.



## ESTUDIO DE PROYECTOS

### Patio Haus

Vivienda unifamiliar en Sevilla, del arquitecto Juan Manuel Castaño Salvador. Se trata de una arquitectura contemporánea que utiliza la casa tradicional andaluza para dar soluciones a los distintos problemas.

Sevilla tiene un clima mediterráneo continental, con inviernos suaves y veranos cálidos. Esto le permite mantener el nivel de confort interior durante más tiempo a través de estrategias pasivas. La envolvente se mantiene con transmitancias térmicas entre 0,2 y 0,53 W/(m<sup>2</sup>K).

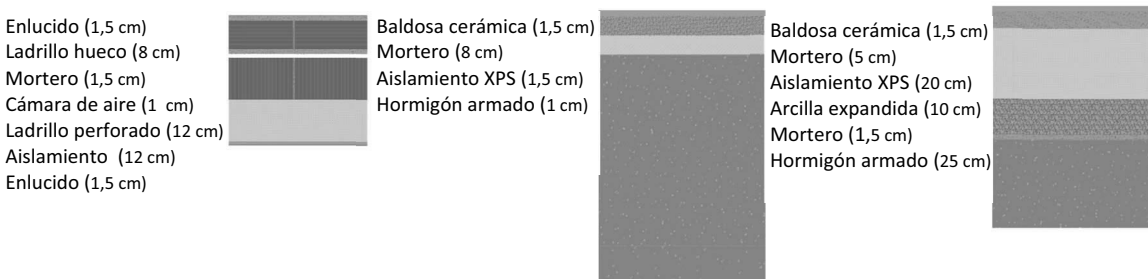


Figura 1. Sección muro tipo, planta sótano y cubierta, respectivamente

En cuanto a medidas pasivas, sobre el patio existe una cubierta de vidrio monitorizada con un toldo móvil que la cubre, de este modo se puede controlar el ‘clima’ de la vivienda. Además se incorpora agua, tanto en cubierta como en el patio, y vegetación, favoreciendo el enfriamiento por evaporación.

La ventilación activa se lleva a cabo mediante un recuperador de calor. Para los sistemas de calefacción y refrigeración se ha incorporado suelo radiante, y para el sistema de agua caliente sanitaria se han dispuesto dos paneles solares térmicos.

### AF1

Vivienda unifamiliar aislada ubicada en Castellterçol, Catalunya. El proyecto ha sido construido por Albert Fargas (constructor y promotor) y Jordi Fargas (arquitecto).

El clima existente es mediterráneo continental, con temperaturas más bajas que en Barcelona, a pesar de su cercanía; y donde las precipitaciones son abundantes gran parte del año. La envolvente del edificio consigue transmitancias entre 0,14 y 0,25 W/(m<sup>2</sup>K), por lo que se logra un nivel de aislamiento muy alto.

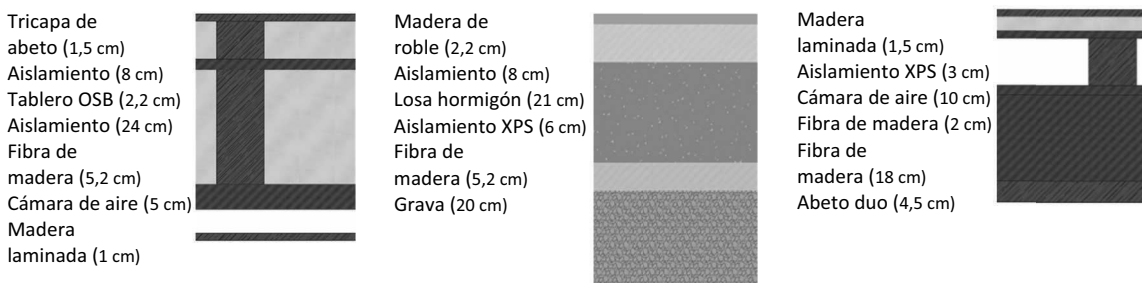


Figura 2. Sección muro tipo, planta sótano y cubierta, respectivamente

Para ayudar en el ahorro energético y mejorar el nivel de confort de la vivienda se buscan distintas estrategias bioclimáticas. Se diseña el edificio con una geometría simple, aumentando su compacidad. Y se incorporan estores exteriores plegables, como sistema de protección de huecos.

La ventilación activa se lleva a cabo mediante un recuperador de calor. El sistema de calefacción se realiza por aire, mediante una bomba de calor utilizada también para ACS. No se instala sistema de refrigeración.

## House MM

Vivienda unifamiliar aislada situada en Génova, Mallorca. Es un proyecto del estudio OHLab.

El clima de Palma es mediterráneo templado, caracterizado por veranos calurosos y secos e inviernos húmedos y frescos. Éste le permite tener un alto confort interior durante la mayor parte del año. No obstante, se sigue buscando el máximo aislamiento, con el fin de controlar al máximo la temperatura y las condiciones interiores. Por ello se construye una envolvente con transmitancias térmicas de entre 0,21 y 0,369 W/(m<sup>2</sup>K).

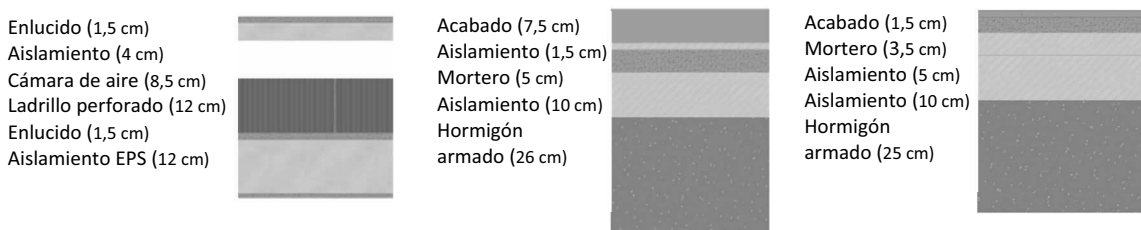


Figura 3. Sección muro tipo, planta sótano y cubierta, respectivamente

Uno de los aspectos más importantes en el diseño del proyecto ha sido conseguir adaptarlo a su entorno, haciéndolo más sostenible y favoreciendo el ahorro de energía. Cada pieza del proyecto se gira hasta obtener una orientación adecuada según su función. Además, se regula la temperatura de la vivienda mediante el uso de lamas a este y oeste, y voladizo a sur; la incorporación de vegetación como protección solar y enfriamiento, y la apertura de huecos que permiten la ventilación cruzada.

El sistema de ventilación activa es mediante recuperador de calor, como en el resto de viviendas. Se instala suelo radiante para calefacción y se decide no incorporar refrigeración. Para el ACS se usan placas solares.

## Proyecto Botticelli

Vivienda unifamiliar en Mascallucia (Sicilia) construida para la investigación de edificios de energía casi nula. Forma parte del proyecto europeo *PassREg* e implica al *Passivhaus Institut* y al Politécnico de Milán. Se encuentra en un clima cálido y templado, que permite que la vivienda sea acondicionada en gran medida por estrategias pasivas. A pesar de ello, se sigue buscando el máximo aislamiento de la envolvente. Lo consigue gracias a sus bajas valores de U, que se encuentra entre 0,13 y 0,23 W/(m<sup>2</sup>K).



Figura 4. Sección muro tipo, planta sótano y cubierta, respectivamente

La orientación de la vivienda responde a criterios de soleamiento, buscando la máxima radiación en todo momento. Para evitar el calentamiento en épocas de mayor temperatura se instalan elementos de protección en los huecos, se incorpora vegetación y agua para conseguir un enfriamiento por evaporación, y se favorece la ventilación cruzada.

Además del recuperador de calor, se instala una bomba de calor reversible alimentada por energía geotermia que nutre a los sistemas de calefacción y refrigeración. También se colocan paneles fotovoltaicos en cubierta, capaces no solo de producir energía para ACS, sino de producir energía por encima de las necesidades de la vivienda. De este modo no solo se autoabastece la vivienda, sino que vende energía a la red.

## Vivienda rural

Vivienda unifamiliar aislada situada en Cherasco, Italia. Es obra de la arquitecta Maria Grazia Novo, llevada a cabo con la ayuda de la empresa Rockwool. La idea del proyecto consistía en rehabilitar una antigua casa rural, adaptándola a las necesidades de los propietarios, siguiendo criterios bioclimáticos. Desafortunadamente, el precario estado les llevó a una reconstrucción integral.

El clima de la zona es más frío que en el resto de ubicaciones analizadas. Por ello hace falta un mayor esfuerzo para adecuar la vivienda. Las transmitancias de la envolvente siguen estando bajas, entre 0,123 y 0,29 W/(m<sup>2</sup>K) valores más que adecuados para aislar la vivienda.

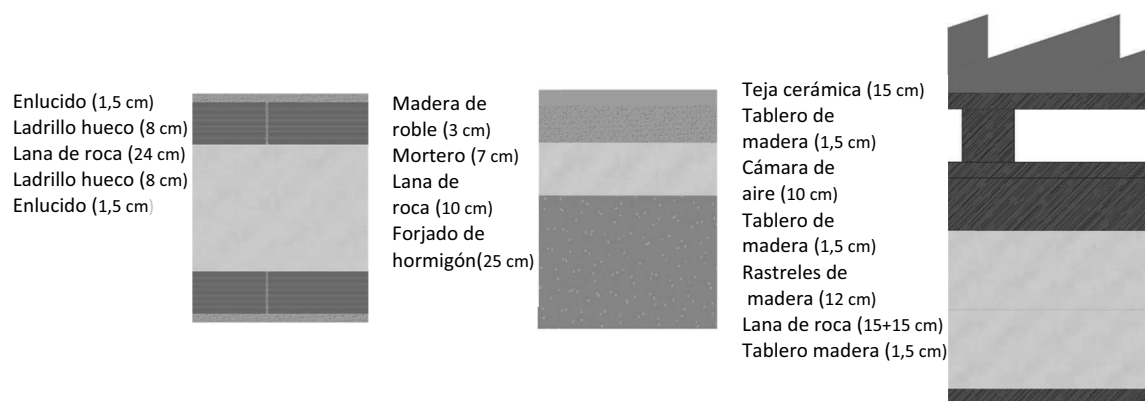


Figura 5. Sección muro tipo, planta sótano y cubierta, respectivamente

Aunque también se incorpora el sistema de ventilación mediante recuperador de calor, se llevan a cabo estrategias pasivas de ventilación nocturna. Todos los huecos del proyecto se encuentran retranqueados y con lamas para evitar la radiación en momentos no deseados.

El sistema de calefacción, refrigeración y ACS se alimentan mediante bomba de calor reversible con uso de energía geotermia, al igual que en la vivienda anterior.

## RESULTADOS

A continuación se ha realizado un cuadro resumen comparando los distintos aspectos de las viviendas.

	Patio Haus	AF1	House MM	Proy. Botticelli	Vivienda rural
<b>Orientación principal</b>	Sur	Suroeste	Sureste	Sureste	Suroeste
<b>Clima</b>	Frío 25% Moderado 33,3% Cálido seco 25% Caliente seco 16,7%	Frío 50% Moderado 33,3% Cálido seco 16,7%	Frío 25% Moderado 30% Cálido húmedo 45%	Frío 20,8% Moderado 39,6% Cálido húmedo 39,6%	Frío 50% Moderado 35% Cálido húmedo 15%
<b>Temperatura</b>	5-36 °C Tª media: 17,9°C	2,4-25,3 °C Tª media: 12,6°C	3-32 °C Tª media: 16,1°C	6-31 °C Tª media: 19,7°C	0,2-27,7 °C Tª media: 13°C
<b>Confort</b>	Sin ninguna estrategia: 14% Ventilación natural + Calor interno: 60%	Sin ninguna estrategia: 13% Ventilación natural + Calor interno: 49%	Sin ninguna estrategia: 7% Ventilación natural + Calor interno: 56%	Sin ninguna estrategia: 10% Ventilación natural + Calor interno: 61%	Sin hacer nada: 6% Ventilación natural + Calor interno: 40%
<b>Muro</b>	37 cm Ais.: 12 cm U= 0,22 W/(m²K)	46,9 cm Ais.: 8+24 cm U= 0,14 W/(m²K)	40,2 cm Ais.: 4+12 cm U= 0,23 W/(m²K)	56 cm Ais.: 20 cm U= 0,13 W/(m²K)	45,5 cm Ais.: 24 cm U= 0,135 W/(m²K)
<b>Solera</b>	71,5 cm Ais.: 5 cm Hor. Arm.: 50 cm U= 0,53 W/(m²K)	57,2 cm Ais.: 8+5 cm Hor. Arm.: 21 cm U= 0,25 W/(m²K)	50 cm Ais.: 1,5+10 cm Hor. Arm.: 26 cm U= 0,37 W/(m²K)	50 cm Ais.: 10+10 cm Hor. Arm.: 20 cm U= 0,23 W/(m²K)	45 cm Ais.: 10 cm Hor. Arm.: 25 cm U= 0,29 W/(m²K)
<b>Cubierta</b>	63 cm Ais.: 20 cm Hor. Arm.: 25 cm U= 0,2 W/(m²K)	40,5 cm Ais.: 18+2+3 cm Cám. aire: 10 cm U= 0,15 W/(m²K)	45 cm Ais.: 15 cm Hor. Arm.: 25 cm U= 0,22 W/(m²K)	70 cm Ais.: 15 cm Cám. aire: 5 cm U= 0,13 W/(m²K)	71,5 cm Ais.: 30 cm Cám. aire: 10 cm U= 0,172 W/(m²K)
<b>Carpintería</b>	Doble vidrio + argón	Triple vidrio + argón	Doble vidrio + argón	Doble y triple vidrio + argón	Triple vidrio + argón
<b>Estrategias pasivas</b>	- Protección solar - Vegetación y agua	- Protección solar - Volumen compacto	- Protección solar - Orientación - Vegetación - Ventila. natural	- Protección solar - Orientación - Vegetación y agua - Ventila. natural	- Protección solar - Ventila. natural
<b>Calefacción</b>	Suelo radiante [Demanda: 13 kWh/(m²a)]	Aire [Demanda: 13 kWh/(m²a)]	Suelo radiante [Demanda: 14 kWh/(m²a)]	Aire [Demanda: 11 kWh/(m²a)]	Aire
<b>Refrigeración</b>	Suelo refrigerante	No existe	No existe	Aire	Aire
<b>Energías renovables</b>	Solar [E <sub>neces.</sub> : 95 kW/h]	No existe [E <sub>neces.</sub> : 107kW/h]	Solar [E <sub>neces.</sub> : 111kW/h]	Geotermia, solar [E <sub>neces.</sub> : 88 kW/h]	Geotermia

Tabla I. Comparación de resultados

Podemos extraer distintos datos tras el análisis realizado:

- Orientación: sur, directo o desplazado algunos grados.
- Climatología: solo con dos estrategias simples, como es la ventilación natural y el aprovechamiento del calor interno, se consigue aumentar a más del doble el tiempo en que la vivienda permanece en confort (20-25°C), en comparación con no aplicar ningún sistema pasivo.
- Envoltente: a menor transmitancia térmica, más ahorro de energía se obtiene.
- Estrategias pasivas: cuanto más se adapten a la zona, mayor ahorro energético.
- Sistemas activos: el alto aislamiento de la envoltente reduce la demanda a mínimos.
- Energía: los bajos valores de energía requerida se pueden suplir fácilmente con energía renovable.

## CONCLUSIONES

Tras el análisis de las viviendas, corroboramos que la aplicación del estándar en la zona del Mediterráneo genera proyectos con bajo consumo energético y con un alto nivel de confort, al igual que en el resto de ubicaciones. Lo que hay que plantearse es: ¿son necesarias todas las exigencias del estándar en el clima mediterráneo? ¿Contempla los aspectos beneficiosos de los climas cálidos?

No hay que olvidar que la necesidad de construir edificios de energía casi nula no es por unas directrices europeas, sino que esas directrices han aparecido para dar respuesta a un problema global, el cambio climático. El modo más útil de ahorrar energía es adaptarse a las características del lugar: aprovechar el sol, el viento, el agua. En el clima mediterráneo existen grandes periodos de tiempo en que se puede vivir 'en el exterior' y esto es lo que debemos aprovechar. No hay que cerrarse completamente y crear un clima propio en la vivienda, sino aprovechar las condiciones climáticas exteriores siempre que se pueda. Por ejemplo, en países fríos es importante instalar recuperador de calor, puesto que no pueden ventilar naturalmente la vivienda debido a la baja temperatura. En cambio, en climas más cálidos el recuperador de calor es más bien prescindible, no aporta muchas más ventajas que la ventilación natural.

Según mi opinión, lo idóneo sería combinar aquellos aspectos beneficiosos de los climas cálidos con los del *Passivhaus*. Lo primero que habría que hacer es estudiar las condiciones climáticas del lugar, estableciendo las estrategias pasivas más adecuadas para mejorar el confort del edificio. Se trata de proteger los huecos de forma adecuada, para que se pueda disfrutar del sol en invierno y de la sombra en verano; favorecer la ventilación cruzada, que permita reducir varios grados la temperatura; orientar las estancias en función de su uso... En segundo lugar se construiría teniendo en cuenta cuatro de los cinco principios básicos del *Passivhaus*: aislamiento, hermeticidad, ausencia de puentes térmicos y carpinterías de alta eficiencia.

## METODOLOGÍA

La primera tarea ha sido realizar una búsqueda de viviendas *Passivhaus*, o construidas según el estándar, en todo el arco mediterráneo. Una vez encontrado un número considerable, se ha seleccionado únicamente cinco para estudiar con más profundidad. Los criterios de selección han sido conseguir un abanico de proyectos lo más diferente posible, atendiendo a temas de cercanía, clima, sistemas constructivos, etc.

Estas cinco viviendas se han analizado desde el punto de vista climático, constructivo, pasivo y activo. Se ha intentado en todo momento obtener datos que nos permitan equipararlas entre sí, pudiendo llegar a conclusiones más acertadas.

## REFERENCIAS

- <http://www.arquitectocastano.com> (febrero 2016)
- <http://www.farhaus.com> (febrero 2016)
- <http://www.ohlab.net> (marzo 2016)
- <http://www.rockwool.it> (marzo 2016)
- <http://www.sapienzaepartners.it> (abril 2016)
- <http://www.passivhausprojekte.de> (abril 2016)

## LOS RETOS DE LOS EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO PARA EL SECTOR INMOBILIARIO

**Lola Ripollés**, Madrid Office Director, Deerns Spain, Head of Project Management, Deerns Group  
**Ana Cunha Cribellier**, Head of Real Estate, Deerns France, Public Affairs & Communication Strategy  
Senior Advisor, Deerns Group

**Julien Daclin**, Environmental Performance Director, Deerns France

**Olivier Severini**, Managing Director, Deerns France

**Andrei Pawlaczyk**, Head of Mechanical Installations, Deerns Spain

**Resumen:** La presentación pretende dar una visión general de los retos a los que se enfrenta la industria de la construcción y el sector inmobiliario para alcanzar los objetivos de la Directiva de Unión Europea en lo referente a la eficiencia energética de los edificios EPBD, en particular, cuando se enfrenta al diseño de Edificios de Consumo Casi Nulo. Bajo esta perspectiva, Deerns presenta el estudio del caso del Proyecto de un edificio en Francia, destacando el enfoque de diseño adoptado, los objetivos de rendimiento definidos, los retos principales a afrontar por el mercado inmobiliario y por la industria de la construcción, y las soluciones adoptadas. La presentación profundiza en un proyecto que se terminó hace dos años, con los niveles máximos de certificación (HQE, BREEAM y LEED) y la certificación francesa para “edificios de bajo consumo energético” (edificios que consumen menos del 50% de lo estipulado reglamentariamente), haciendo hincapié en los impactos que sobre ellos tiene el alcanzar los objetivos de los Edificios de Consumo Casi Nulo. Por último, presentaremos el caso real de estudio de un ECCN o NZEB, teniendo en cuenta todos los consumos energéticos del inmueble, para ejemplificar de modo práctico la implementación de los conceptos abstractos que hayamos expuesto anteriormente.

**Palabras clave:** EPBD, NZEB, netZEB, ECCN, Diseño, Ingeniería

### EDIFICIOS DE CONSUMO NULO: EVOLUCIÓN O REVOLUCIÓN EN EL DESARROLLO DE LOS PROYECTOS.

En Europa, la EPBD, o Directiva II sobre el Rendimiento Energético de los Edificios, estableció que para el 2020, todos los edificios de nueva construcción, habrían de ser ECCN o nZEB, lo que equivale a decir que los edificios deberán de ser capaces de generar la mayoría de la energía que van a necesitar consumir durante su fase de uso, y que además habrán de ser diseñados para reducir drásticamente su demanda energética a través de instalaciones, equipamiento y cerramientos de alta eficiencia. Para poder lograr el objetivo muy ambicioso de generalizar los edificios pasivos, los miembros de la Unión Europea “Desarrollarán planes y normativas nacionales para el fomento de los ECCN”.

Apoyándose en casos de estudio reales, esta presentación pretende debatir los retos reales del diseño de Edificios de Consumo (casi) Nulo, subrayando cómo esta nueva ambición en lo referente a rendimiento energético, revolucionará de hecho, el modo en que los edificios se diseñan y posteriormente, funcionan u operan. Esta nueva legislación Europea, en lugar de conducirnos a una evolución sencilla en el modo de diseñar los edificios, más bien nos lleva a generar una verdadera transformación de las consideraciones y de la aproximación y relaciones entre los “stakeholders” o partes interesadas en el desarrollo de cada proyecto, para poder realmente lograr este objetivo de consumo casi nulo en la fase de ocupación y operación de los inmuebles.

Los conceptos y ejemplos construidos de edificios de consumo casi nulo o de edificios de huella de CO2 neutral, ya existen en diversos países. Sin embargo, la visión de cómo se debieran definir dichos edificios y de los modos para lograr los objetivos específicamente definidos en las normativas nacionales, varían a lo largo y ancho de Europa. La definición de ECCN o nZEBs, en la revisión de la EPBD, ofrece flexibilidad, pero al mismo tiempo, deja lagunas y dudas sobre el nivel actual de ambición en la reducción de emisiones

de CO2 en dichos edificios y también sobre los aspectos de qué consumos han de incluirse en los cálculos al diseñar un edificio.

Actualmente, la Comisión Europea, los miembros de la UE, los promotores y partes interesadas y los expertos, están analizando los distintos aspectos de los ECCN o nZEBs. En general, hay una necesidad urgente de establecer unos criterios comunes y una metodología aplicable en toda la UE, para poder abordar una preparación de la definición de los ECCN práctica y a la vez exhaustiva. En la práctica, las Ingenierías ya están anticipando estos retos y calculan los parámetros con los que ya diseñan hoy los edificios que mañana cumplirán con estas futuras definiciones de ECCN, siendo conocedoras ya, de que dichas definiciones tendrán elementos comunes y a la vez diferencias significativas en los distintos paises miembros de la UE. Esta presentación subrayará las principales diferencias en la aproximación a los ECCN, los puntos comunes a todas ellas y las preguntas y cuestiones que plantearán en el mercado de la construcción y en el sector inmobiliario, a día de hoy y en el futuro.

## Edificios de Consumo Casi Nulo

La versión refundida de la Directiva de 2010/31/UE del 19/05/2010 sobre el Rendimiento Energético de los Edificios, establece el objetivo de lograr el consumo casi nulo para el entorno edificado (Artículo 9). De acuerdo a la directiva relacionada, un Edificio de Consumo casi Nulo es “Un edificio de alto rendimiento”. Según esto, la baja cantidad de energía requerida, casi nula, debiera en gran medida cubrirse por energías renovables, incluyendo energía generada in situ o en localizaciones muy próximas.

Para cumplir con este requisito, la política también establece que los Estados Miembros han de desarrollar planes y normativa para el fomento de los edificios de consumo casi nulo. Estos planes nacionales pueden incluir objetivos diferentes según la tipología edificatoria y el tipo de edificio, para tener en cuenta las especificidades de cada uso.

Esta misma Directiva, en su artículo 9 – 6, establece que: “Los estados Miembros pudieran decidir no aplicar estos requerimientos en casos específicos y justificados si el análisis de coste-beneficio a lo largo del ciclo de vida del inmueble, fuera negativo, fijando así la posibilidad de definir objetivos ambiciosos pero necesariamente factibles.

## Cambiando el enfoque del diseño

Actualmente la práctica del diseño de edificios verdes se basa en: 1) reducir la demanda a través de un diseño adecuado de la envolvente (“be lean” o ser ligeros); 2) Incorporar sistemas altamente eficientes (“be clean” o ser limpios), y finalmente, 3) Incorporar la producción de energías renovables in situ, si resultan apropiadas al edificio (“be Green” o ser verdes. (Ver Figura 1)

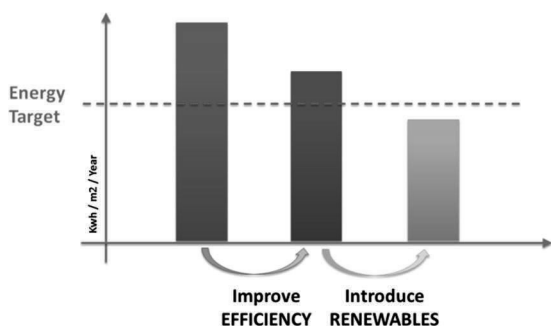


Figura 1. Actual enfoque del diseño verde

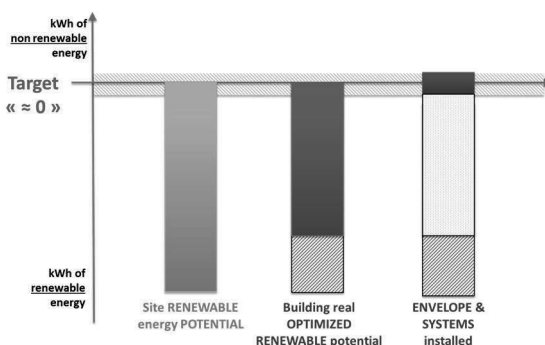


Figura 2. Futuro enfoque de diseño para ECCN

Si el propósito del inmueble es ser un ECCN, entonces el enfoque del diseño debe ser tal, que asegure que el edificio no consumirá más energía de la que puede obtener de fuentes de energía renovables o que haya sido generada in situ. (Ver Figura 2).

La primera consecuencia de este nuevo enfoque es el cambio de roles y responsabilidades de los ingenieros Mecánicos y Eléctricos/ de Sostenibilidad. Alinearse adecuadamente con el objetivo de los nZEB o ECCN requerirá de ellos la capacidad de asesorar a los promotores para poder identificar aquellas parcelas o localizaciones más adecuadas a la producción in situ de renovables; habrán de definir la edificabilidad y la huella del inmueble en función del uso, y habrán de ser capaces, también, de ayudar y apoyar al arquitecto en el desarrollo del edificio, de tal modo, que cumpla el programa de necesidades con el cupo de energía del que pueda disponer.

## Un proyecto para ejemplificar la puesta en práctica de estos conceptos

Presentamos el caso práctico de un edificio de oficinas de 18.000m<sup>2</sup> en Francia (NEWSIDE, La Garonne, Colombes) para explicar las diferentes perspectivas e intereses a tener en cuenta a la hora de diseñar un edificio de consumo casi nulo. Este edificio se entregó hace dos años, y cumple, no solo con los requisitos de ECCN, sino con los niveles más altos de las principales certificaciones de sostenibilidad (HQE, BREEAM y LEED). Además, debido a sus características de elevado rendimiento, se concedió al edificio el sello francés BBC a los “edificios de bajo consumo energético”.



Figura 3. Edificio de Oficinas “NEWSIDE” - Francia

Expondremos las diferentes soluciones adoptadas en este edificio, demostrando las razones por las que fue galardonado con el premio PREBAT de ADEME (Agencia Francesa de Medioambiente y Energía), que reconoce a los edificios que integran alternativas y soluciones que preparan y marcan tendencias para el futuro en la construcción.

Se integraron nuevas soluciones para optimizar el rendimiento general de los edificios a la vez que se reducían los costes de mantenimiento y que se mejoraban las condiciones de confort para los usuarios, incidiendo también en su educación medioambiental y en sus pautas de comportamiento en el uso de los edificios. Entre las soluciones adoptadas y las estrategias técnicas que se integraron en este ECCN, podemos mencionar las siguientes características:

Estrategias para la obtención de la triple certificación HQE (Excepcional), LEED (Oro) y BREEAM (Muy Bueno)

- Optimización térmica y solar del rendimiento energético de la fachada
- Producción de energía eficiente con bombas de calor termoeléctricas
- Climatización interior a través de un sistema de techo radiante
- Medición y verificación detallada del rendimiento del edificio durante su fase de uso
- Un sistema “híbrido” de ventilación (ventilación natural junto a la apertura de ventanas y recomendaciones e instrucciones de uso a los ocupantes)
- Puntos de recarga de coches eléctricos



Como resultado de este diseño innovador y merecedor de varios premios, que cumple con los diversos programas y ratios para edificios sostenibles, el edificio NEWSIDE consume un 51% menos energía que cualquier edificio francés convencional. Pero, ¿Y si además, quisiéramos diseñar Newside para que fuera un Edificio de Consumo Casi Nulo?

- Debiéramos poder cubrir todo el consumo primario de 78,6kWh/m<sup>2</sup>/año, que representa un total de 1.493.300kWh/año (19,000m<sup>2</sup> x 78,6kWh/año)
- Este consumo es equivalente a 5.800m<sup>2</sup> de paneles fotovoltaicos, que en teoría significarían un coste adicional para el cliente de 5.8M€ (300€/m<sup>2</sup>). Cuando analizamos la situación, la parcela tenía 6.000m<sup>2</sup> con un coste total de construcción de 40M€. Esta presentación subrayará las posibles soluciones que se podían considerar para reducir los costes de construcción y operación, jugando con diversos factores

## Impactos en la Industria de la Construcción para lograr los objetivos

### Impactos en el Mercado Inmobiliario

Considerando los requerimientos de la Directiva Europea, es necesario analizar las implicaciones que tendrá el mercado inmobiliario.

Tal y como se muestra en la *Figura 4*, en Europa actualmente el mercado de oficinas está saturado. Esta situación está arrastrando a la baja a los costes de construcción y a las rentas. En esta situación, ¿Podrá todavía el mercado absorber los sobrecostes potenciales de los EDCC?

O si la normativa para Reforma fuera menos restrictiva, ¿estaría entonces el mercado apuntando a Reformar preferentemente, en vez de Construir de nueva planta, con el coste añadido y el riesgo de precipitar o adelantar la obsolescencia de los inmuebles?

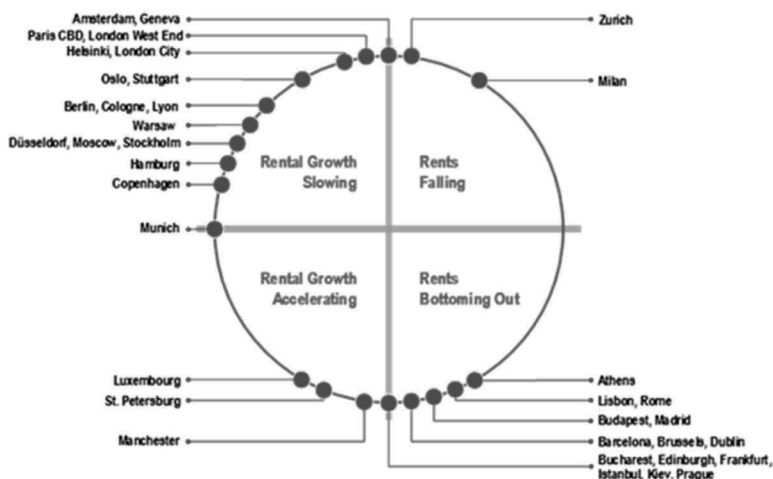


Figura 4. Saturación del mercado de oficinas en la UE

## El uso de la Energía en los Edificios

El Rendimiento energético de un Edificio es: “El cálculo y la cantidad de energía que se necesita para cubrir la demanda asociada al uso típico del edificio, que incluye, inter alia, la energía que se utiliza para calefactar el edificio, para enfriar el edificio, para ventilar el edificio, para agua caliente sanitaria y para iluminación” según la Directiva Europea.

Tomando como ejemplo el caso del edificio anterior, la Figura 5 nos muestra la estimación anticipada del consumo calculado con distintas herramientas y teniendo en cuenta todos los consumos energéticos del edificio. Mientras que la energía calculada con herramientas de simulación avanzadas puede llegar a duplicar la calculada según los modelos regulatorios y sus elementos de consumo, la figura muestra cómo el consumo real de energía teniendo en cuenta los usos energéticos no regulados, puede en realidad cuadruplicar la estimación inicial (realizada con el software oficial regulatorio).

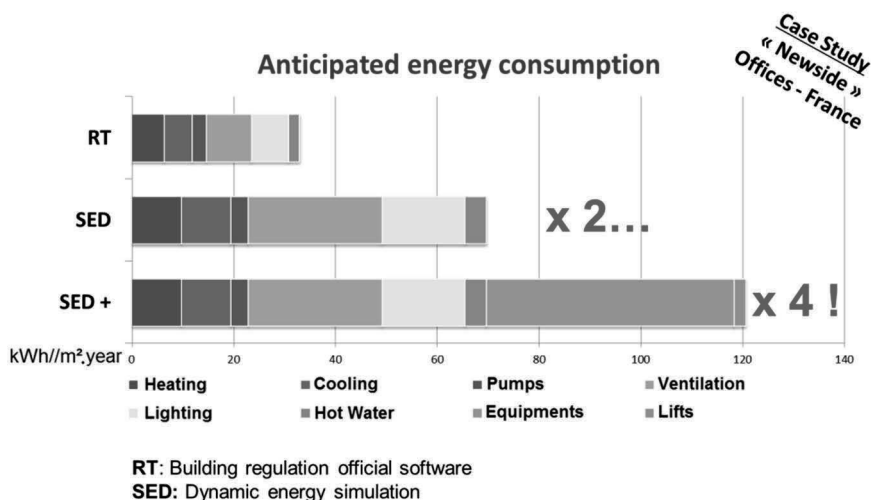


Figura 5. Consumo anticipado de Energía. Edificio de Oficinas “Newside”- Francia

Desde el punto de vista del confort y de la tecnología en los edificios, pueden surgir nuevos enfoques pasivos en los edificios: Podríamos considerar, por ejemplo, que en el futuro, los nuevos edificios de oficinas no tuvieran más equipamiento para acondicionamiento de aire (enfriadoras o similar), lo que hoy en día supone un 20% del consumo energético de las oficinas? O, ¿podemos empezar a introducir sistemas pasivos como vidrios electromagnéticos u hormigón activo?

## Otros criterios medioambientales

Del mismo modo, también serán necesarios algunos cambios en los Esquemas y Ratios Medioambientales, especialmente en algunos criterios que están dirigidos a generar beneficios medioambientales. Actualmente nos pueden surgir dudas acerca del modo en que algunos edificios puedan llegar a alcanzar algunos de los requerimientos de la Directiva junto con algunas medidas que se reconocen en sistemas mundialmente aceptados. Por ejemplo, si las cubiertas se cubren completamente con paneles fotovoltaicos, no tendremos espacio para colocar vegetación en las mismas, y será más difícil la conservación de la biodiversidad en los edificios en entornos urbanos. En esta configuración también pudiera ser difícil introducir medidas para la recuperación del agua de lluvia, e incluso pudiera afectar al inmueble, creando un efecto de isla de calor provocado por los edificios de las inmediaciones.

## Emergencia de nuevas responsabilidades para el Ingeniero Mecánico / de Sostenibilidad / El Sustainability Project Manager, o Gestor de Sostenibilidad

En este entorno de nuevos objetivos regulatorios y edificatorios, necesariamente, han de surgir nuevos enfoques a la gestión y al diseño de los proyectos para poder alcanzar el tan deseado rendimiento global. Algunos de los nuevos servicios que un equipo de diseño y que el ingeniero de sostenibilidad debe poder prestar son los siguientes:

- Anticipación de tendencias de mercado e Identificación de las mejores localizaciones y parcelas
- Definición de la ocupación de la parcela y del tamaño ideal del inmueble, de las orientaciones
- Asesoramiento a las decisiones del Arquitecto para ayudarle al diseño pasivo que minimice la demanda energética
- Innovación / uso de nuevos productos y soluciones
- Garantía de Rendimiento Energético
- Evitar el diseño de sistemas con exceso de complejidad, de modo que el mantenimiento y la operación del edificio se puedan llevar a cabo con eficiencia y sin dificultades
- Anticipar el ciclo de vida completo del edificio (para realizar una estimación de costes de mantenimiento y de Facility Management, adecuada)

## Conclusiones y puntos para debate

En nuestra opinión, la implementación de la EPBD y su inclusión en la normativa nacional de los estados Miembros de la UE, representa un enorme reto a nuestra actividad y a nuestro sector. Un reto que ya ha comenzado hoy. Las principales conclusiones y recomendaciones de nuestra presentación, basadas en un caso de estudio real, son las siguientes:

- Retos para la Ingeniería a la hora de afrontar el ciclo total de vida de un edificio: Dificultades técnicas y oportunidades de los edificios de consumo casi nulo.
- Transformación del modo de trabajo y de los procesos de los equipos de diseño: interacción en el equipo (selección del enclave de la parcela) y evolución hacia alcance transversal de competencias. ¿Dejará el arquitecto de pilotar todo el proceso y pasará el gestor medioambiental, el Ingeniero Mecánico y de Sostenibilidad a asumir la responsabilidad del Rendimiento del Edificio (como sucede ya en el caso de los Data Centers) a lo largo del ciclo de vida del edificio? ¿Estarán los usuarios muy involucrados en la definición de lo que se espera del uso del edificio?
- Variación de escenarios para consumo energético: ¿Consumo de energía según normativa, regulado, o consumo total de energía en el edificio? ¿Qué debemos considerar en el cálculo nZEB o ECCN, incluiremos también las cargas de proceso? ¿Qué estrategias de diseño pudieran ser de aplicación en los distintos países (energía solar en España o en Italia y ATEs en Holanda)?
- Adaptación a los requerimientos del Mercado Inmobiliario e impacto sobre las herramientas de calificación (LEED, BREEAM, HQE...): ¿Cómo se adaptará el mercado inmobiliario a los futuros requerimientos de un ECCN? ¿Continuará siendo imprescindible el aire acondicionado? ¿Continuará siendo la escala del edificio el único parámetro, o será necesario un cambio de dimensión, y el diseño del edificio habrá de tener de nuevo en cuenta la escala del vecindario, evolucionando de edificios verdes a ciudades verdes? ¿Qué otros efectos asociados habremos de tener en cuenta? Un edificio cubierto de paneles fotovoltaicos, ¿aumentará el efecto isla de calor, reducirá las áreas verdes y la biodiversidad, aumentará la escorrentía?
- Valor verde: ¿Qué sobrecostes de construcción y ahorros en la operación podemos tener?
- Creación de Mecanismos Financieros Verdes: Para aquellos edificios que no cumplan los requerimientos de los EDCN, aparecerán nuevos impuestos sobre ellos a pagar por los promotores, que se destinarán a la reforma energética del parque edificatorio ya existente o bien a proyectos de financiación de energías renovables.

Esta Comunicación pretende, al considerar todos los puntos anteriormente expuestos, mostrar los retos y las oportunidades que la implementación de los Edificios de Consumo Casi Nulo brindan al Mercado Europeo.

# EL GRAN PREFABRICADO DE INGENIERÍA CIVIL, RENACE PARA CREAR ESPACIOS BIOCLIMÁTICOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ACÚSTICA SIN ELIMINAR ZONAS VERDES

**José F. Pedraza París**, PCT modelo constructivo, Gerente, Bioclimática Modular Concept

**Fernando Sahagún Sanz**, Director de Operaciones, Bioclimática Modular Concept

**Ana Isabel Arguas Pedraza**, Marketing, Bioclimática Modular Concept

**Gorka Muñoz Isuskiza**, Técnico, Ingeniero Civil, Arqui. Bioclimática Modular Concept

**Gustavo Pérez Saiz**, Arquitecto, Colaborador

**Tamara Ruiz Alonso**, Arquitecto Paisajista, Colaborador

**Resumen:** Bioclimática Modular Concept es una empresa dedicada a crear espacios bioclimáticos de alta eficiencia energética, sin superar los 15Kw año m<sup>2</sup>. Buscando certificación Passivhaus, con mínimo impacto medio ambiental, no eliminando zonas verdes. Reduciendo las emisiones de Co<sub>2</sub>, por consumos innecesarios de energía en calefacción y refrigeración. Mediante un sistema patentado dando nuevos usos a los grandes prefabricados de hormigón armado que originariamente estaban destinados a ingeniería civil- obra pública. Las características de estos prefabricados permiten soterrarlos y utilizar la tierra como aislante principal, tanto en paredes como en cubiertas verdes. De manera pasiva se consiguen unas temperaturas interiores medias entre 18 y 22°C a lo largo del año, sin ayuda mecánica. Simplificando la ejecución al resolver con un único elemento, la cimentación, estructura y el cerramiento.

**Palabras claves:** Alta Eficiencia Energética, Mínimo Impacto, Bajas Emisiones

## INTRODUCCIÓN

Para dar la opción de interactuar y visitar nuestro sistema constructivo y las bondades del mismo. Bioclimática Modular Concept, crea dos apartamentos bioclimáticos pasivos con este objeto y que sirvan de banco de pruebas, monitorización, para mejorar y probar nuevos materiales y soluciones.

- Damos un nuevo uso a una estructura prefabricada contrastada y asentada en el mercado
- Con la utilización de los grandes prefabricados de Ingeniería civil, concretamente con marcos articulados para conseguir espacios habitacionales o turísticos. Sin embargo, para obtener espacios administrativos, industriales, ganaderos etc. Se utilizan otros tipos de prefabricados Como pasos inferiores, bóvedas, dovelas etc. Los cuales nos permiten mayor libertad para crear espacios diáfanos sin columnas
- Teniendo una temperatura media de confort interior entre 18º-22ºC todo el año sin ayuda mecánica, se obtiene un ahorro energético del 86,79% en calefacción y refrigeración para la zona C1 y por tanto económico
- La rapidez de ejecución viene dada por la reducción de tres procesos constructivos (cimentación, estructura y el cerramiento) en un solo movimiento
- No se eliminan zonas verdes
- Nos permite la ampliación, sin modificar la estética inicial del proyecto
- Transmite sensación de solidez al sistema constructivo
- Dado que es una construcción en seco, no genera prácticamente residuos en obra
- Utilización de renovables adaptadas a la zona climática de ubicación, materiales reciclados o ecofriendly
- Reciclado de aguas pluviales

- No se contempla destrucción o demolición mediante una bola o similar (generando residuos) de los prefabricados, una vez terminado su ciclo de vida, asignarles nuevas vidas, para nuevos usos. En esto consiste nuestra patente nacional, como internacional PCT

## PROYECTO

Proceso de creación del prototipo del sistema constructivo que estará concluido a finales de este mes de abril en la localidad de Colombres, Municipio de Ribadedeba, Asturias.

## Crterios bioclimáticos, estrategias pasivas

Ubicación del prototipo en un abrigo natural. Las aberturas se encuentran situadas orientación sur. Protección solar mediante retranqueo dejando un porche. Aprovechamiento de la inercia térmica del prefabricado y de la tierra como aislante natural, aprovechando los beneficios de las cubiertas verdes.

## Estrategias activas

Soluciones renovables con placas híbridas de última generación. Intercambiador de aire homologado por Passivhaus. Triple acristalamiento y marquetería con homologación citada.



Figura 1. Marcos prefabricados cerrados y colocación; marcos prefabricados articulados y colocación



Figura 2. Desbrozado, acondicionamiento agregando una solera de limpieza en el lugar de ubicación



Figura 3. Verificación en fábrica de los módulos destinados a crear los apartamentos bioclimáticos del prototipo



Figura 4. Recreación de exteriores e interiores de uno de los dos apartamentos, utilizando la tierra como aislamiento principal, creando una cubierta verde transitable, integrando el proyecto en el medio que lo rodea. Sin eliminar zonas verdes

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

El estudio realizado por el CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos) de la Universidad de Zaragoza de simulación energética del modelo propuesto por Bioclimática Modular Concept.

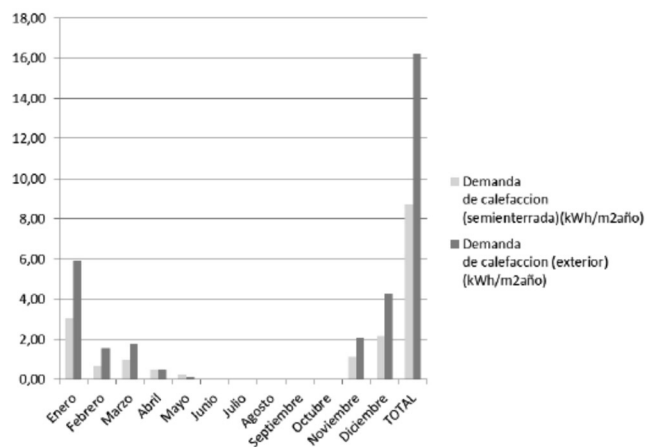


Figura 5. Se observa que al incorporar 30 cm de tierra como material aislante, la demanda de calefacción se reduce a la mitad

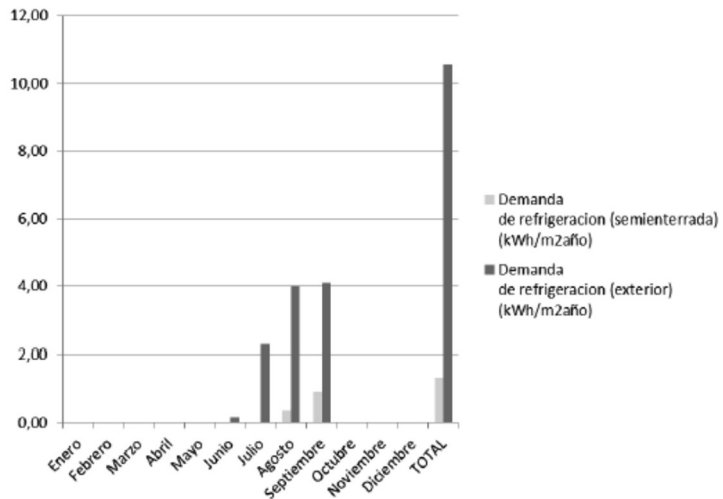


Figura 6. Cuando incorporamos 30 cm de tierra como aislamiento, la demanda de refrigeración prácticamente queda sin demanda

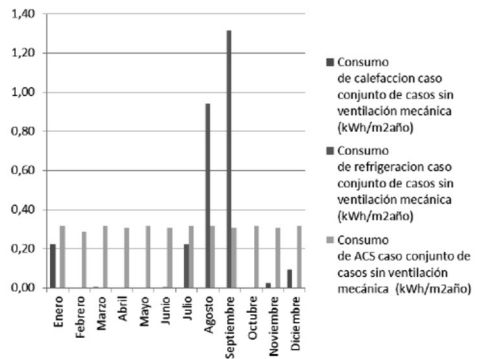
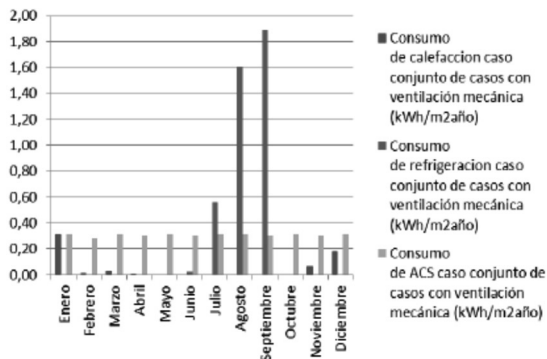
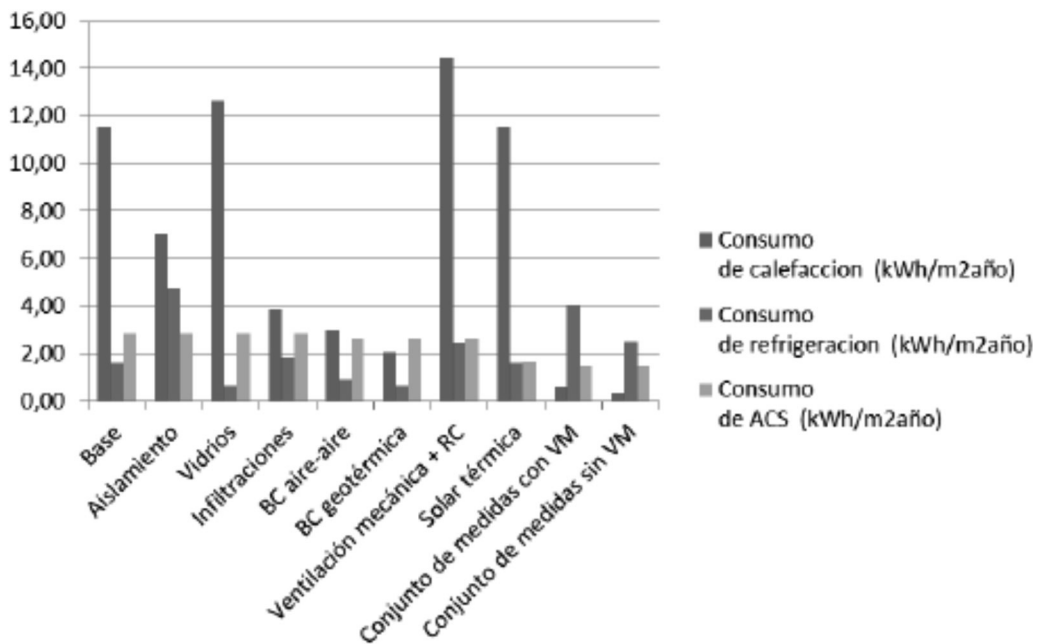


Figura 7. Diferencias que hay entre el caso base y los que incluyen todas las medidas de mejora (con o sin ventilación mecánica)

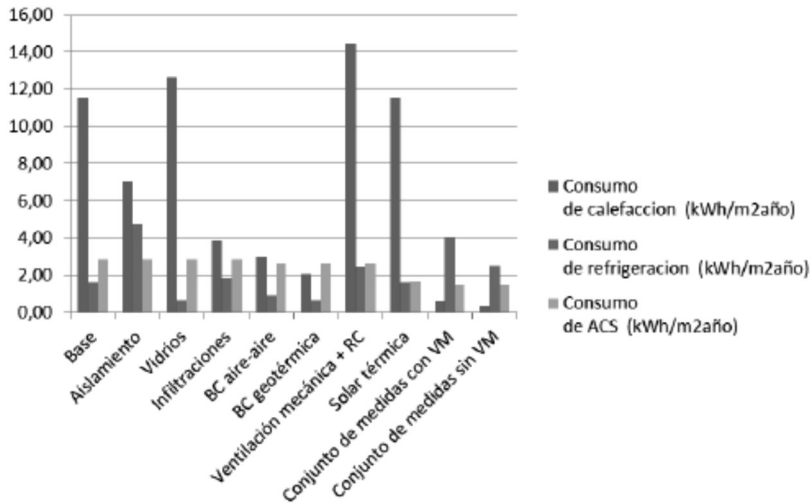


Figura 8. Beneficio que se obtiene con cada una de las mejoras que se han incorporado

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m²	Edificio Objeto	Edificio Referencia
<7.8 A	0.3 A	
7.8-12.7 B		
12.7-19.8 C		
19.8-30.4 D		
30.4-52.1 E		32.4 E
52.1-65.6 F		
>65.6 G		

	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Demanda calefacción	B	25,7	3539,4	E	86,2	11860,5
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m²	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	A	0,3	41,3	E	27,6	3796,4
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	A	0,0	0,0	D	4,8	658,6
Emisiones CO2 totales	A	0,3	41,3	E	32,4	4455,1
	Clase	kWh/m²	kWh/año	Clase	kWh/m²	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	B	41,7	5729,8	E	125,0	17197,8
Consumo energía primaria refrigeración	-	-	-	-	-	-
Consumo energía primaria ACS	B	15,7	2153,8	D	19,8	2721,1
Consumo energía primaria totales	C	57,3	7883,6	E	144,8	19918,9

Figura 9. Resultado calificación energética del prototipo



## Conclusión del CIRCE

Resultado de estas simulaciones muestra que la vivienda cumple con creces con las actuales limitaciones de demanda y consumo energético impuestas por el nuevo documento básico de ahorro energético del CTE en las zonas climáticas más representativas de la geografía nacional. Incluso el modelo planteado cumple con valores más exigentes de otros estándares como el Passivhaus (en algunos de los conjuntos de mejora propuestos la demanda de calefacción o refrigeración supera el límite impuesto por dicho estándar de 15 kWh/m<sup>2</sup> año).

En todas las zonas climáticas seleccionadas, los conjuntos de mejoras planteados proporcionan reducciones considerables de consumos frente al caso base y aproximan la vivienda a un edificio de consumo casi nulo. En el caso de la zona climática E1 (zona más fría) los ahorros son de proporciones significativas en cuanto a consumos de calefacción alcanzando el 86,79% en el conjunto de mejoras sin ventilación mecánica y en la zona climática A4 (zona más calurosa) se alcanza el consumo nulo de calefacción.

La refrigeración empeora en ambos conjuntos de mejora propuestos, caso común en este tipo de viviendas de alto espesor de aislamiento y elevada estanqueidad. A pesar de ello los consumos de manera global son significativamente menores que en el caso base debido a la sustancial mejora en calefacción. Habría que estudiar para cada caso de implantación de esta vivienda soluciones como tubos canadienses, placas fotovoltaicas o cálculos de espesor óptimo de aislamiento para intentar reducir la demanda y consecuente consumo de refrigeración.

Hay que destacar que los ahorros obtenidos en la vivienda en el caso de la ventilación no controlada o natural son superiores al modelo planteado de ventilación mecánica. Esta diferencia no es tan significativa frente al hecho de que la ventilación controlada mejora sustancialmente aspectos relacionados con la calidad interior del aire aumentando el confort de los ocupantes.

En este primer estudio general de la vivienda, se puede concluir que la misma alcanzaría con facilidad consumos nulos o casi nulos en diferentes zonas climáticas nacionales, llevando a cabo estudios más detallados en los que se tuviera en cuenta las condiciones micro-climáticas de cada ubicación y el aporte de las energías renovables disponibles en el lugar.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecer al Ayuntamiento de Ribadedeva, Asturias las facilidades y colaboración para ubicar el prototipo del modelo constructivo.

Reconocer la implicación de PREHORMISA prefabricados, con su apoyo e investigación se ha conseguido mejorar nuestro producto y en especial al Sr David Alonso como Gerente y la Técnico Ingeniero Civil Virginia Martín.

Equipo de investigación del Dr Zabala y al profesor Javier Jáñez Morán del CIRCE de la Universidad de Zaragoza.

## LOS EECN AUNARÁN SOLUCIONES PASIVAS, ACTIVAS Y LA TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL DOMÓTICO

Ana Isabel Menéndez Suárez, Gerente, EFINCO, S.L.

Ana Pérez Otero, Directora de Gestión, Ingenium, S.L.

Pablo García Fernández, Profesor contratado doctor, Universidad de Oviedo

Pablo Arboleya Arboleya, Profesor Titular, Universidad de Oviedo

**Resumen:** La experiencia en EECN durante los últimos años pone de manifiesto que el avance proviene, no de una única solución simple, sino de la interrelación de todos los agentes que intervienen en un proyecto constructivo. Inicialmente partiremos de un diseño de proyecto optimizado que integre un estudio climático, un diseño de soluciones pasivas acorde a las necesidades (calidad-coste) y un engranaje perfecto con la relación de demanda/consumo de energía, con soluciones activas. Todo este diseño es un traje a medida para cada nuevo proyecto. Para mejorar en cada nuevo edificio es necesario que el usuario pueda conocer, influir e intervenir en el comportamiento, por ello debe existir información suficiente que nos permita establecer perfiles de usuario a fin de ajustar cada vez más los edificios a sus inquilinos.

**Palabras clave:** Energía, Diseño, Eficiencia, Climático, Sostenibilidad, Tecnología, Domótica, I+D+i, Gestión, Inmótica

### EDIFICIO DE ENERGÍA CASI NULA “LOS PRIETOS”; UNA INTEGRACIÓN DE SOLUCIONES QUE ABRIRÁN EL CAMINO HACIA UNA MEJORA CONTINUA

#### El origen

EECN Los Prietos ha tenido una larga evolución hasta llegar al proyecto que hoy aquí desarrollaremos. Se trata de una vivienda unifamiliar diseñada en el año 2010 bajo unos criterios de cumplimiento de CTE, sin embargo, al dilatarse su ejecución a lo largo del tiempo, los propietarios fueron readaptándolo según se producían nuevos avances en el campo de la eficiencia energética en edificación, apostando finalmente por un proyecto que obtuviera muy baja demanda energética, combinada con unos sistemas activos de alta eficiencia que aportaran el menor consumo posible, siempre manteniendo la consigna de un elevado confort.



Figura 1. Alzado sur



Figura 2. Alzado oeste

Al proyecto se unió también la necesidad de gestionar y poder mejorar en con el uso, esos consumos, por lo que se procedió a involucrar conceptos como la domótica, el big data y la inmótica a medida de sus necesidades.

Estando los promotores muy cercanos a estas nuevas tendencias, se decide apostar por un pequeño proyecto de I+D+i a través de la recogida de datos, gestión y control de consumos que establecerá su

propio perfil de usuario a largo plazo, y les permitirá seguir ahorrando y adecuando el uso del consumo de energía según sus propios perfiles para seguir ahorrando energía.

El edificio será a su vez una vez puesto en servicio, un contenedor de pruebas para gestión de “Big Data” y optimización de consumos en base a perfiles de usuario.

## El proyecto

Este proyecto ha sufrido numerosas transformaciones hasta conseguir una solución integrada como la que hoy se tiene. Las diferentes claves utilizadas que han permitido conjugar elementos como el diseño, la tecnología, los materiales, la ejecución, I+D y el no menos importante coste material de ejecución, han sido:

### USO DE HERRAMIENTAS BIM

La mejora del proyecto ha partido de una simulación climática inicial que ha permitido valorar las mejores orientaciones, eliminar huecos acristalados en aquellas ubicaciones que tenían un balance neto por irradiación negativo, garantizando al mismo tiempo una óptima iluminación natural en toda la vivienda.

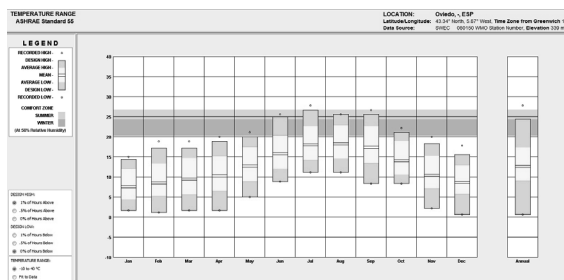


Figura 3. Resumen temperaturas anuales

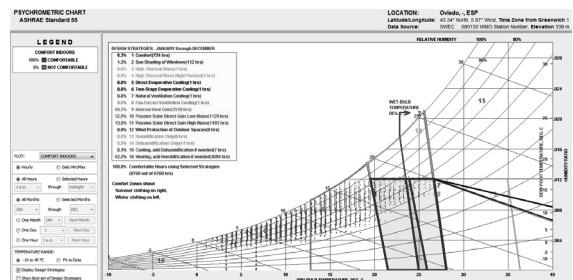


Figura 4. Carta psicrométrica

El proyecto original había sido diseñado en CAD, sin embargo, para optimizar cerramientos, encuentros con distintos elementos y tener un proyecto donde la ejecución fuese una imagen fiel del diseño y el precio final estuviese controlado de antemano con un “llave en mano” sin desviaciones, se procedió a rediseñar el proyecto manteniendo toda la distribución interior, pero con una envolvente más compacta, una eliminación de los puentes térmicos y un detalle constructivo a la medida de las nuevas soluciones.

### DISEÑO DE SISTEMAS PASIVOS

Una buena optimización de la envolvente con aislamientos continuos que envuelven todo el edificio, eliminación de puentes térmicos y control de infiltraciones, siempre trabajado desde la existencia de la idea inicial, los requisitos urbanísticos específicos que afectan a la zona y un coste objetivo final que en ningún caso debía ser sobrepasado:

- Losa de cimentación, con aislamiento por debajo dando continuidad al conjunto de la edificación, de tal modo que podríamos dibujar todo el contorno sin levantar la punta del lápiz sobre el papel.
- Cerramientos exteriores de bloque de hormigón celular que realizan la función de muro de carga y aislamiento por el exterior (SATE) en concordancia con los acabados finales exigidos en la normativa municipal.
- Cubierta inclinada a dos aguas con estructura de madera y acabado teja cerámica roja, según la estética de la zona.
- Huecos acristalados realizados en carpintería de PVC de altas prestaciones;  $U_f$  de 0,98, ajustando las distintas necesidades por orientaciones y seguridad a distintas combinaciones de vidrios,

consiguiendo  $U_w$  de 0,86 y cajones de persiana domotizados en las habitaciones que permitirán proteger en verano la orientación oeste.

- Control de infiltraciones a través de Blower door test que permitirá gestionar de un modo más eficiente las entradas de aire no deseadas, estas pruebas permitirán resolver problemas en la fase de obra.



Figura 5. Detalle aislamiento exterior, encuentro de suelo con fachada



Figura 6. Imagen cámara termográfica

### DISEÑO DE SISTEMAS ACTIVOS

Una vez conseguido el reto de reducir la demanda de calefacción (por zona climática no se contempla la refrigeración) a 14,15 kwh/m<sup>2</sup>\*año, el siguiente paso ha sido diseñar un sistema de calefacción óptimo; adecuando la potencia a las necesidades de la vivienda, que utilizará como fuente de energía renovables la aerotermia, y que permitiera alcanzar siempre niveles óptimos de confort a medida de las necesidades de sus usuarios, para lo cual se empleará:

1. Un sistema de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor de una eficiencia del 90%, que permite una renovación del aire de un modo constante evitando corrientes de aire no deseadas y controlando el caudal, la extracción y la impulsión de aire al interior de la vivienda, con un ambiente más sano debido a la existencia de filtros que limitan la entrada de partículas de polvo y polen y con una continuada renovación de aire.
2. Un sistema de calefacción mediante suelo radiante por agua con bomba de calor aerotérmica, dimensionado para una baja demanda de calefacción, al no instalar una potencia sobredimensionada, se produce un ahorro económico en los equipos y en los futuros consumos.
3. Gestión domótica con control de equipos, temperaturas e iluminación LED. Una sencilla aplicación de móvil permitirá controlar desde la temperatura de la vivienda a la gestión de iluminación, persianas, etc., no derrochando energía cuando no es necesario, teniendo opciones de control desde cualquier lugar con acceso a internet.

### CONTENEDOR DE PRUEBAS I+D+I

Como complemento el inmueble servirá de prueba para testar el *proyecto SIETEC* que consiste en el desarrollo de un sistema de eficiencia energética activa, basado en una gestión eficiente de la demanda, compuesto por un conjunto hardware-software, que podrá ser instalado a nivel colectivo (edificios residenciales y/o de oficinas) e individual (el caso que nos afecta) y que realizará la carga computacional y el almacenaje en la nube.

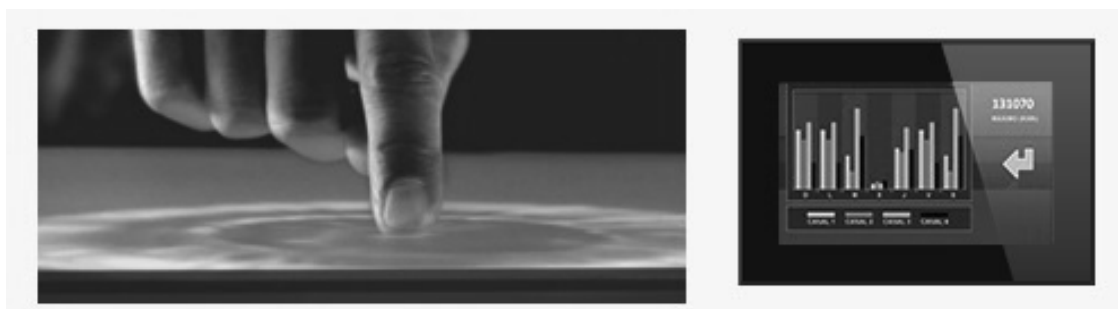


Figura 7. Gestión domotizada

Este sistema contribuirá a conseguir el cambio de mentalidad en los consumidores finales, poniendo a su disposición:

- Información sobre el impacto que sus hábitos de vida tienen sobre el consumo de electricidad y el coste de la misma.
- Recomendaciones para, sin reducir su nivel de confort, generar un ahorro en el consumo.

En lo que respecta a la monitorización de viviendas para el incremento de la eficiencia energética y a la gestión del conocimiento generado mediante bases de datos alimentadas por los consumos de las mismas, se utiliza la captación de datos a nivel de vivienda para después realizar un procesamiento en la nube.

Los objetivos técnicos específicos a alcanzar serán:

1. **Desarrollo de un sistema de medición y captura a nivel de unidad y edificio.** Mediante el desarrollo de un equipo específico de integración en un sistema domótico basado en BUSing y/o KNX, se podrá monitorizar, programar y controlar el consumo de energía eléctrica en tiempo real, lo que permitirá conseguir importantes ahorros en dicho consumo. Además, esto repercutirá en una modulación del consumo eléctrico que incremente la eficiencia energética del sistema eléctrico, en general, y de la instalación del cliente en particular.
2. **Desarrollo de un sistema de procesamiento de datos para el cálculo de la eficiencia energética.** El software que se desarrollará a través de SIETEC, proporcionará un sistema de ayuda en la toma de decisiones para maximizar el ahorro de consumo. Este software conllevará la medida continua de parámetros de consumo reales, su almacenamiento en históricos de datos, la transmisión a un sistema de supervisión y la extracción de patrones de comportamiento
3. **Desarrollo de un sistema de visualización de datos para eficiencia energética.** Se implementarán en el sistema desarrollado las aplicaciones que correrán en dispositivos móviles y que permitirán a los usuarios, previo registro, realizar el análisis de sus datos de consumo y recibir información del sistema sobre la eficiencia del mismo y recomendaciones para su mejora mediante el cambio de hábitos o el cambio de tarifa eléctrica. El sistema permitirá además a los usuarios comparar sus consumos con el de otros usuarios de perfiles similares.
4. **Desarrollo del sistema de comunicaciones.** El sistema a desarrollar debe de permitir la integración no sólo entre los tres ejes del sistema (unidad, edificio, nube), sino también con los sistemas de control de la red de distribución.



Figura 8. Interactuación con la vivienda a distancia

El sistema de monitorización y control se centrará en los sistemas de:

- Calefacción
- Ventilación
- Consumo de energía por electrodomésticos varios

Se tomarán medidas de dichos sistemas específicos para posteriormente filtrarse y enviarse a una plataforma web, donde se procesarán y se establecerán mejoras que permitan el ahorro energético en el control de los citados sistemas.

Para ello, se realizan simulaciones y ajustes de las curvas de consumo que permiten mejorar el control de estos sistemas. A la hora de determinar cuan eficiente es el consumo de un cliente, es vital conocer el patrón de consumo del mismo. Dicho patrón vendrá determinado por diferentes factores:

- Número y tipo de usuarios de la unidad
- Número y tipo de equipos (electrodomésticos, equipos informáticos, resto de equipos, etc.) y modo de uso de dichos equipos
- Necesidades de calefacción/enfriamiento de la unidad

El potencial innovador de la tecnología propuesta a través del presente proyecto es enorme, puesto que permitiría, no solo el cambio en los hábitos de los clientes sino además realizar una comunicación activa entre el sector eléctrico y sus consumidores, haciendo que éstos reaccionen en tiempo real ante la variación del precio de la electricidad, mejorando la segmentación de los clientes de modo que las compañías desarrollen productos más personalizados y orientados a los clientes, etc.

## RESULTADOS

El objetivo final, ha sido obtener un hogar que demandara la menor cantidad de energía posible y aún así seguir optimizándolo consiguiendo a lo largo del tiempo unos ahorros aún mayores.

Gracias a un cuidadoso diseño y un minucioso estudio de soluciones el proyecto consigue alcanzar una **calificación energética A en todas sus variables**; en emisiones de CO<sub>2</sub>, en demanda de energía de calefacción y ACS y en consumo de energía primaria de calefacción y ACS.

	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	A	14,5	3235,5	D	85,5	19078,3
Demanda refrigeración	-	-	-	-	-	-
	Clase	kgCO2/m <sup>2</sup>	kgCO2/año	Clase	kgCO2/m <sup>2</sup>	kgCO2/año
Emisiones CO2 calefacción	A	4,2	937,0	D	27,4	6112,6
Emisiones CO2 refrigeración	-	-	-	-	-	-
Emisiones CO2 ACS	A	2,7	602,3	D	4,9	1090,8
Emisiones CO2 totales	A	6,9	1539,3	D	32,3	7203,4
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	A	16,9	3765,1	D	124,0	27663,6
Consumo energía primaria refrigeración	-	-	-	-	-	-
Consumo energía primaria ACS	A	10,8	2410,9	D	20,2	4506,8
Consumo energía primaria totales	A	27,7	6176,0	D	144,2	32170,3

Si observamos los datos del edificio de referencia (ahora ya desaparecido en la nueva herramienta unificada HULC) y los datos conseguidos en el proyecto podemos ver que se ha conseguido reducciones en la demanda de energía de calefacción de más de un 83% y reducciones de las emisiones de CO2 de un 78 %.

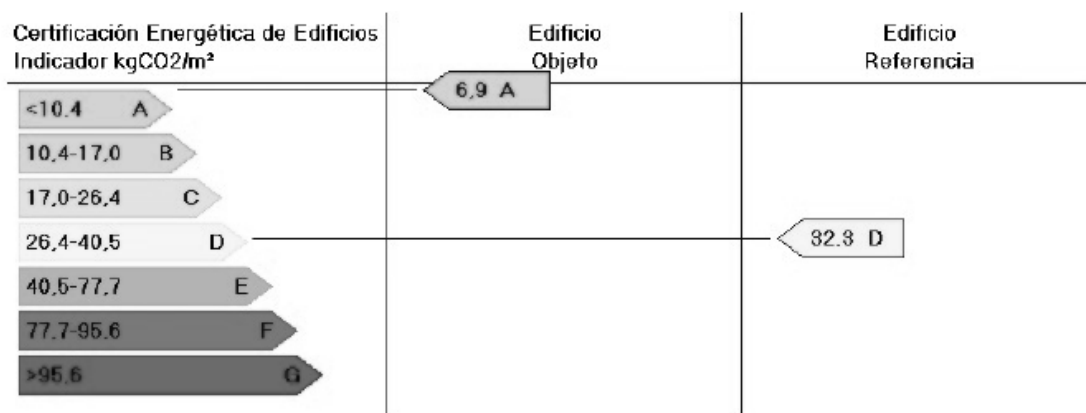


Figura 9. Calificación energética (calener vip)

Además, se ha añadido la posibilidad de tener un contenedor de pruebas, con espacios interiores controlados que permitirán recoger los datos de hábitos de consumo de la familia para tratarlos y crear un perfil de comportamiento que podrá evolucionar con los años según las necesidades de cada momento (familia con niños, emancipación, etc.) y que permitirá ajustar en cada momento los hábitos con la necesidad de energía del edificio.

Estos proyectos, que surgen de inquietudes personales y profesionales sobre cómo seguir mejorando los proyectos de EECN están marcando los ritmos de mejora y adecuación del mercado, obteniendo en cada nueva edición del Congreso de EECN, proyectos y ejemplos cada vez más variados y que interrelacionan distintas disciplinas dentro de la construcción.

# WOOL4BUILD UN NUEVO MATERIAL AISLANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADO EN LANA NATURAL

**Alberto Jiménez Tiberio**, Departamento de I+D+i, ACR Grupo

**Luca Cappelli**, Project Manager, INPELSA

**Bruno Marco Barrachina**, Técnico I+D, AITEX

**Miriam Martínez Carbonell**, Técnico de proyectos internacionales, AITEX

**Jesús Alba Fernandez**, Catedrático en física aplicada, Universitat Politècnica de Valencia

**Romina Del Rey Tornos**, Doctora en Ciencias Físicas, Universitat Politècnica de Valencia

**Federico Cartasegna**, Project Manager, ENVIRONMENT PARK

**Resumen:** Proyecto cofinanciado por la Unión Europea dentro del programa de investigación medioambiental “Eco-Innovation”, con el objetivo desarrollar un aislante térmico y acústico de lana de oveja que pueda competir en cuanto a características técnicas y económicas con otros aislantes del mercado. El material ha sido testado en laboratorio y en obra, obteniendo buenos resultados (conductividad= 0,033 W/m<sup>2</sup>k y absorción acústica= 0,7). Actualmente se encuentra en proceso de obtener el marcado CE. Se trata de un material que mejora las características de otras lanas minerales además de contribuir con el medio ambiente. Por su bajo impacto en la huella de carbono se trata de un buen material para reducir las emisiones durante el ciclo de vida del edificio y por lo tanto, para construir EECN.

**Palabras clave:** Aislamiento Térmico y Acústico, Sostenibilidad, Proyecto Europeo, Eficiencia, Investigación

## INTRODUCCIÓN

En la construcción de edificios de energía casi nula es fundamental minimizar las pérdidas energéticas a través de la envolvente, para lo que se utilizan materiales con buenas propiedades aislantes. Sin embargo, en ocasiones no se tiene en cuenta la energía embebida en los propios materiales, la consumida para su fabricación y transporte, que pese a no afectar en la demanda energética durante la fase de uso, tiene un impacto importante en todo el ciclo de vida del edificio.

Actualmente existen materiales ecológicos que presentan características técnicas muy interesantes, pero son duramente penalizados en el mercado por no poder competir en precio con otros materiales tradicionales fabricados a gran escala.

Con el objetivo de desarrollar un aislamiento térmico y acústico de lana de oveja competitivo en características y precio, nace el proyecto WOOL4BUILD, liderado por INPELSA, una empresa del sector de la curtiduría, que ha promovido el desarrollo del material utilizando como materia prima los residuos de lana que se generan en el tratamiento de las pieles.



Co-funded by the Eco-innovation  
Initiative of the European Union



WOOL4BUILD

*Figura 1. Logos de la convocatoria del proyecto y producto*

El proyecto está cofinanciado por la Unión Europea dentro del programa de investigación medioambiental “Eco-Innovation” y participan las empresas españolas Inpelsa (coordinadora del consorcio), ACR Grupo, la Universitat Politècnica de Valencia, el Instituto Tecnológico Textil Aitex y el Centro Tecnológico italiano para la Bio-Construcción Envipark.



## DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto, con una duración de 30 meses, se inició en noviembre de 2014 y actualmente se encuentra en su fase final, en proceso de obtención del marcado CE y desarrollando el documento de Evaluación Técnica Europea (ETE).

## Requerimientos del producto

Al inicio del proyecto se realizó un profundo análisis de los materiales aislantes existentes en el mercado, comparando las características de diferentes marcas y productos como la lana de roca, fibra de vidrio, poliestireno, poliuretano y otros naturales como el corcho o el cáñamo. A raíz de este estudio se definieron las características deseables que debería tener el aislamiento WOOL4BUILD para ser competitivo en el mercado. Estos requerimientos se basan en condiciones estándar que aparecen en los productos de construcción (Código Técnico de la Edificación) y son compatibles con la reglamentación europea (Reglamento UE nº 305/2011).

REQUERIMIENTOS DEL NUEVO MATERIAL (50mm)						
Conductividad térmica (w/mk)	Resistencia al flujo de aire (Kpa s/m <sup>2</sup> )	Absorción acústica $\alpha_w$	Absorción de humedad (kg/m <sup>2</sup> )	Absorción de humedad por inmersión (%VOL)	Coficiente de transmisión de vapor m	Clasificación de reacción al fuego
< 0,035	>5	>0,7	<1	<3	>2	E

Tabla I. Características deseables del nuevo material

Cabe destacar que al tratarse de un material de origen natural es irreal aspirar a una clasificación al fuego A. En el resto de características supera a la mayoría de sus competidores.

## Proceso de fabricación

La materia prima, lana de origen animal, se genera en el proceso de fabricación de pieles. Tras el lavado y desengrasado con productos naturales, las piezas se secan y se corta el pelo sobrante para el producto de cuero (Fig.2). La lana es almacenada y posteriormente empaquetada para ser transportada a la fábrica de cardado.

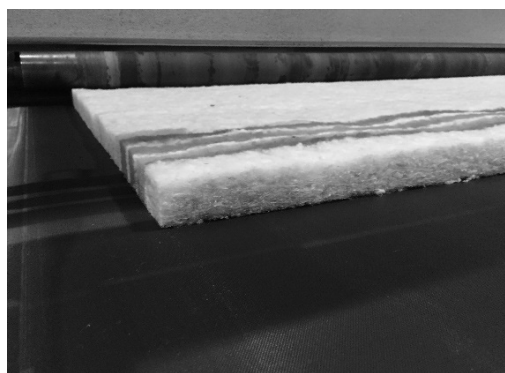


Figura 2. Tratamientos iniciales de las pieles en la fábrica de INPELSA y Figura 3. Panel de aislamiento al finalizar el proceso de cardado de la lana

Para aportar consistencia, las fibras de lana se mezclan con fibras de poliéster bicomponente en un bajo porcentaje, inferior al 15%, durante el proceso de cardado (Fig.3). Una vez realizado, el material se corta en paneles de 135 x 60 cm y 5cm de espesor, por tratarse una de las medidas más utilizadas en el mercado, aunque puede desarrollarse en otras medidas y espesores.

Para finalizar, se le aplican diferentes tratamientos para garantizar la resistencia a insectos y mejorar el comportamiento ante el fuego, antes de ser empaquetado para su distribución.

## Ensayos realizados

En la fase inicial del proyecto se desarrollaron diferentes muestras que posteriormente fueron analizadas para determinar la composición óptima del material. Una vez analizados los resultados se decidió desarrollar el material con dos composiciones, Premium y confort.

MATERIAL	COMPOSICIÓN			DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	ESPESOR (mm)
	PET Bi-Co	LANA 1ª calidad	LANA 2ª calidad		
1	20%	80	-	30	50
2	20%	40	40	30	50
3	20%	40	40	25	50
4	20%	40	40	30	40
5	20%	40	40	30	60
6	20%	40	40	40	50
7	20%	-	80	30	50
<b>PREMIUM</b>	<b>15%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>30</b>	<b>50</b>
<b>CONFORT</b>	<b>15%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>20</b>	<b>40</b>

Tabla II. Composición de las diferentes muestras

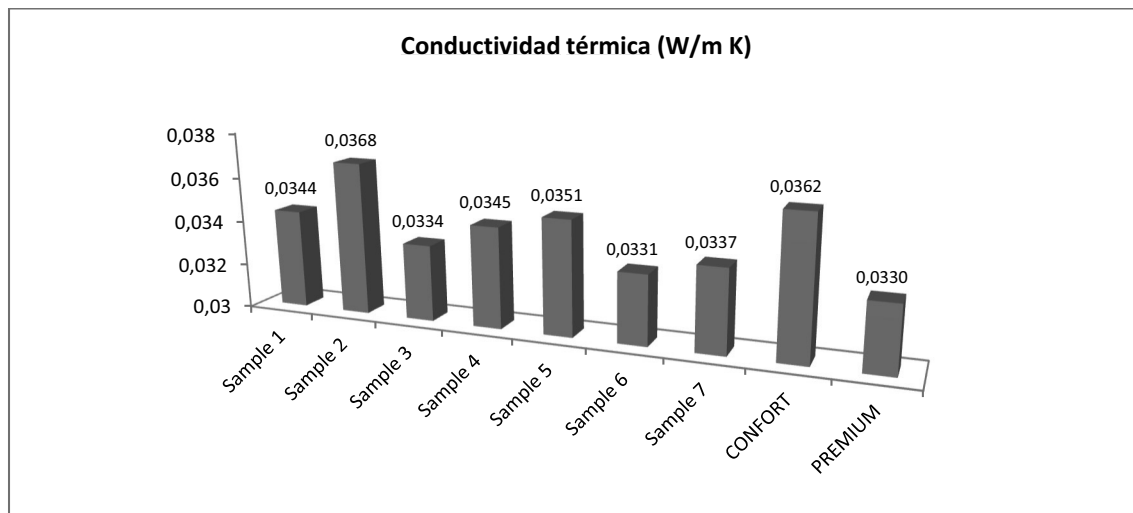


Figura 4. Resultados de conductividad térmica analizados en laboratorio

Al realizar las primeras pruebas de instalación en obra se detectó que el porcentaje de fibras de poliéster podía reducirse para facilitar el corte del material. Por ello, en las composiciones Premium y confort se limitó a un 15% de PET (tab.II). Además, las densidades seleccionadas de 20 y 30 kg/m<sup>3</sup> nos permiten conseguir un comportamiento térmico óptimo (Fig.4), así como un coeficiente de absorción acústica muy competitivo.

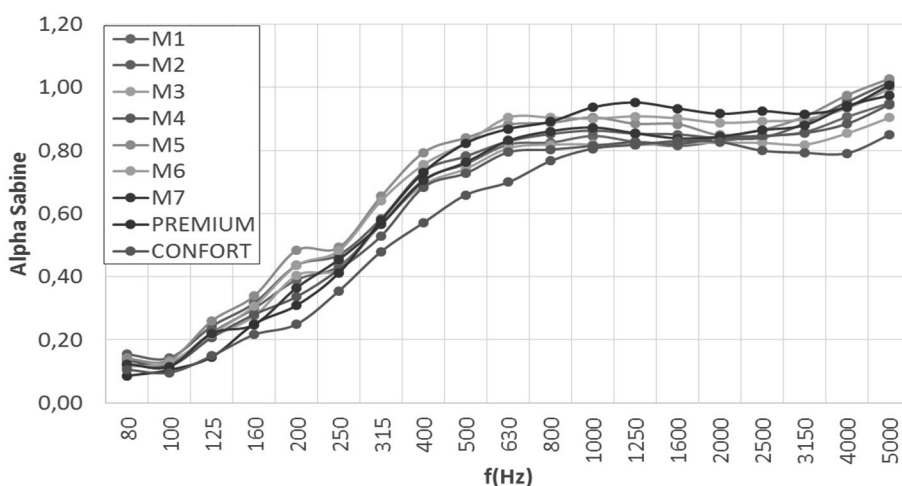


Figura 5. Análisis del nivel de absorción acústica según UNE-EN ISO 354:2004

En la imagen superior se pueden apreciar los resultados de los ensayos realizados por la Universidad Politécnica de Valencia en cámara reverberante. Se utilizan las normas europeas pertinentes (UNE-EN ISO 354:2004, UNE-EN ISO 11654:1998) y la americana (ASTM C423 – 09<sup>a</sup>). Se pueden consultar más detalles de estos ensayos en trabajos presentados por invitación en los congresos Tecniacústica (Alba et. al. 2014 y Alba et. al. 2015). De estas pruebas se extrae el coeficiente de absorción acústica medio del Código Técnico de la Edificación ( $\alpha_{m}$ ), que para los materiales confort y Premium son 0,75 y 0,88 respectivamente. Además, se obtiene el coeficiente de absorción acústica ponderado según la norma europea correspondiente (UNE-EN ISO 11645:1998), que son 0,65 y 0,75 respectivamente, de clase C. Esta clasificación es la habitual de los materiales absorbentes acústicos competitivos en el mercado. Respecto a la resistencia al flujo de aire, se han ensayado las muestras con los métodos acústicos indirectos (Ingard&Dear, 1985), (Dragonetti et al, 2010) y todas las muestras superan los 5 Kpa s/m.

Además, se han realizado todos los ensayos y pruebas necesarias para clasificar el material en cuanto a resistencia a insectos y al fuego.

## Instalación en obra y monitorización

Uno de los puntos más importantes del proyecto es la instalación en obra y medición real de los parámetros más importantes, como son la conductividad térmica del material.



Figuras 6 y 7. Instalación del material en obra

Se han realizado instalaciones piloto en tres localidades distintas para evaluar su comportamiento térmico durante un año. Para medir la transmitancia térmica del muro, se han instalado equipos de termoflujometría, realizando el ensayo según la norma ISO (ISO 9869-1).

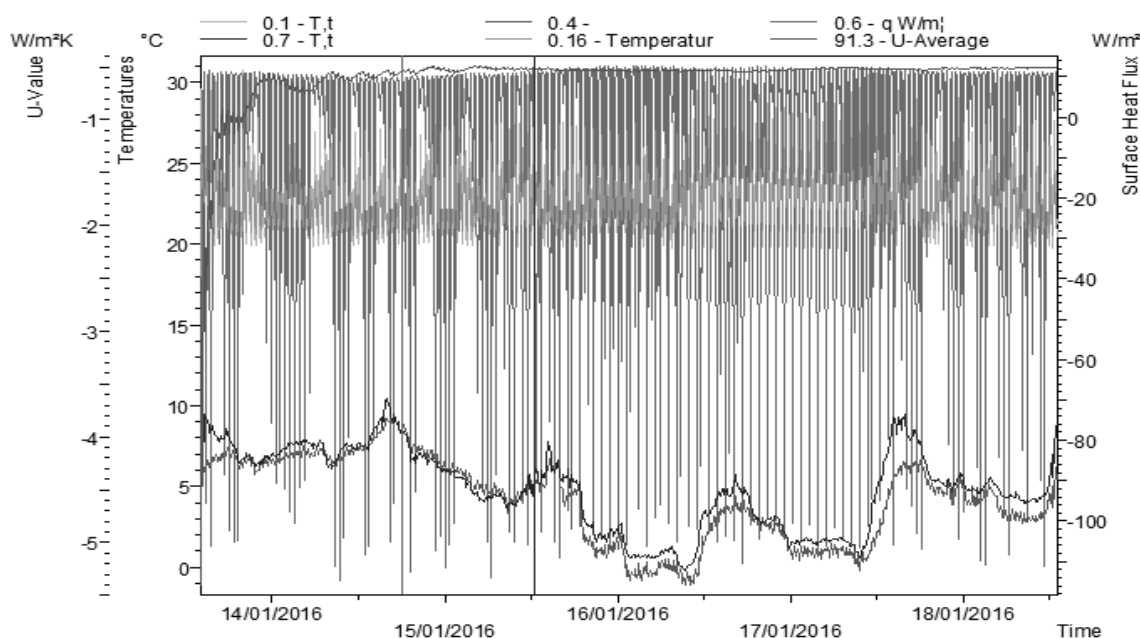


Figura 8. Gráfica de datos registrados en la termoflujometría por el programa AMR de ALHBORN

Analizando los resultados de los ensayos realizados en obra se ha comprobado que el comportamiento es similar a los resultados obtenidos en laboratorio.

## Análisis del ciclo de vida del material

El análisis del impacto ambiental es una tarea fundamental en un proyecto que pretende desarrollar un material sostenible y competitivo. Para ello se ha elaborado el análisis del ciclo de vida de fabricación del nuevo aislante en comparación con otro tradicional de lana mineral.

F.U.=1m2 R=3 m2K/W	Mineral wool	Wool4Build CONFORT
Calentamiento global [kgCO2eq/F.U.]	11,50	1,65
Disminución de la capa de ozono [mg R11 /F.U.]	0,123	0,025
Acidificación del suelo y agua [g SO2- /F.U.]	79,00	4,46
Eutroficación [gPO42-/F.U.]	8,87	0,37
Creación de Ozono fotoquímico[gC4H4/F.U.]	6,23	1,10
Disminución de recursos inorgánicos [mg/Sb/F.U.]	2,12	0,30
Disminución de recursos orgánicos [MJ/F.U.]	126,69	31,42

Tabla III. Análisis del ciclo de vida

El impacto ambiental en todos los aspectos es mucho menor que el generado por las lanas minerales. En concreto, en emisiones de CO2 durante el proceso de fabricación, el material Wool4Build es siete veces menos contaminante. Además, es 100% reciclable.

## CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y CONCLUSIONES

El material aislante Wool4Build presenta unas propiedades térmicas y acústicas óptimas que mejoran las características de otros materiales existentes en el mercado.

	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL <sup>i</sup>					
	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica (w/mk)	Absorción acústica $\alpha$ w y clase	Resistencia al flujo de aire (Kpa s/m <sup>2</sup> )	Clasificación de reacción al fuego
<b>PREMIUM</b>	50	30	0,033	0,75/C	8.3	E
<b>CONFORT</b>	40	20	0,036	0,65/C	10	E

Tabla IV. Características del material

Por otro lado, en las pruebas de instalación en obra se concluyó que se trata de un material muy sencillo de colocar, ya que el proceso es similar a la instalación de otros materiales aislantes de lanas minerales.

Actualmente el material se encuentra en proceso de obtención del marcado CE y el documento Evaluación Técnica Europea se está realizando en el Instituto de la Construcción Eduardo Torroja.

Debido a su buen comportamiento térmico y acústico, y a su bajo impacto ambiental, se considera que es un material muy apropiado para la construcción de edificios sostenibles, que pretendan reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> durante todo el ciclo de vida del edificio, desde la fabricación hasta la deconstrucción.

## REFERENCIAS

- Alba J., Del Rey R., Blanes M., Marco B., “ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ABSORCIÓN SONORA DE LANA DE OVEJA DE DESECHOS DE PELETERÍA”, TECNIACUSTICA 2014 Murcia.
- Alba J.; Del Rey R.; Uris A.; Candelas, P. “LANA DE OVEJA: UNA ALTERNATIVA NATURAL PARA LA ABSORCIÓN SONORA”, Tecniacústica 2015, Valencia.
- ASTM C423 - 09a Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method
- Dragonetti R., Ianniello C., Romano A.R.. Measurement of the resistivity of porous materials with an alternating air-flow method. Journal of the Acoustical Society of America. 129,2,753-764.(2010)
- Ingard, K.U & Dear, T.A: “Measurement of Acoustic Flow Resistance”. Journal of sound and Vibration 103 (1985) 567–572.
- ISO 9869-1: 2014. Thermal insulation. Building elements. In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. Part 1: Heat flow meter method.
- Real Decreto 1371/2007, del 19 de Octubre por el que se aprueba el “Documento Básico de Protección frente al ruido” del Código Técnico de la edificación.
- REGLAMENTO (UE) N o 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo de 2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.
- UNE-EN ISO 11654:1998. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica. (ISO 11654:1997).
- UNE-EN ISO 354:2004 Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante. (ISO 354:2003).

<sup>i</sup> Los valores son provisionales y pueden sufrir ligeras variaciones en función de lo obtenido en las pruebas finales.

# GEOTERMIA CON TUBOS CANADIENSES COMO ALMACENAMIENTO ESTACIONAL DE ENERGÍA EN LOS EECN. COP MÁXIMO A PRINCIPIOS DE PRIMAVERA Y OTOÑO

Manuel Sánchez Iturbe, Energy Manager, IDEYA

Claudio Javier García Ballano, Profesor Titular, E.T.S. de Arquitectura, USJ

**Resumen:** Una de las premisas en el diseño de los edificios de energía casi nula “EECN”, es la de utilizar sistemas de ventilación y climatización que permitan reducir su consumo. La implementación de un intercambiador tierra-aire, “EAHX” (Earth-air heat exchanges), en este tipo de edificios es una estrategia adecuada para conseguirlo. Durante tres años consecutivos, se ha monitorizado el rendimiento del EAHX de un EECN en Zaragoza (edificio CIEM), estudiando su comportamiento como sistema de almacenamiento de energía térmica estacional. Se ha obtenido un COP superior a 80 en las estaciones intermedias reduciéndose significativamente el consumo energético del edificio. Este estudio ha permitido establecer un periodo de retorno de la inversión para esta instalación de 2,8 años.

**Palabras clave:** Geotermia, Tubos Canadienses, EECN, COP, Intercambiador Tierra-Aire, Free-Cooling

## INTRODUCCIÓN

Un intercambiador tierra-aire (Earth-air heat exchanges, EAHX), también llamado tubos canadienses, es una técnica que permite disminuir el consumo energético en los edificios y reducir el dimensionado de los equipos de climatización. Consiste en la instalación de una serie de tubos enterrados a cierta profundidad, a través de los cuales se hace circular el aire exterior empleado en la ventilación del edificio. Este sistema permite tanto calentar como enfriar el edificio gracias a la transferencia térmica que se produce con el terreno. En el edificio CIEM de Zaragoza, se apostó por está permitiendo reducir en gran medida el consumo de energía y por tanto el dimensionado y coste de los sistemas propios de generación mediante energías renovables. Desde su puesta en marcha se ha llevado a cabo una monitorización que ha permitido determinar el consumo real de energía del edificio CIEM y la contribución del sistema EAHX en el ahorro energético, permitiendo verificar su eficacia y eficiencia en climas de tipo mediterráneo como es el de Zaragoza.

## DESCRIPCIÓN DEL INTERCAMBIADOR TIERRA-AIRE EN EL EDIFICIO CIEM

El intercambiador tierra-aire analizado, está formado por un peine de 18 tubos de hormigón de 50 m de longitud, colocados en dos hileras a tresbolillo, a una profundidad entre 4 y 6 m y separados entre sí 0,6m. El diámetro y disposición de las tuberías se han dimensionado teniendo en cuenta aspectos económicos y funcionales, siendo en este caso de hormigón de 300 mm de diámetro interior y 400 mm de diámetro exterior, con un coeficiente de transmisión térmica de 0,93 W/m<sup>2</sup>K. El EAHX del edificio CIEM, trata el 100% del aire utilizado en el sistema de climatización, siendo el caudal variable entre el mínimo necesario para la ventilación, de 5.480 m<sup>3</sup>/h, hasta los 15.500m<sup>3</sup>/h necesarios para climatizarlo mediante free-cooling; por lo que las velocidades de paso por cada uno de los conductos de aire están comprendidas entre 1,19 m/s y 3,38 m/s. Tanto el caudal de aire como las temperaturas de entrada y salida de aire han sido monitorizadas durante un periodo de 3 años y registrados sus valores cada 15 minutos. El aire recorre una distancia de 60 metros, desde el punto de admisión hasta la entrada al sistema de climatización del edificio, siendo de ellos 50 metros los destinados al intercambiador tierra-aire. El terreno de relleno seleccionado ha sido, compactado por capas y humedecido para reducir al máximo la resistencia de contacto con los tubos mejorando así el intercambio de calor.

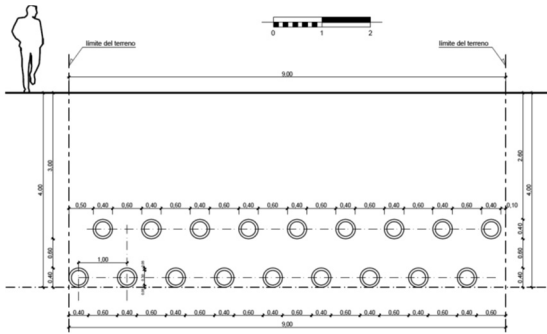


Figura 1. Sección EAHX



Figura 2. Colector de admisión

## Tª DEL TERRENO Y Tª SUPERFICIAL MEDIA DEL INTERCAMBIADOR

Al contrario de lo que ocurre con las condiciones climáticas exteriores, la gran inercia térmica del suelo hace que las fluctuaciones de temperatura a cierta profundidad sean mínimas a lo largo del año, lo que permite ser utilizado como un buen sumidero y almacén de energía térmica. La temperatura del terreno varía con la profundidad [3], desde una temperatura superficial, que evoluciona junto con la temperatura exterior en cada estación del año, hasta un valor prácticamente constante a partir de unos 8 metros. Este valor se corresponde con el promedio anual de temperaturas exteriores (en nuestro caso 17,09°C). Las temperaturas, a distinta profundidad, adquieren una oscilación ondulatoria estacional [6], con un desfase mayor a medida que profundizamos. Así, en nuestro caso, a una profundidad de 0,5 metros tenemos un desfase de 18 días con respecto a la temperatura del suelo, a 2 metros el desfase ya es de 68 días, y a los 6 metros llega a ser de 160 días. Para el caso del terreno donde se ubica nuestro intercambiador, la evolución de la temperatura del terreno queda representada en las siguientes gráficas.

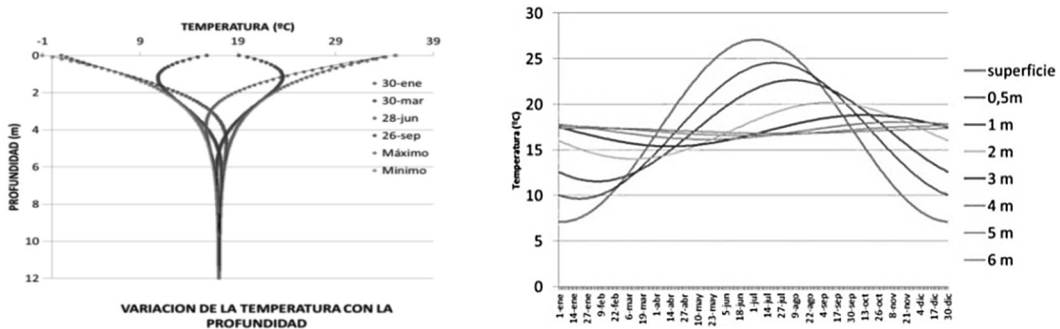


Figura 3. Desfase ondulatorio de la  $t^a$  del terreno en Zaragoza a diferentes profundidades en diferentes días del año, para una difusividad  $\alpha=0,25 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , y desfase de la onda de  $t^a$  con la profundidad (Elaboración propia)

## Alteración de la temperatura del terreno con el EAHX

Al introducir en el terreno un EAHX, alteramos las condiciones de equilibrio iniciales. La nueva situación supone modificaciones en la temperatura del terreno en el entorno del intercambiador, así como un desfase de onda de la temperatura estacional, influyendo seriamente en su rendimiento en su eficacia. Este efecto de saturación ocurre cuando el sistema solo se emplea para enfriar o calentar, o cuando el flujo de entrada de aire es a temperatura constante durante un tiempo prolongado. La temperatura del terreno en el entorno de los conductos se equilibra con la temperatura del aire de entrada reduciendo el proceso de intercambio de calor y por tanto disminuyendo la eficacia del EAHX. Con el funcionamiento habitual del intercambiador, introduciendo aire exterior durante todo el año, este problema no solo se elimina sino que mejora enormemente la eficacia del intercambiador sobre todo en los meses intermedios

de cambio de estación. Así el terreno almacena calor durante los periodos cálidos y lo devuelve durante los fríos evitando la saturación de temperaturas.

### Comportamiento estacional de las temperaturas en el EAHX

En la gráfica de la figura 4 se han representado las temperaturas de entrada “Te” (en rojo), y de salida de aire “Ta” (en azul) del intercambiador, desde octubre de 2011 a marzo de 2013. Se observa claramente la estacionalidad de sus valores, existiendo grandes variaciones térmicas exteriores entre el día y noche durante los periodos cálidos, y con variaciones menores en las estaciones frías.

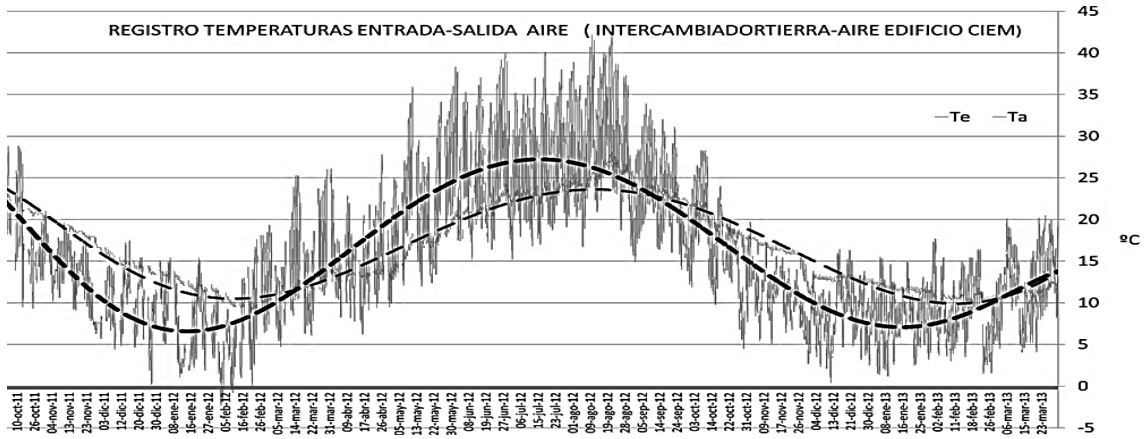


Figura 4. Registro de tª entrada-salida de aire (2011- 2013) y curvas promedio (Gráfica de elaboración propia)

A lo largo del año, la variación de la temperatura exterior es muy acusada (figura 5), con un máximo de 44,5°C en el año 2012; mientras que el aire tras pasar por el intercambiador (figura 5), consigue reducir esta variación a tan solo 19°C.

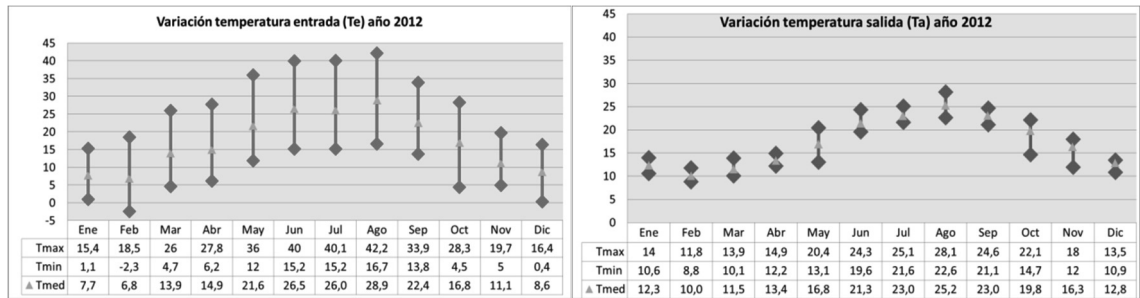


Figura 5. Rangos de variación de la tª del aire a la entrada/salida del EAHX para los distintos meses del año 2012

Se observa el enorme efecto de amortiguador térmico debido a la gran inercia térmica del terreno. Los valores medios de ambas temperaturas siguen curvas sinusoidales de distinta amplitud y con cierto desfase entre ellas [2]; como consecuencia, existirán momentos donde la diferencia entre ambas ondas cambie de signo. Así, en nuestro caso, existe un periodo, desde el 14 de marzo hasta el 14 de Septiembre, donde predomina el enfriamiento del aire (la curva Te está por encima de la Ta), seguido por un periodo de calentamiento (Te por debajo de Ta).

La distribución de temperaturas promedio de entrada y salida ( $T_{e,med}$ ,  $T_{a,med}$ ) del aire siguen las siguientes funciones sinusoidales [6]:

$$T_{e,med} = 17,09 + 10,05 \sin\left(\frac{2\pi(t - 103)}{365}\right) \quad T_{a,med} = 17,12 + 6,65 \sin\left(\frac{2\pi(t - 103)}{365} + 31,2\right)$$

Se aprecia un desfase de 31,2 días entre ellas; este desfase da idea de la gran inercia térmica que tiene el terreno, lo que permite mejorar la eficacia del intercambiador sobre todo en las estaciones de primavera



y otoño. En la figura 6 vemos la relación entre la  $t^a$  de entrada y la salida del intercambiador durante un periodo del año 2012. La gráfica está dividida en tres regiones partidas por una línea diagonal que representa los puntos en los que no existe intercambio de calor ( $T_a = T_e$ ). La región por encima de  $22^{\circ}\text{C}$  indica cuando el edificio necesita refrigerarse, y la región por debajo de  $15^{\circ}\text{C}$  cuándo es necesario calentarlo.

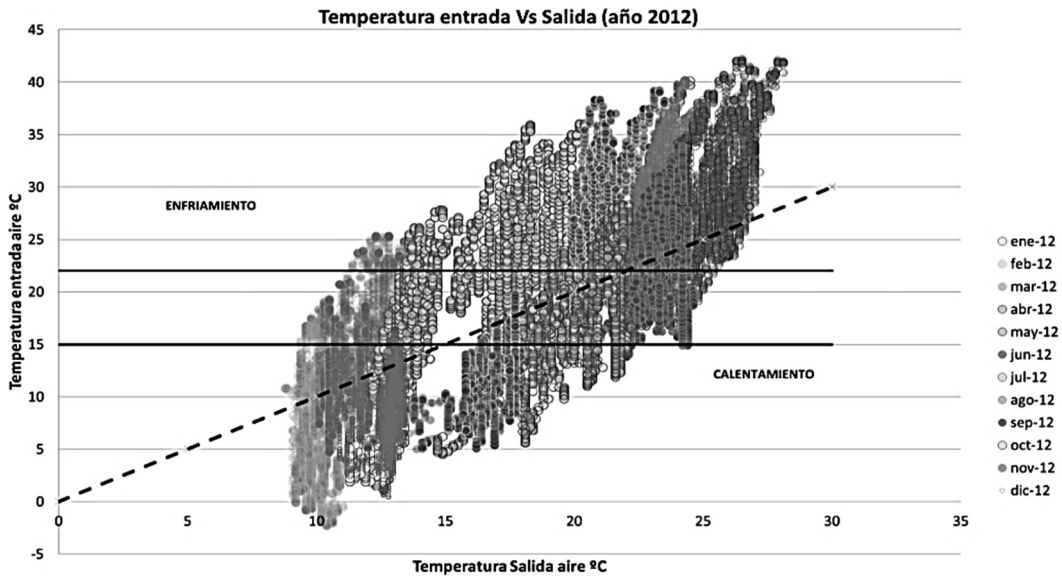


Figura 6. Relación entre la  $t^a$  entrada/salida de aire del intercambiador, mes a mes Año 2012 (Elaboración propia)

Del análisis de la nube de puntos podemos deducir los tres siguientes puntos:

La evolución de la temperatura media del terreno próximo al intercambiador coincidirá con los puntos que intersectan con la diagonal de la figura 6, cuando la temperatura de entrada y salida son idénticas; en estos puntos no existe intercambio térmico y por tanto el intercambiador no transfiere energía.

El centro de la nube de puntos de cada mes va migrando siguiendo una rotación en torno a una diagonal (figura 7); en los meses calurosos está por encima de este eje, mientras que los fríos están por debajo. Esto es debido al desfase de las ondas de temperaturas que hemos visto, y que dan lugar a un efecto de “acumulador térmico”. Así, para una misma temperatura de entrada del aire, se consigue un mayor salto térmico en primavera y otoño que en verano e invierno.

Este fenómeno de histéresis se repite en cada ciclo anual (figura 7). El centro de rotación coincide con la temperatura media del terreno, que a su vez es la misma que la temperatura media del aire exterior durante un periodo de un año (en este caso de  $17,09^{\circ}\text{C}$ ).

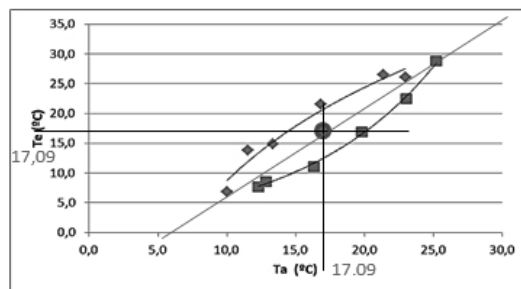


Figura 7. Ciclo de histéresis como relación entre temperaturas de entrada y salida del EAHX de cada mes (Gráfica elaboración propia)

## POTENCIA DEL EAHX, Y BALANCE ENERGÉTICO CON EL TERRENO

El calor total de transferencia entre el aire y el terreno, realizado en el intercambiador, es directamente proporcional al salto térmico generado y al flujo másico del aire de paso, siguiendo la siguiente expresión:

$$Q = \dot{m}_a c_{air} (T_a - T_e) \text{ (W)}$$

La potencia del intercambiador mantiene una honda sinusoidal, con un valor máximo de 83,9 kWc (el 28/11/11) y mínimo de 70,18 kWf (el 10/08/12) según se observa en la figura 8.

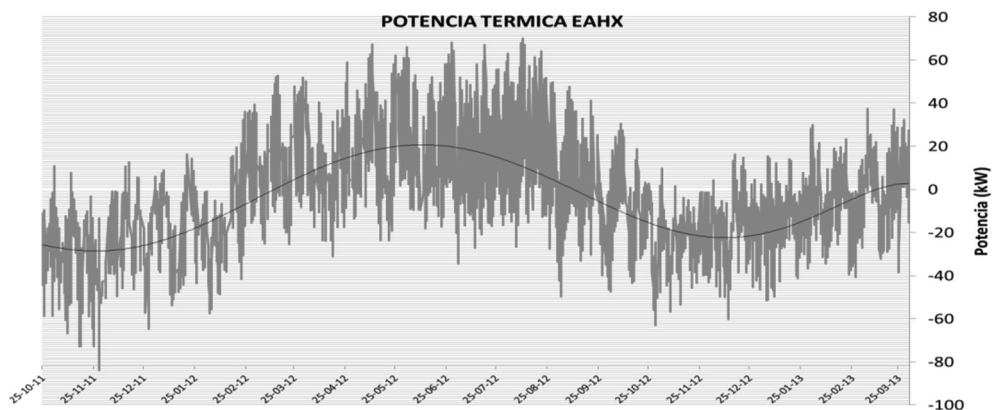


Figura 8. Curva de potencia del intercambiador, calculada con los registros de temperaturas de entrada/salida de aire y su caudal en cada instante, durante un periodo de muestreo de dos años (Gráfica de elaboración propia)

El desfase entre las  $t^a$  de entrada y salida provoca también un desfase en la potencia media del EAXH. En la fig. 8 vemos como los valores máximos no coinciden con los periodos más cálidos, ni los mínimos con los más fríos. El EAXH tiene una mayor capacidad al comienzo de esos periodos y la va perdiendo a medida que avanzan, debido al efecto de carga y descarga del terreno, debido al funcionamiento del propio intercambiador. Durante el invierno, a la vez que se calienta el aire exterior, se enfría el terreno en el entorno del EAXH; este efecto será aprovechado en los primeros días cálidos de la primavera consiguiendo la máxima eficacia del sistema. El intercambiador aportará cada vez mayor potencia frigorífica (pues la temperatura media exterior va aumentando), hasta un valor medio máximo (en nuestro caso de 18,41 kW, el 20 de junio); a partir de este irá perdiendo eficacia. Mientras, el terreno se ha ido calentando y almacenando calor que empezará a descargar en los primeros días fríos del otoño, realizándose un ciclo similar. El desfase que encontramos es de 23 días entre la onda de potencia y la onda de temperatura exterior. De modo que si la temperatura media máxima se alcanza el 12 de julio (con 27,08°C), la potencia media máxima la tendremos 23 días antes, es decir, sobre el 20 de Junio. Los valores de potencia negativa significan que el intercambiador toma calor del terreno, calentando el aire de entrada, mientras que los positivos el calor es cedido desde el aire hacia el terreno.

## ENERGÍA GEOTÉRMICA GENERADA

La energía útil total generada por el intercambiador en el año 2012, se representa en la figura 9. Se han producido 73.738,00 kWh/año, de los cuales 30.751,50 kWh/año han sido transferidos del terreno al aire (calentamiento) y 42.986,50 kWh/año del aire al terreno (enfriamiento). Considerando la inversión realizada en su construcción (34.705,00€, incluyendo tubos, excavación y relleno) y la inversión en un equipo de máxima eficiencia como es una bomba de calor geotérmica equivalente en potencia (24.898,00€ incluyendo pozos captación y tubería), se amortiza en 2,8 años, (teniendo en cuenta una eficiencia frigorífica estacional EER de 4 para la bomba de calor, y un coste de la energía eléctrica de 0,19€/kWh). Los máximos picos se alcanzan durante los meses de Mayo y Noviembre, que son cuando mayor eficiencia alcanzamos. En estos casos el COP del intercambiador es superior a 80, verificando los resultados conseguidos en otras instalaciones similares [1] [2].

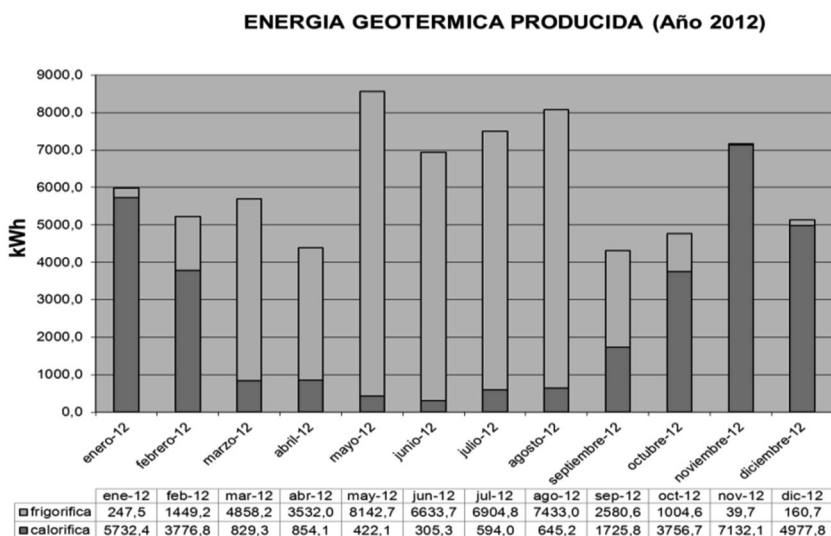


Figura 9. Energía geotérmica obtenida en el EAHX durante el año 2012 en el edificio CIEM (Elaboración propia)

## CONCLUSIONES

En un intercambiador tierra-aire el calor absorbido o emitido por el aire es transmitido a través de las paredes de los conductos hacia el terreno. La eficacia del EAHX depende de su dimensionado, pero también de las variaciones climáticas exteriores y de la temperatura del terreno [4]. Así, la mayor eficacia se consigue en climas moderados con importantes variaciones de temperatura estacionales. En estas condiciones, el terreno actúa como un amortiguador térmico o almacén de energía térmica. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura estacional tanto mayor será el desfase de temperatura del terreno con respecto al ambiente y por tanto mayor rendimiento conseguiremos. La geotermia de baja temperatura no debemos considerarla como una fuente de calor inagotable, sino como un sistema de almacenamiento de energía capaz de compensar las fuertes variaciones térmicas externas. Estos sistemas no son válidos con flujos de aire de temperatura de entrada constante durante largos periodos de tiempo. El uso de un intercambiador tierra aire en un edificio EECN consigue reducir su consumo energético, siendo, en combinación con otras soluciones pasivas, uno de los pilares fundamentales que han permitido alcanzar los objetivos previstos en el diseño de un edificio de energía casi nula (EECN). Gracias a la monitorización (sensores de temperatura y caudal del intercambiador tierra-aire) es posible analizar su comportamiento termo dinámico, constatando que se aproxima con bastante precisión a los estudios teóricos y a la literatura sobre casos de estudio similares [5] [1]. Esto ha permitido demostrar su elevada eficiencia energética y su alta rentabilidad con un retorno de inversión de 2.8 años.

## REFERENCIAS

- [1] Chiesa & Simonetti, 2013, A 3-field earth-heat-exchange system for a school building in Imola, Italy.
- [2] Fafferott, 2003, Evaluation of earth-to-air heat exchangers with a standardized method to calculate energy efficiency.
- [3] Givoni & Katz, 1985, Earth temperatures and underground buildings.
- [4] Hollmuller & Lachal 2001, Air-soil heat exchangers for heating and cooling of buildings: Design guidelines, potentials and constrains, system integration and global energy balance;
- [5] Janssens & Steeman 2006, Energy performance of earth-air heat exchanger in a Belgian office.
- [6] Ozgener & Ozgener, 2013, A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications.

# CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS MEDIANTE TERMOACTIVACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN Y EN COMBINACIÓN CON GEOTERMIA

**Iván Castaño Simón**, Application Manager, Uponor  
**Israel Ortega**, Director de Formación y Servicio Técnico, Uponor Iberia

**Resumen:** Las soluciones de Termoactivación de estructuras de hormigón aprovechan la inercia térmica del hormigón a través de la incorporación en la estructura del edificio de circuitos de tuberías a través de las cuales circula agua que se calentará o enfriará previamente según se desee calefactar o refrigerar el edificio, según la época del año en la que nos encontremos. Con estos sistemas, los ahorros de energía empleada para climatizar edificios oscilan entre el 30% y el 90% respecto a los sistemas tradicionales. Estas soluciones son compatibles con todo tipo de fuentes de energía, tanto convencionales, como renovables como es el caso de la geotermia. Combinando ambos sistemas de generación y emisión de energía se logra una temperatura óptima de confort en el interior de los edificios con un menor consumo de energía además de una reducción de los costes de inversión y un incremento del confort.

**Palabras clave:** TABS, Forjado, Activo, Termoactivación, Geotermia, Pex, Comparativa, Ahorro, Eficiencia, Energética

## INTRODUCCIÓN

Es fundamental reducir las necesidades energéticas en los edificios como parte de un consumo racional de los recursos energéticos. Para lograrlo es fundamental plantearse incorporar sistemas de climatización que aporten un ahorro energético notable, aumentando el confort, con menores costes de instalación y mantenimiento. Las soluciones de Climatización Invisible mediante sistemas radiantes, como suelo, pared y techo radiante son una magnífica opción al aportar numerosas ventajas:

- Menor consumo de energía y compatibilidad con energías renovables
- Fiabilidad durante toda la vida útil del edificio y menor mantenimiento
- Crear ambientes más saludables y confortables

Una variante de dichos sistemas son las soluciones de Termoactivación de las estructuras de hormigón, también conocida como TABS (Thermally Active Building System) están presentes en más de 1000 edificios representativos en Europa y se caracterizan por llevar a la máxima expresión el uso de la inercia térmica de la masa del propio edificio.

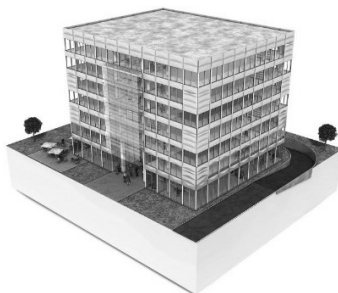


Figura 1. Edificio ejemplo aplicación

## Sistema de emisión

### Descripción

La Climatización Invisible mediante la Termoactivación de estructuras de hormigón, es capaz de ahorrar entre un 30% y 90% de energía en comparación con los sistemas tradicionales, siendo compatibles con todo tipo de fuentes de energía: solar térmica, geotermia, microgeneración o absorción. Este sistema aprovecha la inercia térmica del hormigón a través de la incorporación en la propia estructura del edificio, de los entramados de circuitos de tuberías con barrera antidifusión de oxígeno, a través de las cuales circula el agua. De este modo, los techos, suelos y las paredes contribuyen a refrigerar el ambiente de forma perceptible, además de servir de complemento a la calefacción básica del edificio.



Figura 2. Sección ejemplo de aplicación

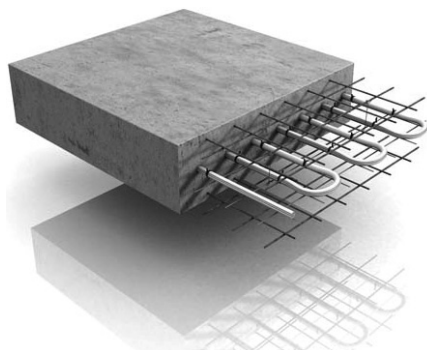


Figura 3. Estructura Termoactivada

Estos sistemas utilizan agua cercana a los 28°C en calefacción y en torno a los 18°C en refrigeración, cercana siempre a la temperatura ambiente. Esto incrementa la eficiencia de las fuentes de energía renovables y reduce las pérdidas de energía a través de los cerramientos, factor de gran importancia en edificios con envolvente acristalada. Mediante los sistemas radiantes no se genera ningún tipo de estratificación de temperaturas, de este modo se logra climatizar alturas próximas a los 3 m. Permite *generar espacios diáfanos y sin obstáculos por lo que se incrementa la superficie útil del edificio entre un 3% y un 5%*, y al no estar a la vista, proporciona libertad total de espacios.

### Modo de funcionamiento

En modo refrigeración, el sistema por la noche, cuando el edificio está vacío y el coste de la energía es menor, enfría el núcleo de hormigón del edificio. De día, cuando los usuarios de las instalaciones están en su interior y se encuentra el edificio a pleno rendimiento, la losa del techo, que estaba fría, acumula la carga térmica del interior o de la radiación solar, enfriándose de nuevo por la noche y repitiéndose el ciclo.



Figura 4. Acumulación carga térmica



Figura 5. Enfriamiento de la masa de hormigón

## Fuente de energía

### *Sistema de bomba de calor*

La geotermia es sencillamente el aprovechamiento de la energía almacenada en forma de calor en el terreno. La energía se obtiene mediante captadores geotérmicos mediante captadores plásticos avanzados y bombas de calor, empleados en calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e industrial entre otros. Se utiliza desde hace más de 50 años para calefacción y refrigeración. La solución tratada, se compone entonces por una fuente de calor, una bomba de calor y un sistema de emisión. Hablamos de geotermia cuando se usa el terreno como fuente de dicho calor.

### *Valores de referencia*

La temperatura en el terreno aumenta una media de 3 °C cada 100m de profundidad. En invierno a unos metros de profundidad la temperatura del suelo alcanza ya un valor medio de 15 °C. En verano la temperatura a unos metros de profundidad presenta una temperatura casi constante de 15 °C. Esto es aplicable en la mayoría de los casos a los periodos de transición en primavera y otoño. La evolución de la temperatura del suelo a poca profundidad pone de manifiesto que la geotermia es una fuente de energía constante que está siempre disponible.

### *Sistemas de captación de energía geotérmica*

Como captadores de geotermia (intercambiadores de calor) podemos distinguir entre captadores horizontales y verticales.

- Captadores horizontales geotérmicos: instalados en posición horizontal en los 5m superiores del terreno
- Pilotes termoactivos y muros de cimentación: prefabricados o como estructuras de cimentación (Los circuitos del captador se sitúan sobre las estructuras y después el conjunto se rellena de hormigón)
- Captadores verticales o sondas geotérmicas: instalados en posición vertical en el interior de un sondeo perforado en el terreno a profundidades de entre 80 y 200 m. Cestas de energía: instaladas verticalmente en el terreno a niveles más bajos.

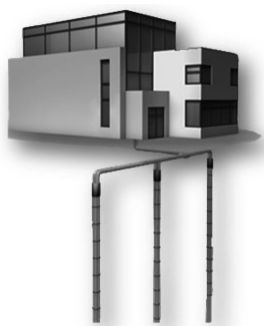


Figura 6. Pozos geotérmicos



Figura 7. Cesta energética

## Diseño

Contar con esta combinación de sistemas de emisores y captadores de energía en un edificio, requiere su consideración desde la etapa originaria del proyecto, recomendándose preferentemente en aquellos edificios que por su tipología tengan una ocupación temporal a lo largo del día y cuenten con más de una planta en altura, como es el caso de los edificios de oficinas, centros comerciales, universidades, etc.

Inicialmente se estimará la ocupación en función del horario y las cargas sensibles que se generarán por la actividad desarrollada, para posteriormente poder calcular el rendimiento de la instalación en función de factores como:

- La geometría del edificio y su orientación
- La actividad a desarrollar
- Las fuentes de energía
- La posición de los circuitos dentro del propio forjado del edificio
- Dimensionamiento de los circuitos (diámetro y longitud de la tubería)
- Hormigón seleccionado
- Pavimento final

El proceso de instalación es perfectamente compatible fabricadas que incluyen los circuitos en su interior o mediante módulos prefabricados que se instalan previamente al vertido del hormigón. A continuación se realizan las pruebas de estanqueidad y mecánicas en los circuitos, según norma UNE ENV 12108. Posteriormente cada circuito se conecta a un colector desde donde se regulará el caudal de agua necesario; este colector se alimentará a través de unas tuberías de distribución de agua, que transportarán el agua acondicionada a la temperatura necesaria (18 – 28°C).



Figura 8. Oficinas Centrales Vía Célere (Madrid)



Figura 9. Instalación sistema Termoactivación

La regulación y funcionamiento de la instalación podrá llevarse desde puestos centralizados para un correcto funcionamiento de la instalación con rendimientos en torno a los 50W/m<sup>2</sup> (calefacción/refrigeración) y controlando:

- Temperatura exterior / interior / superficial del pavimento
- Humedad relativa

Referencias de reciente construcción (Termoactivación de estructuras / Sistema Geotérmico)

- Edificio ICTA de la Universidad Autónoma de Bellaterra – Barcelona (España)
- Remodelación del Archivo General del Banco de España - Madrid (España)
- Mercat de Sant Antoni – Barcelona (España)
- Centro Multifuncional Daoíz y Velarde – Madrid (España)
- Universidade de Aveiro – Aveiro (Portugal)
- Museu dos Coches – Lisboa (Portugal)

## Descripción estudio comparativo

### Sistemas a comparar

Comparativa de diferentes sistemas de climatización:

- Forjados Activos + UTAS encargadas de cubrir la carga latente, mantener los niveles de humedad relativa exigidos y atender a la renovación de aire, incorporando recuperación de calor.

- (Calderas de condensación y enfriadoras para producir agua caliente y fría.)
- Forjados Activos + Geotermia + UTAS encargadas de cubrir la carga latente, mantener los niveles de humedad relativa exigidos y atender a la renovación de aire, incorporando recuperación de calor. (Bombas de calor agua-agua, para la producción de agua caliente y fría.)
  - Fan-Coil. (Calderas de condensación y enfriadoras para producir agua caliente y fría.)
  - UTAS. (Calderas de condensación y enfriadoras para producir agua caliente y fría.)

### Edificio y Localización

Para tal fin se ha elegido un edificio de oficinas, situado en Madrid y Barcelona, con el objetivo de demostrar la validez de los sistemas de Termoactivación de estructuras de hormigón, tanto para la calefacción como para la refrigeración de cualquier tipo de edificio, independientemente de la zona climática en el que se encuentre localizado. Siendo las características del mismo:

- Edificio de 4 plantas con atrio central para uso de oficinas
- Espacio a climatizar: 1.000 m<sup>2</sup>
- Dimensiones 29x11x12m
- Nº de plantas y altura de techos: 4 m / 2,8 m

### Cálculo de cargas térmicas en calefacción y refrigeración (Madrid y Barcelona)

Las consideraciones iniciales son:

- Temperatura Operativa en verano / invierno: 25 °C / 21 °C.
- Volumen de renovación de aire en el área de oficinas: 12 l/s/persona.
- Cargas por equipos, ocupación, iluminación: 20W/m<sup>2</sup> / 90 W/persona / 10 W/m<sup>2</sup>.

Cálculo para la ciudad de Madrid

- Los datos climatológicos para la localidad de Madrid son:
- Latitud: 43,4537º N / Longitud 3,55º W.
- Altitud: 582 m.
- Temperatura Seca / Temperatura Húmeda en Verano: 37,1 °C / 21,2ºC.
- Percentil Verano: 1%.
- Temperatura Seca Invierno: -3 °C.
- Percentil Invierno: 99%.

Cargas térmicas en Madrid	Descripción	Cargas por calefacción	Cargas por refrigeración
Carga sensible media en los locales		42 W/m <sup>2</sup>	66,4 W/m <sup>2</sup>
Cargas extremas calefacción	Atrio+entrada	142 W/m <sup>2</sup> + 135 W/m <sup>2</sup>	
Cargas extremas en refrigeración	Atrio+entrada		171 W/m <sup>2</sup>
Total		48.220 W	71.300 W

Cálculo para la ciudad de Barcelona

- Los datos climatológicos para la localidad de Madrid son:
- Latitud: 41,28º N / Longitud 2,07 E.
- Altitud: 6 m.
- Temperatura Seca / Temperatura Húmeda en Verano: 30,2 °C / 24,1ºC.
- Percentil Verano: 1%.
- Temperatura Seca Invierno: 2 °C.
- Percentil Invierno: 99%.



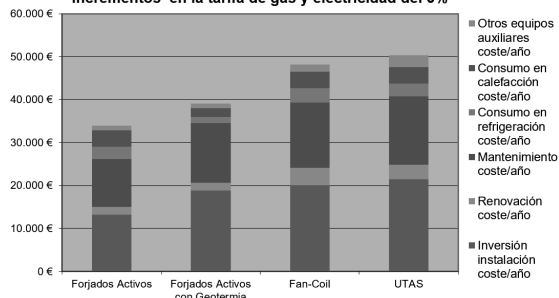
Cargas térmicas en Barcelona	Descripción	Cargas por calefacción	Cargas por refrigeración
Carga sensible media en los locales		36 W/m <sup>2</sup>	70 W/m <sup>2</sup>
Carga sensible media en los locales	Atrio + entrada	116 W/m <sup>2</sup> +108 W/m <sup>2</sup>	
Cargas extremas calefacción	Atrio + entrada		176 W/m <sup>2</sup>
Total		40.830 W	74.560 W

## CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO

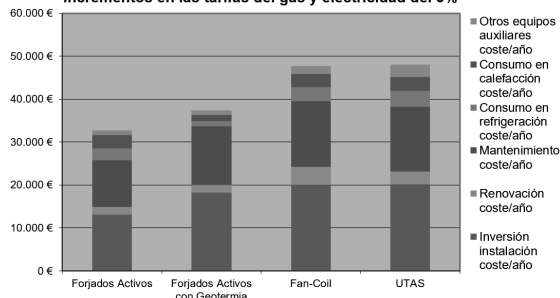
A continuación se muestra el resumen de todos los costes implicados en la instalación y funcionamiento de estos sistemas durante un periodo de 15 años considerado la hipótesis de un incremento de la tarifa del gas y la electricidad del 3%. En ambos casos la solución de Forjados Activos se presenta como el mejor sistema de climatización, independientemente de la fuente de energía y de la localización geográfica, en comparación con los sistemas más habituales para la climatización de edificios de uso terciario: Fan-Coils y UTAS. Los Sistemas de Forjados Activos, se presentan como la solución que menos consumo energético requiere y menores costes en inversión tiene, siendo al mismo tiempo el sistema que proporciona un mayor confort térmico para los usuarios, facilitando el cumplimiento de normas como la UNE EN ISO 7730 para el cálculo del bienestar térmico.

- Ahorros de energía de hasta el -68% en combinación con Geotermia
- Los costes de inversión se reducen hasta un -33%
- El confort se incrementa en un +20%

Madrid: Coste anual para un periodo de 15 años con incrementos en la tarifa de gas y electricidad del 3%



Barcelona: Coste anual para un periodo de 15 años con incrementos en las tarifas del gas y electricidad del 3%



## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en estas breves líneas a todas aquellas compañías con diferentes perfiles que han trabajado para integrar este tipo de soluciones en sus proyectos, obteniendo excelentes resultados. En especial a IDOM, Eneres y Sacyr Industrial.

## REFERENCIAS

- Equa Simulation Oy y Mott MacDonald Limited, 2013. Estudio comparativo Costes del ciclo de vida. Sistema de Forjados Activos y otros sistemas de climatización.
- Fundación de le Energía de la Comunidad de Madrid, 2014. Guía sobre estructuras termoactivas y sistemas inerciales en la climatización de edificios.
- Uponor. Manual de instalación de sistemas radiantes. 2013.

# UN MODELO GENERAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO PARA EDIFICIOS DE ENERGÍA CASI NULA

**Eneko Iturriaga**, Director de proyectos. Dpto. Industria y Energía, LKS Ingeniería  
**Unai Aldasoro**, Investigador Postdoctoral, Basque Center for Applied Mathematics (BCAM)  
**Álvaro Campos-Celador**, Profesor de Universidad, Universidad del País Vasco (UPV-EHU)  
**José M. Sala**, Catedrático de Universidad, Universidad del País Vasco (UPV-EHU)

**Resumen:** En esta comunicación se presenta un modelo general para la optimización de sistemas de abastecimiento energético orientado hacia el objetivo de conseguir Edificios de Energía Casi Nula. Dicho modelo se basa en una superestructura general que permite incluir todas las tecnologías existentes y futuras, cubriendo calefacción, agua caliente sanitaria, refrigeración y electricidad. El modelo se ha aplicado a un caso de estudio consistente en un edificio residencial situado en Bilbao. Se han desarrollado modelos de estimación de costes para tecnologías de abastecimiento de energía. El método se ha aplicado para conseguir distintos objetivos de consumo de energía primaria no renovable, obteniendo la instalación óptima y su operación para cada uno de los casos. Para todos los casos se obtiene como resultado de la optimización la instalación de una caldera convencional, un motor de cogeneración y almacenamiento térmico y además, en determinados casos, la instalación de una planta fotovoltaica en cubierta. El coste óptimo se ha obtenido para un consumo de energía primaria no renovable anual de 114,5 kWh/m<sup>2</sup>. El límite de cubierta se supera cuando el límite de energía primaria no renovable baja de 75 kWh/m<sup>2</sup>. Por otro lado, el sistema de abastecimiento energético resultante deja de ser económicamente rentable cuando el límite de energía primaria no renovable baja por debajo de los 58 kWh/m<sup>2</sup>, con un coste anual 1,4 veces el coste óptimo.

**Palabras clave:** Optimización, MILP, EECN, Modelo General, Sistema de Abastecimiento Energético

## INTRODUCCIÓN

La Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética de edificios impone fechas límite para que todos los Estados Miembros se aseguren de que todos los edificios nuevos, así como poco a poco el stock existente, sean Edificios de Energía Casi Nula (EECN), un concepto que debe definirse por dichos Estados siguiendo una metodología propuesta en la Directiva. Esto hace necesario la optimización de los diseños para conseguir dicho objetivo para una inversión mínima. La optimización puede realizarse a dos niveles: a nivel de demanda, mediante medidas de ahorro energético, o a nivel de consumo, mediante sistemas de abastecimiento energético.

En este trabajo se presenta un modelo general para la optimización del sistema de abastecimiento energético de edificios para la consecución de EECNs. Sus principales contribuciones son el desarrollo de un modelo matemático sencillo basado en una superestructura general que representa una integración y operación de todas las tecnologías posibles para sistemas de abastecimiento energético en edificios; y el desarrollo de un método simplificado para caracterizarlos edificios mediante días de referencia.

El modelo matemático descompone el sistema de abastecimiento energético en distintos módulos que forman la superestructura general. En éste incluyen todas las tecnologías existentes en el mercado, permitiendo la interacción entre los módulos y la integración con el entorno del edificio (red eléctrica o redes de frío y de calor). El modelo permite la operación parcial de las distintas tecnologías dentro de un rango, en función de cada tecnología. También permite obtener la distribución de demandas y condiciones climáticas a lo largo de un año gracias a una serie de días tipo definidos mediante datos incluidos por el usuario. Se considera de gran valor para etapas iniciales de diseño de edificios, cuando se dispone de poca información.

El método se aplica a un edificio residencial localizado en Bilbao. Se incluyen las principales tecnologías existentes en el mercado mediante el desarrollo de modelos de estimación de costes. Posteriormente, se

obtienen la configuración y la operación de los sistemas de abastecimiento energético óptimos para distintos objetivos de consumo de Energía Primaria No Renovable (NRPE). Este análisis ha permitido obtener una idea general sobre la viabilidad del objetivo EECN para el edificio analizado.

## METODOLOGÍA

Cualquier sistema de abastecimiento energético para edificios se puede entender como distintos módulos de aporte energético integrados para satisfacer las demandas: calefacción, ACS y refrigeración. Por ello, se distinguen los siguientes módulos: módulos de calefacción a alta (HT), media (MT) y baja temperatura (LT) trabajando a 110-130°C, 60-80°C, y 40-55°C respectivamente, módulo de refrigeración y módulo de electricidad. El modelo de optimización se basa en programación mixta entera (MILP) que permite optimizar el diseño y operación de sistemas de abastecimiento energética.

El modelo minimiza el coste anualizado (amortizable más costes variables) de cumplir la meta de energía primaria no renovable límite en un año. Las variables de decisión son: 1) el número de unidades de cada tecnología a instalar, 2) la producción de cada equipo en cada intervalo de tiempo y 3) el encendido o apagado de cada una en cada intervalo de tiempo. Además, las restricciones de modelo corresponden a los balances de energía de módulos y equipos, el límite de energía primaria no renovable y el área de cubierta disponible.

El modelo requiere por parte del usuario de información general del edificio: demandas de calefacción, ACS, refrigeración y electricidad, potencia pico. Contiene rutinas para convertir estos datos en una serie de perfiles para días tipo representativos. Información detallada sobre el modelo y la generación de los perfiles de demanda y temperaturas e irradiación puede verse en el link adjunto<sup>1</sup>.

## CASO DE ESTUDIO

Se ha seleccionado un edificio de reciente construcción (año 2014, certificación B) ubicado en Bilbao, en el que se ha evaluado el sistema de abastecimiento energético óptimo para llegar a distintos límites de NRPE. El edificio demanda calefacción, ACS y electricidad. Consta de 9 alturas con un total de 72 viviendas con un área útil promedio de 80,6 m<sup>2</sup> (5.805 m<sup>2</sup> en total). La cubierta útil disponible que limita la colocación de paneles térmicos y fotovoltaicos es de 687,5 m<sup>2</sup>. Las demandas anuales de calefacción, ACS y electricidad son, respectivamente, 20,20 kWh/m<sup>2</sup>, 19,56 kWh/m<sup>2</sup> y 40 kWh/m<sup>2</sup>. Los perfiles de temperatura e irradiación, así como la distribución horaria de las demandas, se realizan a partir de datos climáticos de determinados días tipo. Los perfiles de demanda de ACS se han obtenido a partir de consideraciones del IDAE (2009, 2011), mientras que para la demanda eléctrica se han usado los propuestos por el Annex 42 del EBCS de la IEA (Kretzner y Knight, 2006). Se ha determinado una potencia pico de 260 kW para las tecnologías gestionables.

Las tecnologías consideradas se listan en la Tabla I. Se han realizado modelos de regresión basados en valores del mercado tanto para costes (equipos e instalación) como para su eficiencia ([ver link](#)<sup>1</sup>). Se ha impuesto un valor mínimo de Ahorro de Energía Primaria (PES) (BOE, 2007) para la operación de las unidades de cogeneración. El mantenimiento anual se incluye como un 2.5% del coste de la instalación. Se ha supuesto un interés anual del 2.5% y una vida útil de 20 años.

<b>Modulo calor HT</b>	Colector solar, Ciclo orgánico de Rankine, Almacenamiento térmico
<b>Modulo calor HT</b>	Colector solar, Motor de combustión interna, Turbina de gas, Caldera de biomasa, Caldera convencional de gas, Almacenamiento térmico
<b>Modulo calor HT</b>	Colector solar, Caldera de condensación de gas, Bomba de calor aire-agua, Almacenamiento térmico
<b>Modulo calor HT</b>	Panel fotovoltaico

Tabla I. Tecnologías consideradas

Todas las tecnologías pueden regular la carga totalmente menos las cogeneraciones, que solo pueden regular hasta un 60% de su potencia nominal. El coste considerado para los combustibles se muestra es de 0,054 para el gas natural, 0,041 para la biomasa (pellet), 0,223 para la compra de electricidad y 0,0496 €/kWh para la venta de electricidad. El objetivo es optimizar la instalación para minimizar el coste anual para distintos valores objetivos de NRPE. Por ello se definen 7 casos cubriendo los siguientes valores límite de consumo de NRPE: 150, 120, 105, 90, 75, 60 y 0 kWh/m<sup>2</sup>, siendo el último un caso de Edificio de Energía Nula.

## RESULTADOS

Se ha realizado la optimización de los 7 casos y se ha obtenido que todos ellos se corresponden con la configuración que se muestra en la Figura 1 y las configuraciones particulares que se ven en la Tabla III.

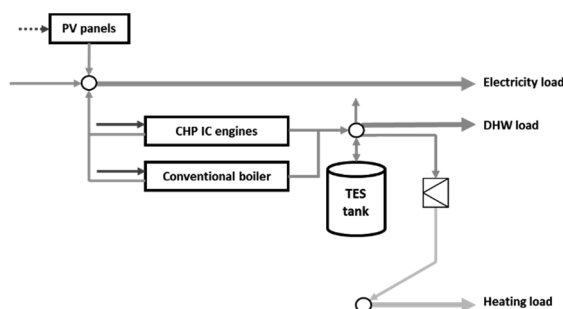


Figura 1. Estructura de la configuración óptima del Sistema de abastecimiento energético

	Caso A-B	Caso C	Caso D	Caso E	Caso F	Caso G
<b>Objetivo NRPE (kWh/m<sup>2</sup>año)</b>	<b>114.5</b>	<b>105</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
CHP motores (kW <sub>e</sub> )	60 (1 ud.)	60 (1 ud.)	60 (1 ud.)	60 (1 ud.)	60 (1 ud.)	60 (1 ud.)
CHP –horas de operación (h/a)	7,054	5,951	5,133	4,431	4,766	4,466
Caldera convencional (kW)	150	150	150	150	150	150
Almacenamiento térmico (l)	1000	1000	2000	3000	3000	4000
Paneles PV (kW)	0	25	67	109	156	338
Cubierta ocupada (%)	0%	23%	61%	100%	<b>143%</b>	<b>310%</b>

Tabla II. Dimensionamiento de las configuraciones óptimas

Los Casos A y B coinciden, lo que supone que el coste mínimo total se consigue sin aplicar la restricción del límite de NRPE, teniendo como configuración aquella que da la optimalidad de coste. Es decir, hay un nivel de NRPE que implícitamente cumple el coste mínimo anual, 114,5 kWh/m<sup>2</sup> para este caso. A partir de ahora dichos casos se tratan conjuntamente como Caso A-B. Por otro lado, se observa que los Casos F y G no son soluciones factibles puesto que requieren más cubierta que la disponible, más de 3 veces la disponible en el caso de Edificio de Consumo Nulo (Caso G). Estos casos se han obtenido eliminando la restricción de cubierta para analizar potenciales soluciones en el caso de que no hubiera limitación de cubierta. Se observa que según se reduce el objetivo de NRPE, la instalación óptima tiende a incluir más paneles y a colocar mayor almacenamiento térmico para tener más flexibilidad. La operación de la cogeneración reduce con el objetivo NRPE y su funcionamiento es prácticamente constante (alrededor de 60%). Esto se explica porque el perfil de demandas de calor y electricidad es el mismo para todos los casos y se trata de autoconsumir la máxima cantidad de electricidad para maximizar la rentabilidad (ver Tabla III).

## Análisis energético

Más allá de la configuración, la operación difiere en cada caso, a continuación se analiza desde un punto de vista térmico y eléctrico. El análisis térmico estudia la interacción entre la caldera, la unidad de

cogeneración, el almacenamiento y la evacuación de calor; la cual se resumen en la Tabla IV. La evacuación de calor es 100% calor de la cogeneración, puesto que la caldera permite la regulación total de carga y la cogeneración solo parcialmente. Es por ello que evacúa cuando sigue la demanda eléctrica, evacuando parte del calor. Es por ello que una reducción del objetivo NRPE conlleva a menos horas de operación de la cogeneración de cara a reducir el calor evacuado en aquellas horas con menor demanda térmica. Sin embargo, nótese que la operación siempre debe de respetar los límites de PES impuestos.

	Caso A-B	Caso C	Caso D	Caso E	Caso F	Caso G
<b>Objetivo NRPE (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	<b>114,5</b>	<b>105</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
Demanda térmica (kWh/a)	230.835					
Motor cogeneración (kWh/a)	487.256	406.700	356.451	300.091	330.973	304.717
Caldera convencional (kWh/a)	99	2.543	1.375	1.406	586	1.506
Calor almacenado (kWh/a)	41.619	72.233	104.266	118.837	144.789	108.604
Evacuación de calor (kWh/a)	256.520	178.409	126.990	70.662	100.724	75.388

Tabla III. Dimensionamiento de las configuraciones óptimas

Menos horas de operación de la cogeneración, no significa una mayor operación de la caldera, debido a que se incluyen más tanques que permiten almacenar parte del calor que se tira cuando el límite de NRPE es mayor (Tabla III). Se observa que la producción de caldera es muy baja respecto a potencia instalada, esto se debe al límite de potencia pico que se impone para hacer frente a condiciones puntuales de demanda (método de dimensionamiento). La baja producción de la caldera explica que el modelo no elija calderas de condensación, pues la mayor eficiencia no justifica la mayor inversión. La ruptura en la tendencia a partir del Caso E se debe a que se elimina la restricción de cubierta y no tiene que ajustarse a la cubierta disponible como ocurre en el Caso E (100% de cubierta ocupada). En los Casos E y F la instalación compensa la evacuación de calor mediante producción fotovoltaica adicional.

El análisis realizado para la producción térmica de la cogeneraciones extrapolable a la producción eléctrica, pues ésta tiene una relación cuasi-constante con la producción térmica. El sistema de abastecimiento energético puede emplear la red como un depósito eléctrico, pero como el precio de compra es 3 veces el de venta, el sistema tiende a autoconsumir. Esta tendencia se vería reducida si habría una mayor simetría en los precios de compra y venta de electricidad.

## Análisis económico

Como es obvio, la necesidad de inversión aumenta según vamos reduciendo el objetivo de NRPE, el valor total de la inversión junto con el desglose por equipos se presente en la Figura 2.

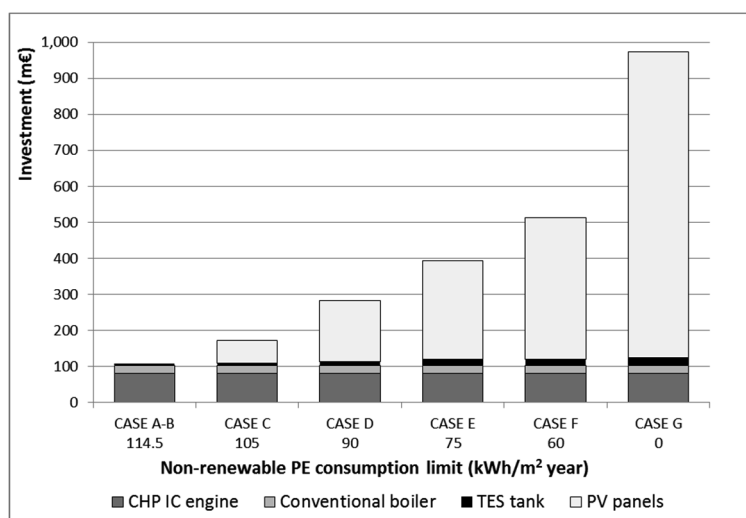


Figura 2. Composición del coste de la inversión de los distintos casos evaluados

El incremento de la inversión conlleva la instalación de sistemas más eficientes que, a su vez, tienen un menor consumo de energía primaria. Esto no requiere implícitamente unos costes variables menores pues distintos combustibles tienen distintos costes. La suma de costes fijos y variables da lugar al coste anual que como se vió presenta un óptimo para un valor de NRPE de 114,5 kWh/m<sup>2</sup>a. Los resultados económicos para los casos de estudio, incluyendo aquellos no factibles, se presentan en la Tabla IV.

	Caso A-B	Caso C	Caso D	Caso E	Caso F	Caso G
<b>Objetivo NRPE (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	<b>114.5</b>	<b>105</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
Inversión (€)	108.225	170.916	281.546	392.830	511.682	973.643
Costes variables (€/a)	45.362	46.421	43.969	42.125	41.269	65.351
Coste anual (€/a)	52.288	57.359	61.988	67.265	74.016	106.695
Payback (a)	3,8	7,4	11,7	15,6	19,9	4,9

Tabla IV. Resultados económicos

Los ahorros calculados se han obtenido comparando las instalaciones resultantes con una de referencia, consistente en una caldera convencional para calefacción y ACS, que importa toda la electricidad demandada de la red. Su inversión es 31.429 € y supone unos costes anuales de 64.565 €/a (resultando en consumo de NRPE de 226,82 kWh/m<sup>2</sup>a). Estos valores se han empleado para calcular el payback, considerando su sustitución una vez amortizada. Se obtiene que el payback iguala a la vida útil de la nueva instalación cuando se alcanza el límite de 58 kWh/m<sup>2</sup>a. Sin embargo, ésta es ya una solución infactible por la limitación de cubierta. Por lo tanto, el caso F (60 kWh/m<sup>2</sup>) no es factible por falta de cubierta, mientras que el Caso G (Edificio de Energía Nula) es doblemente infactible por falta de cubierta y por la imposibilidad de recuperar la inversión. Se destaca que el edificio seleccionado tiene un elevado ratio de cubierta a superficie útil total (0.12 m<sup>2</sup>) y que toda la cubierta se consideró disponible para la instalación fotovoltaica. Esto refuerza la idea de que la disponibilidad de cubierta puede ser el factor limitante en el futuro, a pesar de que se reduzca el coste de las tecnologías más eficientes. En la Figura 3 se muestran los costes anuales mínimos (línea negra) en función de los distintos límites de NRPE. Como se ha dicho, se tiene un valor mínimo en 114,5 kWh/m<sup>2</sup>, valor que aumenta cuando se buscan menores NRPE. Sin embargo, según reducimos el objetivo de NRPE aparecen las dos restricciones identificadas, limitando las soluciones posibles (área en gris). Como se ha comentado antes, primero actúa la limitación de cubierta, arrojando un mínimo de consumo de energía primaria no renovable para el edificio seleccionado de 75 kWh/m<sup>2</sup>a.

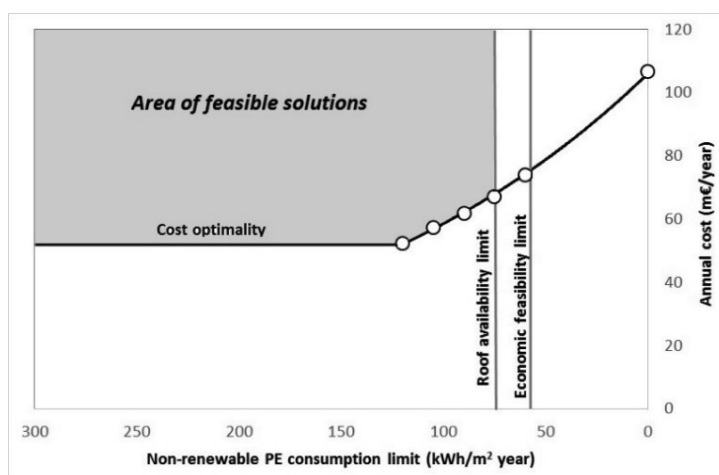


Figura 3. Representación de las soluciones viables en función de los límites NRPE

En general, se puede decir que la disponibilidad de cubierta es un elemento clave a considerar cuando se trata llegar a ciertos niveles de NRPE. Considerando esta limitación para la producción renovable in-situ, es necesario desarrollar el potencial del entorno del edificio para acercarse al objetivo EECN. Esto conllevaría a que varios edificios compartieran superficies comunes para producción renovables como

grandes superficies o áreas comunes. Sin embargo, las ciudades en general se caracterizan por falta de superficies de este tipo y presentan un bajo potencial para renovables, por ejemplo, debido a sombras. El uso de superficie aumentaría los costes variables, teniendo que incluirse aquellos necesarios para el alquiler de nuevas superficies, hecho que resultaría en una realimentación negativa entre producción renovable y viabilidad económica. Para una correcta interpretación de los resultados, se debe considerar que el método se ha aplicado a un edificio existente y que solo se ha amortizado el sistema de abastecimiento energético; y las demandas se ha introducido como restricciones del problema. Por lo tanto, valores de demanda elevadas limitan la posibilidad de llegar a ciertos objetivos de NRPE debido a disponibilidad de cubierta o limitaciones de rentabilidad. Esto refuerza la necesidad de optimizar la demanda si se quieren llegar a ciertos objetivos.

Sin embargo, las distintas regulaciones que limitan la demanda no consideran la limitación del consumo eléctrico de aparatos y electrodomésticos, que son el 85% del consumo eléctrico total en viviendas (IDAE, 2011). Esto se traduce en una definición vaga del concepto EECN, donde ningún Estado Miembro incluye el consumo eléctrico doméstico en el cálculo de los límites de NRPE, lo que permite hablar de unos límites tan bajos de EECN como los que resume la BPIE en su reciente informe (2015).

Destacar por último que, mientras que la limitación económica podría superarse mediante el desarrollo tecnológico y la limitación de cubierta mediante una reducción efectiva de la demanda, tanto los equipos como las medidas de ahorro energía implican una inversión energética inicial (energía embebida) que debería tenerse en cuenta en la actividad del edificio mediante herramientas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Solo así se podrá tratar el problema de una forma efectiva, sin externalizar parte del consumo energético del edificio.

## CONCLUSIÓN

Se ha realizado un modelo para la optimización de los sistemas de abastecimiento energético de edificios. Se pueden encontrar en la bibliografía distintos modelos de optimización, pero ninguno de ellos incluye un tratamiento tan detallado y realista de los elementos que tienen una influencia significativa en la operación del sistema de abastecimiento energético. Se ha aplicado a un caso de estudio para un edificio de viviendas en Bilbao.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente mediante Bizkaia Talent y la Comisión Europea mediante el programa COFUND a través del 2015 Aid Programme for Researches (AYD-000-280) por el Gobierno Vasco (programa BERC 2014-2017) y por el MINECO de España (SEC-2013-0323).

## REFERENCIAS

- IDAE. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Proyecto sech spahousec. 2011.
- IDAE. Condiciones de aceptación para programas informáticos alternativos. Anexo III, p.23. 2009.
- N. Kreutzer, I. Knight. Social housing electrical energy consumption profiles in the United Kingdom. 2nd International Solar Cities Congress. 2006.
- BOE. Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- BOE. Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.
- Nearly zero energy buildings definitions across Europe. Buildings Performance Institute Europe (BPIE) Factsheet 2015.

---

<sup>i</sup> Descripción del modelo y demás supuestos: [http://www.ehu.es/enedi/uploads/privado/documento\\_20\\_i.pdf](http://www.ehu.es/enedi/uploads/privado/documento_20_i.pdf)

## STRUCTURA, SOLUCIÓN DE FACHADA DE LADRILLO CARA VISTA PARA EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

**Concepción del Río Vega**, Profesora Titular de la U.P.M., Departamento técnico, Geohidrol  
**Elena Santiago Monedero**, Secretaria General, Hispalyt  
**Ana Ribas Sangüesa**, Asesor técnico, Hispalyt

**Resumen:** El tipo constructivo de fachada autoportante de ladrillo cara vista, denominado con la marca STRUCTURA, constituye una muestra de las numerosas posibilidades que ofrecen los materiales cerámicos tradicionales, utilizando los recursos incorporados en la normativa y las soluciones y sistemas avanzados disponibles en el mercado. STRUCTURA es el resultado de una investigación llevada a cabo por los fabricantes de la Sección de Ladrillos Cara Vista de HISPALYT en estrecha colaboración con el Departamento Técnico de GEOHIDROL, S.A., con objeto de optimizar el uso del ladrillo cara vista y afrontar el reto que supone la nueva normativa. La principal innovación de la fachada STRUCTURA es la recuperación del carácter tradicional de los muros de ladrillo como elementos portantes de sí mismos, al tiempo que se mejora el comportamiento higrotérmico y acústico del cerramiento y se elimina el conflicto que supone el confinamiento de los cerramientos entre los elementos estructurales del edificio. Actualmente el único sistema constructivo de fachada autoportante de ladrillo cara vista reconocido por la marca STRUCTURA es el sistema G.H.A.S. (Geo-Hidrol Advanced System) desarrollado por la empresa GEOHIDROL, S.A. En esta comunicación se presenta la solución de fachada autoportante STRUCTURA, como la solución de fachada de ladrillo cara vista para el cumplimiento de las exigencias térmicas del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (DB HE del CTE) y para la construcción de edificios de consumo de energía casi nulo.

**Palabras clave:** Ladrillo Cara Vista, Fachada Autoportante, Sistema G.H.A.S., Puentes Térmicos, Eficiencia Energética, Comportamiento Mecánico, CTE

### COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE FACHADA DE LADRILLO CARA VISTA

El 40% de la energía consumida en Europa corresponde a la edificación. La reducción de su demanda energética y una mayor utilización de energías renovables, evita el deterioro medioambiental gracias a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y consigue un uso racional de la energía disminuyendo la dependencia energética.

Recientemente, las normas de edificación han experimentado un importante cambio en el ámbito relacionado con la eficiencia energética de los edificios, para adaptarlas al cumplimiento del ambicioso objetivo de conseguir edificios de consumo energético casi cero para el año 2020 establecido en la Directiva 2010/31/UE. El nuevo Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (DB HE del CTE) del 2013 no sólo supone un considerable incremento de las exigencias de aislamiento térmico, sino también un cambio de filosofía para la justificación térmica del edificio, estableciendo una limitación al consumo de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, y una limitación a la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

Para conseguir edificios de bajo consumo energético no sólo es necesario garantizar unas buenas prestaciones térmicas de los elementos constructivos que componen la envolvente del edificio, sino que además hay que tener en cuenta otros muchos factores relacionados con el diseño del edificio que influyen considerablemente en el comportamiento térmico del mismo, como son, la orientación del edificio, su compactidad, la ventilación e infiltración, los puentes térmicos, etc.

Los puentes térmicos son de gran importancia para garantizar la eficiencia energética de los edificios, siendo fundamental que sean tratados constructivamente, con el fin de limitar el importante impacto que tienen sobre la demanda energética del edificio y el mayor riesgo de formación de mohos por



condensaciones superficiales. En la envolvente del edificio y especialmente en las fachadas, existen habitualmente abundantes puentes térmicos debido a la formación de los huecos (jambas, alfeizares, cajas de persiana), el encuentro de los cerramientos con los elementos estructurales, pilares y forjados, las esquinas, etc.

La transmitancia térmica lineal  $\Psi$ , permite caracterizar mediante un único parámetro el comportamiento de los puentes térmicos. En este sentido, el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. DA DB-HE / 3 Puentes térmicos editado por el Ministerio de Fomento recoge un atlas de puentes térmicos con los valores de transmitancia térmica lineal  $\Psi$  para las soluciones constructivas más habituales. En general, el procedimiento más efectivo para mejorar el comportamiento de los puentes térmicos es mantener la continuidad del aislamiento térmico de los cerramientos. La mejora del aislamiento de los puentes térmicos de un edificio puede conllevar ahorros energéticos en el edificio de entre un 20% a un 30%, siendo este porcentaje mayor, cuanto mejor es el aislamiento de los cerramientos.

Las fachadas de ladrillo cara vista representan una de las unidades constructivas más importantes en las obras de edificación de nuestro país. El sistema constructivo de la hoja exterior de los cerramientos de fachada es fundamental para su comportamiento higrotérmico, sobre todo en lo relativo al encuentro con los forjados del edificio. A continuación se recogen los tipos constructivos de fachadas de ladrillo cara vista existentes actualmente:

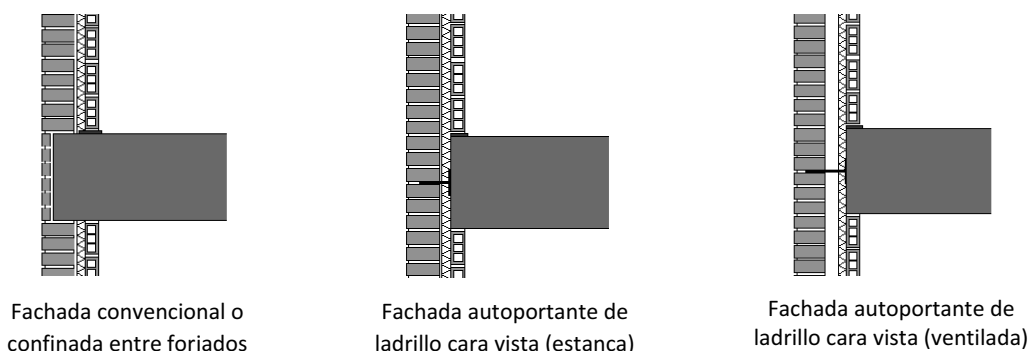


Figura 1. Tipos de fachadas de ladrillo cara vista

En las soluciones de fachada convencional de ladrillo cara vista, la hoja exterior de ladrillo se sustenta en los forjados de cada planta. Para conseguir una apariencia exterior de muro continuo, la entrega en los forjados se realiza parcialmente, dejando un espacio reservado para el emparchado del frente de forjado con plaquetas cerámicas. Esta disposición produce un estrangulamiento del muro al paso por los forjados, que da lugar a importantes puentes térmicos debido a la interrupción del aislamiento de la fachada en los frentes de forjado. Asimismo, este tipo constructivo podría dar lugar también a puentes térmicos en los pilares de fachada debido a la interrupción del aislamiento del cerramiento por el exterior de los mismos, pero estos puentes térmicos se pueden evitar fácilmente colocando el aislante por el interior de los pilares.

En función del diseño del edificio y de la zona climática en la que se ubique el mismo, las pérdidas energéticas debidas a los puentes térmicos en el encuentro con los forjados pueden condicionar el cumplimiento de las exigencias térmicas del DB HE para el edificio, quedando en general limitado el uso de estas fachadas a zonas climáticas muy favorables y a determinados diseños de edificios. Por otro lado, el recurso de incrementar el espesor de aislamiento en el cerramiento para compensar las pérdidas debidas a los puentes térmicos tiene, como contrapartida, que cuanto más aislado se encuentre el edificio, mayor es el riesgo de que se produzcan condensaciones superficiales en esos puntos.

En base a lo anterior, es importante resolver adecuadamente los puentes térmicos de los frentes de forjado, empleando soluciones que mantengan la continuidad del aislamiento térmico en esos puntos. En el caso de las fachadas con acabado exterior de ladrillo cara vista no es viable, por razones obvias, el

recurso de colocar el aislamiento por el exterior del edificio como se podría hacer en el caso de las soluciones revestidas exteriormente con enfoscados o monocapas. Por otra parte, las exigencias del nuevo DB HE y la búsqueda de soluciones para la construcción de edificios de consumo de energía casi nulo, implican la necesidad de utilizar grandes espesores de aislamiento térmico en los cerramientos de fachada, y la solución de revestir con material aislante el frente de los forjados es incompatible geoméricamente con el espesor requerido para la estabilidad de las plaquetas cerámicas e, incluso, con el ancho de entrega requerido para la estabilidad del propio muro.

Por todo ello, el sistema constructivo de fachada autoportante de ladrillo cara vista STRUCTURA, constituye la solución constructiva óptima para evitar la formación de puentes térmicos en los frentes de forjado. Las fachadas autoportantes se caracterizan porque la hoja exterior de la fachada se construye tangente al edificio, arrancando desde un elemento firme (cimentación, forjado de primera planta, angular, etc.) y utilizando el propio muro de ladrillo como elemento estructural portante de sí mismo. Este sistema constructivo permite el paso continuo de una cámara de aire (ventilada o no) y un aislamiento térmico por delante de la estructura, evitando con ello la formación de puentes térmicos en los frentes de forjado y pilares. El sistema G.H.A.S. para fachada autoportante dispone de los dispositivos de anclaje necesarios para poder incorporar en la cámara grandes espesores de aislamiento manteniendo su continuidad en los frentes de forjado, empleándose actualmente en el centro de Europa en soluciones de fachada con aislamientos térmicos de hasta 20 cm de espesor.

Por todo ello, la solución de fachada autoportante STRUCTURA, se presenta como la solución óptima de fachada de ladrillo cara vista, no sólo para el cumplimiento de las exigencias térmicas del DB HE del 2013, sino también para la construcción de edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto y un consumo de energía casi nulo.

## VENTAJAS TÉCNICAS DE LA FACHADA AUTOPORTANTE DE LADRILLO CARA VISTA, STRUCTURA

La solución de fachada autoportante STRUCTURA no es una solución constructiva novedosa para cumplir el DB HE del CTE, sino que el sistema G.H.A.S. se creó hace más de 10 años para mejorar las prestaciones de las fábricas y eliminar de una forma práctica y económica los problemas estructurales y constructivos inherentes a las fachadas convencionales o confinadas entre forjados, existiendo actualmente más de 300 obras realizadas con este sistema constructivo.



*Figura 2. Ejemplos de obras realizadas con STRUCTURA*

El sistema constructivo de fachada autoportante aprovecha el potencial que tienen los muros de ladrillo para ser utilizados como elementos estructurales. En estas fachadas el peso propio de la hoja exterior de la fachada se transmite a la planta de arranque por compresión de la propia fábrica, contribuyendo esta acumulación de carga a la resistencia frente a acciones horizontales. El resto de recursos necesarios en las fachadas autoportantes para conseguir las condiciones de estabilidad, resistencia y control de fisuración exigidas por la normativa se consiguen mediante el empleo de elementos auxiliares: anclajes de retención a la estructura del edificio (frentes de forjados y pilares), que evitan el movimiento de vuelco de la fábrica sin trasvasar carga de la estructura al cerramiento, y armaduras de tendel, que aumentan la resistencia a flexión horizontal de la fábrica evitando su fisuración. Los elementos auxiliares necesarios en

cada caso particular, así como su dimensionado y disposición deben estar determinados mediante análisis estructural. (Véase Figura 3. Esquema de la solución de **STRUCTURA**).

El sistema G.H.A.S. es el único sistema que existe actualmente en el mercado que tiene disponibles los elementos auxiliares (armaduras de tendel y anclajes) necesarios para el proyecto y ejecución de las fachadas autoportantes de ladrillo cara vista **STRUCTURA**, asegurando dos requisitos fundamentales, garantía de prestación y la garantía de puesta en obra, eliminando cualquier incertidumbre entre el proyecto y la obra.

Todos los anclajes, armaduras y resto de elementos metálicos que componen el sistema G.H.A.S. tienen el obligatorio marcado CE. Además, el sistema G.H.A.S. cuenta con un D.A.U., lo que constituye una garantía adicional para el proyectista, constructor o promotor.

Los elementos del sistema GHAS están provistos de dispositivos SAO (Sistema de Autocontrol del Operario) que permiten un total control con posterioridad a la ejecución del muro. El control se refiere a dos aspectos fundamentales relacionados con las prestaciones mecánicas del muro: las cuantías y la ubicación correcta de los elementos.

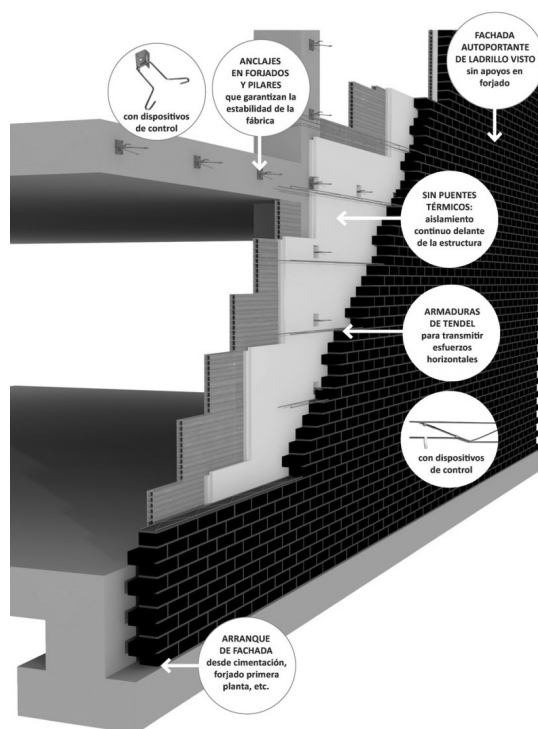


Figura 3. Esquema de la solución de **STRUCTURA**

Las fachadas autoportantes están recogidas en el DB SE-F del CTE, lo que garantiza su fiabilidad. El modelo estructural de referencia para el análisis de una fachada autoportante con el sistema G.H.A.S. es el modelo placa con bordes en continuidad, que es el modelo más rentable de los sancionados por el DB SE-F del CTE para el análisis de muros con acciones horizontales. El sistema constructivo de fachada autoportante permite diseñar paños de grandes dimensiones aplicando dicho modelo de cálculo. Considerando alturas de piso de tres metros, la resistencia de una fábrica de ladrillo cara vista de medio pie de espesor sería suficiente para construir un cerramiento autoportante de una altura de hasta ocho plantas.

Gracias al comportamiento estructural del sistema constructivo de fachada autoportante, las fachadas de ladrillo cara vista amplían su campo de aplicación, pudiendo emplearse tanto en los edificios de uso residencial o de oficina, con paños de fachada de proporciones geométricas modestas, como en los

edificios de uso industrial o superficies comerciales, con paños de fachada de gran altura que por sus dimensiones sobrepasan el ámbito de aplicación de las fachadas convencionales confinadas.

Las fachadas autoportantes STRUCTURA, además, de evitar la formación de los puentes térmicos en los frentes de forjado y pilares gracias a la continuidad del aislamiento térmico, si las exigencias de impermeabilidad lo aconsejan, permiten la disposición de una cámara de aire ventilada, consiguiendo una fachada que participa de las principales ventajas de las fachadas ventiladas (mejora su grado de impermeabilidad y reducción del riesgo de formación de condensaciones intersticiales en el cerramiento) y de otras adicionales (como durabilidad, bajo mantenimiento, calidad estética, etc.) en virtud de tener materiales de acabado tradicionales, tales como el ladrillo cara vista.

Constructivamente, la principal ventaja de la continuidad de la hoja exterior de la fachada reside en la eliminación del conflicto que supone el encuentro con la estructura. Con este sistema constructivo se evita el estrangulamiento del cerramiento a su paso por delante de los forjados y pilares, haciendo que no se precisen plaquetas para forrar los frentes de forjados y pilares, ni piezas cortadas o piezas especiales para ajustar el replanteo a la altura de cada planta.

Desde el punto de vista estético, esto se manifiesta con una tonalidad homogénea en todo el paño de fachada, mientras que en las soluciones confinadas, las plaquetas del canto de los forjados, con el paso del tiempo adquieren un tono diferente al resto de la fachada, por lo que el encuentro con los forjados se hace visible desde el exterior.

Asimismo, otra ventaja de este sistema es que permite conseguir un perfecto aplomo y planeidad de la hoja exterior de la fachada con independencia de las tolerancias en el replanteo de los elementos estructurales.

Desde el punto de vista acústico, la desconexión de las dos hojas de la fachada autoportante mejora el aislamiento acústico de estas fachadas con respecto al de las fachadas de dos hojas confinadas, en las que su aislamiento acústico está limitado por la formación del puente acústico estructural. STRUCTURA no sólo garantiza el cumplimiento de las actuales exigencias acústicas del CTE para los cerramientos, sino que consigue unas mayores prestaciones acústicas que permiten su uso en lugares más expuestos a la contaminación acústica.

STRUCTURA permite seguir aprovechando las ventajas del ladrillo cara vista, material noble de alta calidad, con una gran cantidad de prestaciones técnicas y cualidades estéticas. De este modo, las soluciones de STRUCTURA ofrecen la amplia gama de acabados, tonalidades y dimensiones de los ladrillos cara vista para dar respuesta a las exigencias estéticas de proyectistas y usuarios.

STRUCTURA no supone un incremento de coste con respecto a las fachadas confinadas convencionales, puesto que los costes derivados del empleo de elementos auxiliares (anclajes y armaduras), se compensan con la optimización de la mano de obra y el ahorro en materiales.

## CONCLUSIÓN

Por todas las ventajas técnicas anteriormente expuestas y ante el nuevo escenario en el que se requiere del empleo de sistemas de altas prestaciones térmicas para la construcción de edificios de baja demanda energética, la fachada autoportante de ladrillo cara vista, tanto en su versión estanca como en su versión ventilada, constituye el tipo constructivo promocionado por la Sección de Ladrillos Cara Vista de HISPALYT bajo la marca STRUCTURA, con el objetivo de promover la innovación, calidad y prestaciones en las fachadas de ladrillo cara vista.

## REFERENCIAS

- STRUCTURA, fachada autoportante de ladrillo cara vista para cumplir el CTE. Concepción del Río Vega, Departamento técnico de Geohidrol. Elena Santiago Monedero, Secretaria General de Hispalyt, Ana Ribas Sangüesa, Departamento técnico de Hispalyt. Conarquitectura. Enero 2016.

- Documento de Apoyo al Documento Básico DB HE Ahorro de energía. DA BD HE / 3. Puentes térmicos. Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas. Mayo 2014.
- Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía. Septiembre 2013. Código Técnico de la Edificación.
- Directiva de la Unión Europea 2010/31/UE relativa a la Eficiencia energética de los edificios. Mayo 2010.
- Documento Básico Seguridad Estructural: Fábrica. Abril de 2009. Código Técnico de la Edificación.
- Documento Básico Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación. Abril de 2009. Código Técnico de la Edificación.
- Catálogo de Soluciones Cerámicas para el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE). Hispalyt e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC). 2008.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- BOE 28/03/2006.
- Estructuras de fábrica. Jacques Heyman. Instituto Juan de Herrera (Madrid). 1995.

# INFLUENCIA DE LA INMÓTICA EN LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO DE OFICINAS EN BARCELONA

**Ignacio de Ros**, Ingeniero, AdRC Ingeniería  
**Jordi Sabaté**, Secretario, CEDOM

**Resumen:** La Domótica y la Inmótica contribuyen a la eficiencia energética y por ello deben ser consideradas en la certificación energética de edificios, pero los programas informáticos disponibles como documentos reconocidos para realizar la certificación energética de viviendas y edificios no contemplan todas las soluciones tecnológicas posibles, como por ejemplo la Domótica y la Inmótica. Por ello, CEDOM ha elaborado una metodología de cálculo basada en la Norma española UNE-EN 15232 “Eficiencia energética de los edificios. Métodos de cálculo de las mejoras de la eficiencia energética mediante la aplicación de sistemas integrados de gestión técnica de edificios” para contabilizar la contribución de la Domótica y la Inmótica en la certificación energética de Edificios. La aplicación de la metodología como una solución singular en la certificación energética se ilustra aplicándolo a un edificio de la Generalitat de Catalunya en el que se analiza el impacto de la Inmótica en la calificación energética del edificio.

**Palabras clave:** Ahorro Energético, Eficiencia Energética, Domótica, Inmótica, Solución Singular

## INTRODUCCIÓN

La metodología se ha aplicado a un edificio de oficinas del Departament d’Empresa i Coneixement de la Generalitat de Catalunya situado en Barcelona. Consta de planta baja y tres alturas, con una superficie total de 6826,79 m<sup>2</sup>.

## METODOLOGÍA PROPUESTA

A continuación se detallan las etapas de la metodología:

### Evaluación de la calificación energética del edificio sin tener en cuenta ningún sistema de control y automatización

Para esta etapa, es necesario disponer de los datos técnicos del edificio, como por ejemplo orientación del edificio, año de construcción, distribución. Por aplicación del programa CALENER se obtiene la calificación energética del edificio considerando que no se ha instalado ni domótica ni inmótica.

La aplicación de este programa proporciona las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo energético. Al referirlas a un edificio de referencia según la misma aplicación, se obtiene la calificación energética del edificio, a la cual se le otorga una letra (“A” para los edificios más energéticamente más eficientes hasta la “G” para los edificios energéticamente menos eficientes), tal como se muestra en la figura 1.

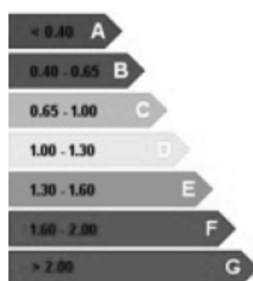


Figura 1. Escala de la calificación energética del edificio

En la Tabla I se dan los resultados obtenidos por aplicación del programa CALENER:

Indicador energético	Edificio objeto	Edificio de referencia
Emisiones Climatización (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	24,11	28,00
Emisiones Iluminación (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	8,87	9,90
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	0,00	0,00
<b>Emisiones TOTALES (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>	<b>32,98</b>	<b>37,90</b>

Tabla I. Calificación energética del edificio según la aplicación CALENER

Al dividir las emisiones totales del edificio objeto entre las del edificio de referencia se obtiene un índice de 0,87, que se encuentra entre el rango de 0,65 y 1,00, correspondiente a la letra C. Por lo tanto, según CALENER se trata de un edificio de oficinas con calificación energética C.

## Determinación de la clase del sistema de control y automatización mediante la norma española UNE-EN 15232

En esta etapa es necesario conocer las características y funciones del sistema de control y automatización. La clase del sistema de control y automatización se obtiene rellenando la tabla 2 “Lista de funciones y asignación a las clases de eficiencia de la BACS” (BACS es el acrónimo de las siglas en inglés de “Sistema de Automatización y Control del Edificio”) de la Norma UNE-EN 15232:2014, la cual permite calificar un edificio en función del ahorro energético conseguido a partir de la instalación del sistema de gestión y control del edificio. En la tabla se listan las posibles opciones de control para cada aplicación (control de ocupación, control de iluminación natural, control de persianas, etc.) y en qué grado pueden estar implementadas en el edificio.

Para cumplimentar la tabla se ha de marcar en cada función el nivel de control y automatización que tiene el edificio. En función del tipo de edificio se debe rellenar o la columna correspondiente a Residencial o la correspondiente a No Residencial.

Para cada una de las opciones se debe rellenar el cuadro sombreado de la tabla 2 de la Norma UNE-EN 15232:2014 que otorgue mayor clase a esa característica (la mayor clase es la “A” y la menor es la “D”). Para cada sección de la tabla el resultado será una única letra.

Si en el sistema de control y automatización de la vivienda o el edificio no se ha implementado alguna de las funciones de la tabla 2 se debe indicar “NO APLICA”, justificando el por qué no se ha considerado.

La clase energética del sistema de control y automatización será la menor de todas las clases obtenidas por cada una de las funciones evaluadas. Se obtiene tras haber rellenado todos los cuadros sombreados relativos a las funciones que sean de aplicación, y se indica con una letra de la “A” (Elevada eficiencia energética) a la “D” (no eficiente energéticamente) tal como se muestra en la figura 2:



Figura 2. Clase energética del sistema de control y automatización

Estas letras de la clase energética del sistema de control no se deben confundir con las de la calificación energética del edificio o vivienda.

La tabla de la norma UNE-EN 15232:2014 cumplimentada, en la que se indican las funciones del sistema de control y automatización del edificio, se muestra en la siguiente Tabla II:

		Definición de las clases							
		Residencial				No residencial			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>REGULACIÓN AUTOMÁTICA</b>									
<b>REGULACIÓN DE LA CALEFACCIÓN</b>									
1.1	Regulación de la emisión								
	3 Regulación de ambientes individuales con comunicación entre reguladores y con el BACS								X
1.2	Regulación de la emisión para el TABS								
	1 Regulación automática centralizada								X
1.3	Regulación de la temperatura (de impulsión o de retorno) del agua caliente de la red de distribución								
	2 Regulación de la temperatura interior								X
1.4	Control de las bombas de distribución								
	3 Control de bombas de velocidad variable								X
1.5	Control intermitente de la emisión y/o la distribución								
	2 Regulación automática con optimización de arranque/parada								X
1.6	Regulación del generador para combustión y calefacción urbana NO APLICA (el edificio no está conectado a una red que suministre calor o frío generado desde fuera del edificio)								
1.7	Regulación del generador para bombas de calor								
	2 Regulación a temperatura variable dependiendo de la carga o demanda								X
1.8	Secuencia de diferentes generadores								
	2 Prioridades basadas en la eficiencia del generador (comprobar otra norma)								X
2	<b>Regulación del suministro de agua caliente sanitaria</b> En el edificio no hay instalación de ACS, por lo que el apartado 2 de la tabla 2 de la norma UNE-EN 15232:2014 no aplica.								
3	<b>REGULACIÓN DE LA REFRIGERACIÓN</b>								
3.1	Regulación de la emisión								
	1 Regulación automática centralizada								X
3.2	Regulación de la emisión para el TABS para refrigeración								
	1 Regulación automática centralizada avanzada								X
3.3	Regulación de la temperatura (de impulsión o de retorno) del agua fría de la red de distribución								
	2 Regulación basada en la demanda								X
3.4	Control de las bombas de distribución en redes								
	3 Control de bombas de velocidad variable								X
3.5	Control intermitente de la emisión y/o la distribución								
	3 Regulación automática con evaluación de la demanda								X
3.6	Enclavamiento entre la regulación de la calefacción y de la refrigeración en la emisión y/o la distribución								
	2 Enclavamiento total								X
3.7	Enclavamiento entre la regulación de la calefacción y de la refrigeración en la emisión y/o la distribución								
	2 Regulación a variable dependiendo de la carga								X
3.8	Secuencia de diferentes generadores								
	3 Propiedades basadas en la eficiencia del generador								X
4	<b>REGULACIÓN DE LA VENTILACIÓN Y DEL AIRE ACONDICIONADO</b>								
4.1	Regulación del caudal de aire a nivel de recinto								
	3 Por control de la demanda								X
4.2	Regulación del caudal de aire o presión a nivel del climatizador								
	3 Regulación automática del caudal o la presión								X
4.3	Control de la protección contra la formación de hielo del lado del aire descargado de la recuperación de energía (NO APLICA ya que en Barcelona nunca hace tanto frío como para que se forme hielo en el lado del aire descargado de la recuperación de energía)								
4.4	Control de de la recuperación de energía (protección contra el sobrecalentamiento) (NO APLICA ya que nunca hace tanto calor como para que se produzca sobrecalentamiento en el lado del aire descargado de la recuperación de energía)								
4.5	Refrigeración mecánica gratuita								
	2 Refrigeración gratuita								X
4.6	Regulación de la temperatura del aire de impulsión								
	3 Punto de consigna variable con compensación dependiente de la demanda								X
4.7	Regulación de la humedad								





A modo de ejemplo, en la tabla IV se indica cómo se realiza este cambio de referencia aplicado al edificio de ejemplo que se está utilizando para ilustrar la metodología de uso.

Para el cálculo del factor de corrección que permite obtener la calificación energética por aplicación de la Norma UNE-EN 15232, es decir, teniendo en cuenta la Domótica y la Inmótica, se divide el factor de eficiencia del edificio objeto (el cual tiene en cuenta el sistema de control y automatización) por el factor de eficiencia del edificio de referencia (edificio con un sistema de control y automatización de clase D).

Las emisiones del edificio con sistema de control y automatización son las obtenidas por aplicación del programa CALENER multiplicadas por el factor de corrección.

A partir de la calificación energética obtenida en el paso 1 se obtiene una nueva calificación gracias a la aportación de la domótica y la inmótica.

Los resultados del edificio que se está estudiando son los siguientes:

	Resultados del programa de calificación energética sin sistemas de control y automatización		Calificación energética sin tener en cuenta sistemas de control y automatización	Factores de eficiencia energética				Cálculos		Calificación energética tras aplicar la Norma UNE-EN 15232:2014
	Emisiones del edificio objeto (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones del edificio de referencia (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )		f <sub>BACS</sub>		Corrección	Emisiones corregidas del edificio objeto (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )			
Sistema de energía del edificio	(1)	(2)	(1) / (2)  (3)	Factor de eficiencia del edificio no eficiente, clase "D"  (4)	Factor de eficiencia del edificio objeto, clase "D"  (5)	(5) / (4)  (6)	Emisiones corregidas del edificio objeto (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) (1) * (6)  (7)	(7) / (2)		
Climatización	24,11	28,00	C	f <sub>BACS, th</sub> 1,5 1	f <sub>BACS, th</sub> 1,5 1	1,00	24,11	C		
ACS	0	0		f <sub>BACS, ACS</sub> 1,1 1	f <sub>BACS, ACS</sub> 1,1 1	1,00	0			
Iluminación	8,87	9,90		f <sub>BACS, il</sub> 1,1 1	f <sub>BACS, il</sub> 1,1 1	1,00	8,87			
<b>TOTALES</b>	<b>32,98</b>	<b>37,90</b>	<b>0,87</b>	-	-	-	<b>32,98</b>	<b>0,87</b>		

Tabla III. Calificación energética del edificio corregida teniendo en cuenta el grado de control y automatización

Como era de esperar, la calificación energética no ha mejorado al tener en cuenta el sistema de automatización y control ya que según la norma UNE-EN 15232:2014 el nivel de automatización y control correspondería a una clase D, lo que no mediante la aplicación de CALENER.

Para mejorar la eficiencia energética del edificio se podrían adoptar algunas sencillas mejoras. A continuación se detalla cómo se podría mejorar la clase del sistema de control y automatización.

- En la regulación de la calefacción, respecto a la regulación de la emisión para el TABS: regulación automática centralizada avanzada
- Respecto al control de la iluminación: control de la ocupación por detección automática
- Respecto al control de persianas: control combinado de iluminación/persianas/HVAC

La adopción de estas medidas llevaría a obtener un sistema de clase B:

1	REGULACIÓN DE LA CALEFACCIÓN								
1.2	Regulación de la emisión para el TABS								
2	Regulación automática centralizada avanzada								⊗

5	<b>CONTROL DE LA ILUMINACIÓN</b>									
5.1	Control de ocupación									
2	Detección automática									
6	<b>CONTROL DE PERSIANAS</b>									
3	control combinado de iluminación/persianas/HVAC									

Tabla IV. Funciones del sistema de gestión del edificio para obtener sistema clase B

Si el BACS fuese de clase B, los resultados de emisiones del edificio objeto, los factores de corrección y la calificación energética que se obtendrían serían los que se muestran en la tabla V:

Sistema de energía del edificio	Resultados del programa de calificación energética sin sistemas de control y automatización		Calificación energética sin tener en cuenta sistemas de control y automatización	Factores de eficiencia energética				Cálculos		Calificación energética tras aplicar la Norma UNE-EN 15232:2014
	Emisiones del edificio objeto (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Emisiones del edificio de referencia (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )		f <sub>BACS</sub>		Corrección	Emisiones corregidas del edificio objeto (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(7) / (2)		
Climatización	24,11	28,00	C	f <sub>BACS,th</sub>	1,51	f <sub>BACS,th</sub>	0,80	0,53	12,78	B
ACS	0	0		f <sub>BACS,ACS</sub>	1,11	f <sub>BACS,ACS</sub>	0,90	0,81	0	
Iluminación	8,87	9,90		f <sub>BACS,il</sub>	1,11	f <sub>BACS,il</sub>	0,85	0,77	6,83	
<b>TOTALES</b>	<b>32,98</b>	<b>37,90</b>	<b>0,87</b>	-	-	-	-	-	<b>19,61</b>	<b>0,52</b>

Tabla V. Calificación energética del edificio corregida si se aplican las medidas propuestas

Adoptando las tres medidas propuestas, al dividir las emisiones corregidas del edificio objeto entre las del edificio de referencia se obtiene un índice de 0,52, que se encuentra entre el rango de 0,40 y 0,65, correspondiente a la letra B. Por lo tanto, según CALENER y teniendo en cuenta el sistema inmóvil del edificio, la calificación energética mejoraría pasando de "C" a "B".

El ahorro de 13,37 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de edificio representa un ahorro de 91.274 kg CO<sub>2</sub>. Para compensar estas emisiones de CO<sub>2</sub> sería necesario plantar 4564 árboles.

## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El Ministerio de Industria, energía y turismo (MINETUR) estableció la vía de las soluciones singulares para no excluir ninguna solución tecnológicamente innovadora no contemplada en los programas para realizar la certificación energética. Una solución singular es cualquier tecnología y/o metodología que no está incluida en los programas para realizar la certificación energética de viviendas y edificios. Por lo tanto, la metodología de CEDOM debe aplicarse a través de las soluciones singulares.

Para la presentación de soluciones singulares se deben seguir las directrices establecidas en el documento explicativo que puede descargarse en la web del MINETUR:

[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Documents/2015\\_11\\_18\\_Documento%20explicativo%20Soluciones%20Singulares%20L\\_V6.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Documents/2015_11_18_Documento%20explicativo%20Soluciones%20Singulares%20L_V6.pdf)

# LOS MODELOS DE LAS CERTIFICACIONES SOSTENIBLES Y LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS UTILIZADOS EN BRASIL Y ESPAÑA

**Éric Frade**, Investigador, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP y estudiante de Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética, Universidad de Barcelona  
**Marcone Susumu Gomazako**, Dr. Investigador y Profesor titular del Departamento de Ingeniería Cívica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP

**Resumen:** La presente comunicación pretende comparar las certificaciones de sostenibilidad usadas en Brasil y en España, demostrando las características y diferencias entre ellas, través de una comparación directa entre las certificaciones más usadas, sus criterios, clasificaciones y exigencias existentes en los dos países. Trvés de una construcción sostenible certificada existente en Brasil, será demostrado las técnicas de construcción, arquitectura, uso de los recursos naturales, control y gerenciamiento de los sistemas de iluminación y acondicionamiento del aire, demostrando las tecnologías utilizadas, sistemas de eficiencia energética, cogeneración, bajo consumo de energía eléctrica y viabilidad económica de las construcciones.

**Palabras clave:** Certificación, Sostenibilidad, Construcción Sostenible, Eficiencia Energética, Edificios Sostenibles

## INTRODUCCIÓN

Los edificios sostenibles son cada vez más presentes en las ciudades del mundo. Con la intención de preservar el medio ambiente y el control de las emisiones de CO<sub>2</sub>, surgen varias certificaciones para guiar la construcción y reducir los impactos causados por los procesos de construcción y el uso de los edificios. Este estudio tiene como objetivo analizar los sistemas de certificación de uso más común en Brasil y España, implementadas por el gobierno con por la iniciativa privada, elevando las características de cada uno y hacer una comparación directa entre los tipos existentes, sus criterios, las clasificaciones y las exigencias de cada uno. A través de la construcción sostenible celebrada en Sao Paulo - Brasil, se demostrará algunas técnicas de construcción utilizados en el país para hacer un edificio sostenible.

## CERTIFICACIONES DE SUSTENTABILIDAD

Certificaciones de sostenibilidad son instrumentos que dan fe de las instalaciones de un edificio y aseguran que cumplen con los requisitos de construcción, equipos y el uso de tecnologías y técnicas de gestión que aseguren la eficiencia energética con bajo impacto ambiental. Discriminamos las certificaciones más usadas en cada país y hacemos una comparación entre sus aplicaciones.

## Certificaciones energéticas en España

### *Certificación Energética de los Edificios*

La obtención del certificado de eficiencia energética otorgará el derecho de utilización, durante el periodo de validez del mismo, de la etiqueta de eficiencia energética, cuyos contenidos se recogen el documento reconocido correspondiente a la etiqueta de eficiencia energética, disponible en el Registro general. La etiqueta se incluirá en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio. Deberá figurar siempre en la etiqueta, de forma clara e inequívoca, si se refiere al certificado de eficiencia energética del proyecto o al del edificio terminado.

El certificado energético es obligatorio en España desde 2013 para todos que quieran alquilar o vender un inmueble o local. Su principal característica es informar el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Es el reglamento español que regula lo relativo al diseño, instalación y mantenimiento de las instalaciones de climatización (ventilación, calefacción y refrigeración) y de producción de agua caliente sanitaria.

### **Certificación Verde**

La Acreditación EA VERDE es emitida por GBC España y tiene ventajas en su implementación en comparativo con el sistema LEED, empleando un conjunto de herramientas que permiten cubrir todas las necesidades del sector de la edificación en España.

El sistema de evaluación se basa en un método prestacional de acuerdo con la filosofía del Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. En la base están los principios de la bio-arquitectura y la construcción del edificio respetando el medio ambiente, compatible con el entorno y con altos niveles de confort y de calidad de vida para los usuarios.

Los criterios de evaluación están agrupados en 6 diferentes áreas temáticas: selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación; calidad del espacio interior; energía y atmósfera; calidad del servicio; recursos naturales y impacto socio económico. Los proyectos pueden ser clasificados en 6 niveles de certificación en base del impacto evitado: 0 hojas VERDE; 1 hoja VERDE; 2 hojas VERDE; 3 hojas VERDE; 4 hojas VERDE; 5 hojas VERDE.

### **Certificación LEED**

La Acreditación LEED es emitida por el USGBC y se caracteriza con un sistema lo suficientemente flexible como para poder aplicarse a cualquier tipo de edificación, tanto del sector terciario como residencial.

La certificación se caracteriza por proporcionar una evaluación de la sostenibilidad de la edificación valorando su impacto en 5 áreas principales: emplazamiento sostenible, protección y eficiencia del agua, eficiencia energética y energías renovables, conservación de materiales y recursos naturales y calidad del ambiente interior. Los proyectos se puntúan en relación con un conjunto de créditos estándar y la suma de los puntos obtenidos determina el nivel de certificación: Certificado, Plata, Oro, Platino.

### **BREEAM**

El certificado pondera los niveles de sostenibilidad de una edificación, tanto en fase de diseño como en fases de ejecución y mantenimiento de todo tipo de edificios y otorga a cada edificio una puntuación final tras evaluar impactos en 10 categorías, con los siguientes esquemas de certificación: BREEAM ES urbanismo; BREEAM ES vivienda; BREEAM ES nueva construcción; BREEAM ES a medida y BREEAM ES en uso.

## **Certificaciones energéticas en Brasil**

### **Procel-Edifica**

La certificación Procel-Edifica fue establecida en 2009 por el Gobierno de Brasil través del Instituto Nacional de Metrología - INMETRO, con el fin de promover el uso eficiente de la electricidad, combatir el desperdicio y reducir los costes e inversiones en diversos sectores, siendo obligatoria a partir de 2012. El sistema de evaluación difiere dependiendo de la categoría:

- **Los edificios comerciales, servicios y público:** evaluó los sistemas de envolvente, iluminación y acondicionamiento del aire. La etiqueta puede concederse manera total o parcial, de la siguiente manera: *ENCE parcial envolvente*; *ENCE parcial envolvente + iluminación*; *ENCE parcial envolvente + acondicionamiento del aire* y *ENCE general*, incluyendo todos los posibles sistemas de evaluación (envolvente, iluminación y acondicionamiento del aire).
- **Edificios residenciales:** Se evalúan los sistemas de envolvimiento y calentamiento de agua, además de los sistemas existentes en las zonas comunes, tales como iluminación, ascensores y bombas. Se conceden los tipos de etiquetas: *ENCE área común*; *ENCE multifamiliar*; *ENCE verano* y *ENCE verano + invierno*.

### Casa Azul

Certificación Casa Azul fue establecida en 2008 por la Caixa Econômica Federal, una institución financiera pública propiedad del Gobierno de Brasil. La certificación fue creada para promover el uso racional de los recursos naturales en la construcción y mejorar la calidad de la vivienda. Hay 53 criterios analizados, con un mínimo de 19 cumplimientos para el edificio para recibir el sello Casa Azul. Entre los 53 criterios, hay 6 categorías de análisis: la calidad urbana; Diseño y confort; Eficiencia energética; La conservación de los recursos materiales; La gestión del agua; prácticas sociales. El sello tiene tres niveles de clasificación: Bronce, Plata y Oro.

### AQUA

Certificación AQUA fue creado en 2007 través de una adaptación de la certificación HQE Francés - Haute Qualité Environnementale, para su uso en edificios residenciales, comerciales, administrativos y servicios. Se puede aplicar la certificación en edificios listos o en proceso de construcción. Dispone de 14 categorías que evalúan los requisitos de la construcción y se pueden describir en tres niveles diferentes: bueno, superior y excelente. El sello tiene tres niveles de clasificación: Base; Buenas Practicas y Mejores Prácticas.

### LEED

La certificación LEED fue creado en Brasil en 2007 USGBC - US Green Building Council de Estados Unidos, con la intención de certificar nuevos edificios, edificios en funcionamiento, sus interiores, envolvente, tiendas, escuelas, viviendas, instalaciones de salud y proyectos de barrio. Para la certificación son revisados 7 criterios principales: el espacio sostenible; La eficiencia del uso del agua; Energía y atmósfera; Materiales y recursos; calidad medio ambiente interno; Innovación y procesos; Prioridad a las necesidades locales. El sello se establece en función de la cantidad de puntos obtenidos para el edificio, después de que el análisis de las 7 preguntas principales, a saber: Certificate; Silver; Gold; Platinum.

## Comparativo de las certificaciones energéticas

Presentamos algunas de las certificaciones más usadas en los dos países:

	CERTIFICACIÓN EN ESPAÑA	CERTIFICACIÓN EN BRASIL
Certificación	<b>EA VERDE</b>	<b>LEED</b>
Entidad	Green Building Council España	Green Building Council Brasil
Normativas	El proyecto de construcción debe cumplir la normativa española	El proyecto de construcción debe cumplir la normativa brasileña y de los Estados Unidos
Obligatoriedad	Voluntario	Voluntario
Criterios	6 quesitos principales	7 quesitos principales
Clasificación	0 hojas VERDE; 1 hoja VERDE; 2 hojas VERDE; 3 hojas VERDE; 4 hojas VERDE; 5 hojas VERDE	LEED Certificado; LEED Prata; LEED Ouro; LEED Platina
		X
Certificación	<b>LEED</b>	<b>LEED</b>
Entidad	Green Building Council United States	Green Building Council Brasil
Normativas	El proyecto de construcción debe cumplir la normativa española y de los Estados Unidos	El proyecto de construcción debe cumplir la normativa brasileña y de los Estados Unidos
Obligatoriedad	Voluntario	Voluntario
Criterios	7 quesitos principales	7 quesitos principales
Clasificación	LEED Certificado; LEED Plata; LEED Oro; LEED Platino	LEED Certificado; LEED Prata; LEED Ouro; LEED Platina
		X
Certificación	<b>CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS</b>	<b>PROCEL-EDIFICA</b>
Entidad	Gobierno de España	Gobierno de Brasil
Normativas	Normativas propias	Normativas propias
Obligatoriedad	Obligatorio	Obligatorio
Criterios	3 quesitos principales	3 quesitos en edificios comerciales, servicios y públicos; 4 quesitos en edificios residenciales
Clasificación	Etiqueta de sostenibilidad	Etiqueta de sostenibilidad ENCE
		X

Certificación	<b>BREEAM</b>	
Entidad	BRE	X Existe en Brasil con las mismas reglas, mas poco usado
Normativas	Normativas propias	
Obligatoriedad	Voluntario	
Criterios	10 categorías	
Clasificación	BREEAM ES urbanismo; BREEAM ES vivienda; BREEAM ES nueva construcción; BREEAM ES a medida; BREEAM ES en uso	
Certificación	<b>AQUA-HQE</b>	
Entidad	HQE - Haute Qualité Environnementale	X Existe en España con las reglas del HQE, mas poco usado
Normativas	Normativas propias	
Obligatoriedad	Voluntario	
Criterios	14 categorías con 3 niveles cada	
Clasificación	Base; Boas prácticas; Melhores práticas	
Certificación	<b>CASA AZUL</b>	
Entidad	Caixa Econômica Federal - Gobierno de Brasil	X No existe similar en España
Normativas	Normativas propias	
Obligatoriedad	Voluntario - aplicado en proyectos habitacionales financiados por la misma institución	
Criterios	53 criterios en 6 categorías	
Clasificación	Bronze; Prata; Ouro	

Tabla I. Principales certificaciones usadas en Brasil y España

## EJEMPLO DE EDIFICIO SOSTENIBLE EN BRASIL

*Rochaverá Corporate Towers* es un complejo comercial ubicado en la ciudad de Sao Paulo - Brasil, construida entre dos avenidas principales de la ciudad, con más de 120 mil metros cuadrados de oficinas en la zona baja, compuesto por cuatro torres que se construyeron en tres fases. Fue uno de los primeros proyectos en Brasil por superar algunos de los conceptos de construcción verde y de ganar la certificación LEED. La clasificación en la categoría oro se produjo antes de la finalización de las obras. Las torres se caracterizan por fachadas con paneles de vidrio inclinadas resultantes en áreas de losas más grandes en pavimentos. Todo el proyecto fue concebido dentro de algunos supuestos, como por ejemplo: la reducción del consumo de energía, los costos de operación y mantenimiento; disminución del uso de los recursos ambientales no renovables, un mejor uso de los recursos naturales, la mejora de la calidad del aire interior y la calidad de las ganancias de vida y la salud de los usuarios

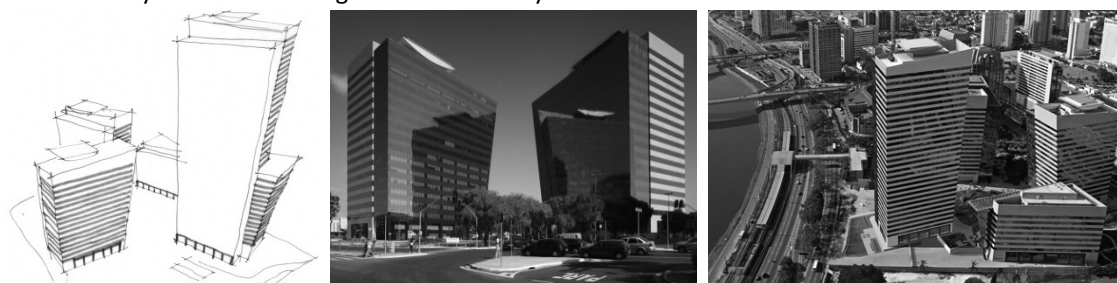


Figura 1. Croquis vista de fachada del edificio y vista aérea

## Aspectos constructivos

Antes del inicio de la construcción, hubo la descontaminación de los terrenos donde se construyó el complejo, ya que en el pasado había una industria de fertilizantes en el sitio. Las torres A y B fueron construidas primero, completamente iguales, con 16 pisos, fachadas inclinadas y losas más grandes en los pisos superiores. Las torres tienen una pendiente de 12 metros que producen grandes fuerzas horizontales, es necesario construir un sistema de control.

## El uso de energía

- Fachada con acristalamiento térmico de alta eficiencia que impiden la entrada de la radiación solar, lo que requiere un menor uso de aire acondicionado y permite un mayor uso de la luz natural
- El lobby con casi 7 metros de altura que se cierra con vidrio estructural para aumentar la iluminación natural en el interior del edificio, eliminando el uso de pilares metálicos de apoyo
- Cubierta verde en la parte superior de las torres para capturar y absorción de agua de lluvia, y luego utilizar para el riego de jardines
- Racionalización del uso del agua a través de las unidades selectivas, independiente, con sensores y sistemas temporizados
- Ascensores con sistema de llamada de la anticipación en las plantas, lo que indica el piso de la cabina más adecuado, ya que cada persona
- Sistema de cogeneración de electricidad con generadores alimentados por gas natural, con capacidad para 100% de la carga de todo el complejo de forma ininterrumpida
- El sistema de acondicionamiento complejo de edificios utiliza agua fría del proceso de cogeneración. La distribución de agua fría en edificios es a través del bombeo de agua de los enfriadores a las unidades terminales de aire (fan coil)
- Sistema de acondicionamiento inteligente con VAV (volumen de aire variable) permite ajustar la temperatura en diferentes puntos del orden
- Sensores de dióxido de carbono se instalaron para la renovación del aire se realiza sólo cuando se llega a ciertos niveles, la optimización del consumo de energía de acuerdo con la ocupación de cada habitación
- Paisajismo con 30.000 m<sup>2</sup> de superficie que favorece el movimiento de personas, grandes árboles nativos de la Mata Atlántica alrededor de las torres, una plaza central con cascadas y fuentes de agua;
- Colección de arte al aire libre con obras expuestas en el medio del jardín
- Helipuerto con la pintura en alto grado de reflectividad solar
- Tratamiento acústico de todas las máquinas de los hogares, lo que reduce el nivel de ruido de 35 dB
- Lugar de fácil acceso en transporte público y las medidas de estímulo para cambiar el comportamiento de los empleados destinados a fomentar el uso del transporte público colectivo y el coche compartido
- Lugares preferidos para los coches propulsados por electricidad, GNC o etanol
- Portabicicletas con acceso a vestuarios a sus usuarios

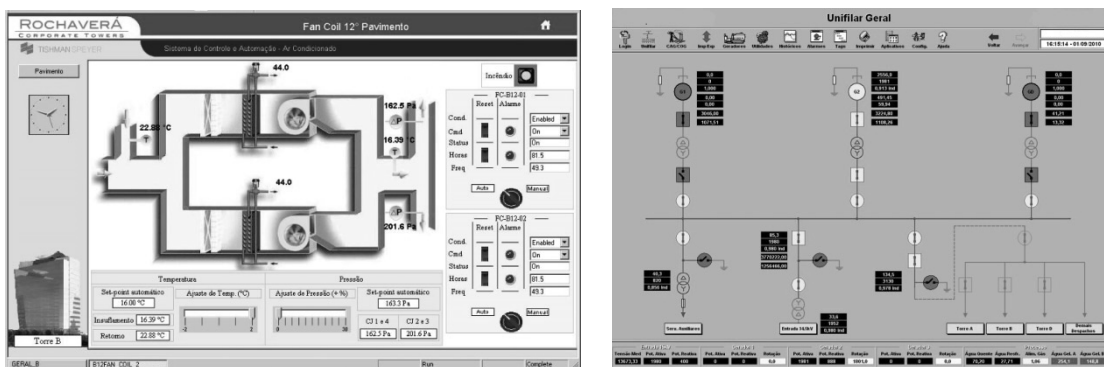


Figura 2. Vista del sistema de control de cogeneración y acondicionamiento del aire

## RESULTADOS

Brasil y España tienen sistemas complejos para certificar un edificio como sostenible. Algunos son específicos para cada país, otros siguen las mismas reglas o con pequeñas variaciones. El cumplimiento



de los parámetros de eficiencia energética son diferentes y todos siguen una gran cantidad de criterios bien definidos que deben ser respetados. Sólo después de algunos criterios mínimos para expedir la certificación de la eficiencia energética. Muchas de las certificaciones utilizadas son derivaciones de otras certificaciones iniciadas en otros países, la mayoría de aplicación voluntaria. Nuestro apuntamiento es con la mayor diferencia de las certificaciones de los sistemas creados por los gobiernos de los dos países que se requieran para obtener la etiqueta de eficiencia energética.

## REFERENCIAS

- Lamberts, R., Dutra, L. & Pereira, F., 1997, Eficiência energética na arquitetura, PW, São Paulo.
- <http://breeam.es/> (8 abril 2016)
- <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul> (3 abril 2016)
- <http://www.eletronbras.com> (10 abril 2016)
- <http://www.idae.es> (7 abril 2016)
- <http://www.gbc.com> (10 abril 2016)
- <http://vanzolini.org.br> (7 abril 2016)

# IMPORTANCIA DEL DISEÑO HIGROTÉRMICO EN LAS ENVOLVENTES DE ENTRAMADO LIGERO DE MADERA PARA EDIFICIOS NZEB

Emma Romero Brey, Responsable Técnico Sistemas Constructivos, FINSA

**Resumen:** Para la consecución de edificios NZEB es clave tratar de minimizar las pérdidas de calor a través de la envolvente del edificio, que depende de la transmitancia térmica de los elementos constructivos, del estudio en detalle constructivo de los puentes térmicos y del control de las posibles filtraciones de la envolvente. Especialmente en los sistemas de entramado ligero de madera, la utilización de espesores más altos de aislamiento para conseguir transmitancias más bajas, exige un estudio detallado higrotérmico, por ser más sensibles a daños por humedad. La cuidada selección de materiales permite diseñar envolventes de entramado ligero de madera sin riesgo de condensaciones y baja transmitancia térmica. Se presenta un sistema de entramado ligero con tableros de fibras y partículas de madera, su estudio higrotérmico y experiencias construídas bajo criterios de construcción pasiva.

**Palabras clave:** Madera, Entramado ligero, Diseño Higrotérmico, Sostenibilidad, Envolvente, NZEB

## INTRODUCCIÓN

La madera aporta a los sistemas constructivos resistencia y ligereza, específicamente en los sistemas de entramado ligero, compuestos por elementos de pequeña escuadría, con la siguiente jerarquía, en la que cada capa asume, según sus propiedades, una o varias funciones:

- Estructura principal o entramado de montantes (elementos verticales), durmientes o testeros (elementos perimetrales horizontales) y travesaños (elementos horizontales); colocados a poca distancia entre ellos, asumen la transferencia de cargas horizontales y verticales.
- Estructura secundaria: formada por tableros, fijados al entramado mediante tornillos, clavos o grapas. Además de la función de arriostramiento estructural, constituye o soporta las capas de protección al fuego, estanqueidad al viento, estanqueidad al aire y, si fuese necesario, protección a la intemperie.
- Aislamiento en la cámara entre montantes: protección térmica, acústica y contra incendios.
- Revestimiento, para acabado y protección del resto de elementos, exterior e interiormente.

Los edificios construídos con sistemas de entramado ligero de madera consiguen muy buenas características de aislamiento térmico, ya que casi la totalidad del espesor de la envolvente se compone de material aislante. Sólo hay que prestar atención a los posibles puentes térmicos, cuya influencia se reduce significativamente adoptando sencillas medidas en el diseño de los detalles constructivos.

Si se incorpora un SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) o se utiliza la cámara interior de paso de instalaciones también para la colocación de aislamiento, se consiguen ya valores de transmitancia térmica propios de edificios pasivos, con valores de transmitancia de  $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , en espesores de muro de tan sólo 30 cm.

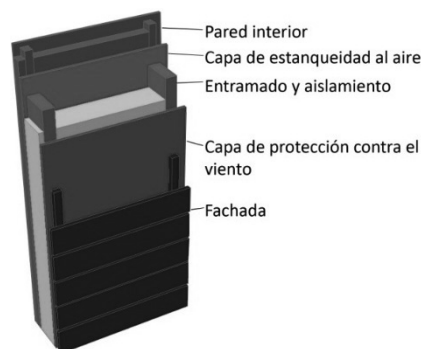


Figura 1. Estructura de capas en un muro de entramado ligero

## DESCRIPCIÓN SISTEMA CONSTRUCTIVO

El sistema de entramado ligero de madera convencional dispone el tablero de arriostramiento en la cara exterior de los montantes y una lámina paravapor en la cara interior.

Sin embargo, en la actualidad, se ha normalizado la construcción de sistemas de entramado ligero de madera permeables, que disponen además un tablero de madera de arriostramiento al interior, que funciona simultáneamente como barrera de vapor y capa de estanqueidad al aire, lo que permite eliminar las láminas paravapor al interior. Se evita así la aparición de condensaciones, permitiendo que el edificio transpire a través de la envolvente.

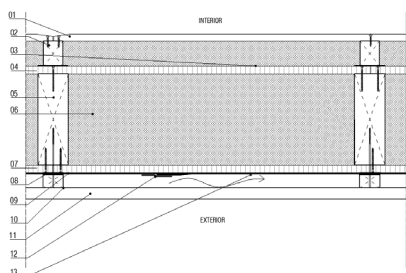


Figura 2. Sección del muro de entramado ligero permeable

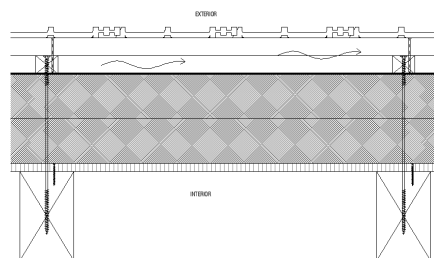


Figura 3. Detalle en sección la cubierta

MURO		Espesor mm	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m-K)	Factor resist. difusión vapor $\mu$	Espesor de aire equiv. Sd (m)
01	Placa de yeso laminado	13	0.21	4	0.052
02	Cámara con aislante de fibra de madera flexible. Paso de instalaciones. Rastrel 38x50 mm.	50	0.039	1	0.05
03	Cinta de papel encerado recubierta con adhesivo acrílico de alta resistencia. Sellado interior del tablero.	-	-	-	-
04	Tablero de partículas y fibras de madera <b>superPan Tech P5</b> de FINSA	15	0.12	50	0.75
05	Madera estructural C24 180X60mm. Intereje 625mm	-	-	-	-
06	Aislamiento de fibra de madera flexible	180	0.039	1	0.18
07	Tablero de partículas y fibras de madera <b>superPan Tech P5</b>	15	0.12	50	0.75
08	Cinta adhesiva con superficie de PE reforzado con red de poliéster	-	-	-	-
09	Membrana transpirable termosellada de dos capas PU/PES. Resistente a rayos UV. Impermeable y resistente al viento.	0.42	0.17	80	0.048
10	Rastrel de madera tratada 30x40 mm. Cámara ligeramente ventilada.	-	-	-	-
11	Revestimiento de madera.	22	0.13	20	0.44
12	Cinta adhesiva resistente a los rayos UV para unión de la membrana transpirable. 60 mm ancho.	-	-	-	-

Tabla I. Descripción del muro: capas y sus propiedades térmicas y de difusión de vapor

CUBIERTA		Espesor mm	Conductividad térmica $\lambda$ (W/m-K)	Factor resist. difusión vapor $\mu$	Espesor de aire equiv. Sd (m)
01	Teja cerámica	12	1	30	0.36
02	Cámara de aire ligeramente ventilada	80			0.08
03	Lámina impermeable transpirable	0.7	0.17	143	0.1
04	Aislamiento de fibra de madera flexible	200	0.039	1	0.2
05	Tablero de partículas y fibras de madera <b>superPan Tech P5</b>	18	0.12	50	0.9

Tabla II. Descripción de la cubierta: capas y sus propiedades térmicas y de difusión de vapor

## METODOLOGÍA

Se calculan las transmitancias térmicas de los elementos lineales (muro y cubierta) y se evalúa el riesgo de condensaciones superficiales e intersticiales. Se detalla el cálculo seguido para el muro, si bien se aplicó un cálculo equivalente para la cubierta y no presenta riesgo de condensaciones, ni superficiales, ni intersticiales.

### Coeficiente de transmisión térmica

#### Muro

Con la estructura de capas descrita en la Tabla I se construye una pared de entramado ligero de madera con un espesor total de 325 mm, una transmitancia térmica de 0.151 W/ (m<sup>2</sup>/K), un espesor de aire equivalente total, Sd: 2.28 m y un factor de resistencia superficial interior, fRsi: 0.962, calculado como (1-U·Rsi), donde Rsi=0.25 m<sup>2</sup>K/W.

#### Cubierta

Con la estructura de capas descrita en la Tabla II se construye una cubierta de entramado ligero de madera con un espesor total de 311 mm, una transmitancia térmica de 0.181 W/ (m<sup>2</sup>/K), un espesor de aire equivalente total, Sd: 1.64 m y un factor de resistencia superficial interior, fRsi: 0.955, calculado como (1-U·Rsi), donde Rsi=0.25 m<sup>2</sup>K/W. Se obtiene un fRsi=0.955 ≥ fRsi,min=0.940, de modo que no se presentan condensaciones superficiales.

### Evaluación del riesgo de condensaciones

#### Condiciones higrotérmicas de cálculo

Se toman como condiciones climáticas de referencia las relativas a A Coruña, porque son los climas marítimos, con mayor humedad relativa en los meses de verano, los más propensos a la aparición de condensaciones superficiales en el cerramiento. En la tabla III se muestran las condiciones higrotérmicas exteriores utilizadas para el cálculo de condensaciones. Las condiciones interiores utilizadas han sido una Temperatura de 20.3 °C y clase de higrometría interior 4.

Condiciones exteriores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura °C	10.2	10.5	11.3	12.1	14.1	16.4	18.4	18.9	18.1	15.7	12.7	10.9
Humedad relativa %	77	76	74	76	78	79	79	79	79	79	79	78

Tabla III. Condiciones higrotérmicas exteriores

#### Verificación de condensaciones superficiales

El factor de resistencia superficial interior mínimo (fRsi, min), necesario para evitar la humedad superficial crítica, se calcula considerando un valor de  $\phi_{si,cr} \leq 0.8$ . Se obtiene un fRsi=0.962 ≥ fRsi,min=0.932, de modo que no se presentan condensaciones superficiales.

Los valores obtenidos del cálculo para el factor de resistencia superficial interior mínimo no supera ningún mes el fRsi de 0.932, por lo que no se producen condensaciones superficiales, conforme se refleja en la tabla IV, donde para el cálculo se ha considerado: la temperatura del aire exterior ( $\theta_e$ ), la humedad relativa del aire exterior ( $\phi_e$ ), la temperatura del aire interior ( $\theta_i$ ), la presión de vapor en el ambiente exterior ( $P_e$ ), el incremento de presión de vapor en función de la clase de higrometría interior y de la temperatura exterior, conforme al Anexo A de la norma EN ISO 13788( $\Delta P$ ); la presión de vapor en el ambiente interior ( $P_i$ ), como suma de la presión exterior más el incremento de presión calculado, multiplicado por un

coeficiente de seguridad de 1.10 Pa; la presión de saturación del vapor de agua mínima aceptable para la superficie interior ( $P_{sat}(\theta_{si})$ ), la mínima temperatura superficial interior aceptable ( $\theta_{si,min}$ ), calculada en base a la presión de saturación mínima aceptable; la humedad relativa del aire interior ( $\phi_i$ ) calculada para las condiciones dadas.

	$\theta_e$ (°C)	$\phi_e$ (%)	$P_e$ (Pa)	$\Delta P$ (Pa)	$P_i$ (Pa)	$P_{sat}$ ( $\theta_{si}$ ) (Pa)	$\theta_{si,min}$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	$\phi_i$ (%)	$fR_{si,min}$
Enero	10.2	77.0	957.77	580.20	1595.99	1994.99	17.5	20.3	67.0	0.72
Febrero	10.5	76.0	964.47	565.50	1586.52	1983.15	17.4	20.3	66.6	0.702
Marzo	11.3	74.0	990.42	526.30	1569.35	1961.69	17.2	20.3	65.9	0.656
Abril	12.1	76.0	1072.42	487.10	1608.23	2010.29	17.6	20.3	67.6	0.670
Mayo	14.1	78.0	1254.34	389.10	1682.35	2102.94	18.3	20.3	70.7	0.678
Junio	16.4	79.0	1472.74	276.40	1776.78	2220.98	19.2	20.3	74.6	0.713
Julio	18.4	79.0	1671.07	178.40	1867.31	2334.14	20.0	20.3	78.4	0.832
Agosto	18.9	79.0	1724.17	153.90	1893.46	2366.82	20.2	20.3	79.5	0.932
Septiembre	18.1	79.0	1639.91	193.10	1852.32	2315.40	19.9	20.3	77.8	0.796
Octubre	15.7	79.0	1408.37	310.70	1750.14	2187.68	18.9	20.3	73.5	0.704
Noviembre	12.7	79.0	1159.59	457.70	1663.06	2078.82	18.1	20.3	69.9	0.714
Diciembre	10.9	78.0	1016.59	545.90	1617.08	2021.35	17.7	20.3	67.9	0.721

Tabla IV. Cálculo de  $fR_{si}$  mínimo

### Verificación de condensaciones intersticiales

El sistema de entramado ligero de madera propuesto no presenta condensaciones intersticiales, como reflejan los resultados alcanzados en el cálculo de las temperaturas y presiones en cada una de las interfases formadas en la unión entre las capas homogéneas que conforman el modelo de cálculo del sistema de muro de entramado ligero, que se muestra en la tabla V.

	$T_{\theta}$ (°C)	Presión de saturación $P_{sat}$ (Pa)	Presión del vapor de agua $P_n$ (Pa)	Humedad relativa $\phi$ (%)	Densidad de flujo de condensación $g_c$ ( $g/(m^2 \cdot mes)$ )	Contenido acumulado de humedad por ud. superficie $Ma$ ( $g/m^2$ )
Aire exterior	10.20	1243.855	957.768	77.0	-	-
Cara exterior	10.26	1248.929	957.768	76.7	-	-
Interfase 1-2	10.52	1270.598	978.996	77.1	-	-
Interfase 2-3	10.65	1281.607	979.479	76.4	-	-
Interfase 3-4	10.65	1282.065	981.794	76.6	-	-
Interfase 4-5	10.84	1298.411	1017.979	78.4	-	-
Interfase 5-6	17.87	2045.616	1026.663	50.2	-	-
Interfase 6-7	18.06	2070.235	1062.847	51.3	-	-
Interfase 7-8	20.01	2338.104	1065.259	45.6	-	-
Cara interior	20.10	2351.772	1067.768	45.4	-	-
Aire exterior	20.30	2380.702	1067.768	44.9	-	-

Tabla V. Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Enero

### Coeficientes de transmisión térmica lineal y factores de temperatura de puentes térmicos

Se presentan valores del coeficiente de transmisión térmica lineal  $\Psi$  y del factor de temperatura superficial  $fR_{si}$ , de algunos puentes térmicos, a partir del cálculo bidimensional con Therm, para el caso de estudio.


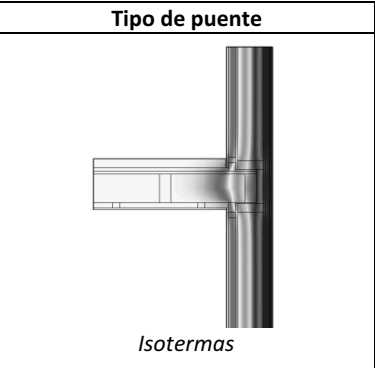
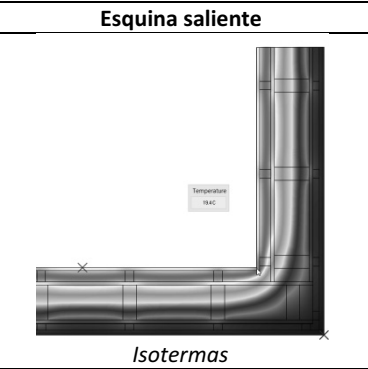
Unión cubierta y fachada		Tipo de puente		Esquina saliente	
					
<i>Isotermas</i>		<i>Isotermas</i>		<i>Isotermas</i>	
$\Psi$	- 0.159	$\Psi$	0.041	$\Psi$	0.089
$f_{Rsi}$	0.901	$f_{Rsi}$	0.929	$f_{Rsi}$	0.939

Tabla VI. Coeficientes de transmisión térmica lineal y factores de temperatura de puentes térmicos

## RESULTADOS

El sistema de entramado ligero es un sistema modulado, con un alto grado de flexibilidad, que permite niveles de prefabricación elevados en la construcción.

A través de las siguientes experiencias de uso de tablero superPan Tech P5 de FINSA en sistemas de entramado ligero de difusión abierta, se puede ver la versatilidad arquitectónica del sistema en la edificación residencial:

### Construcción modular ligera prefabricada

Ampliación de superficie sobre la azotea de un edificio residencial en la Avenida Antonio Augusto Aguiar en Lisboa (Portugal). Modelo de construcción con el sistema GRANIHOUSE de Granifinas.

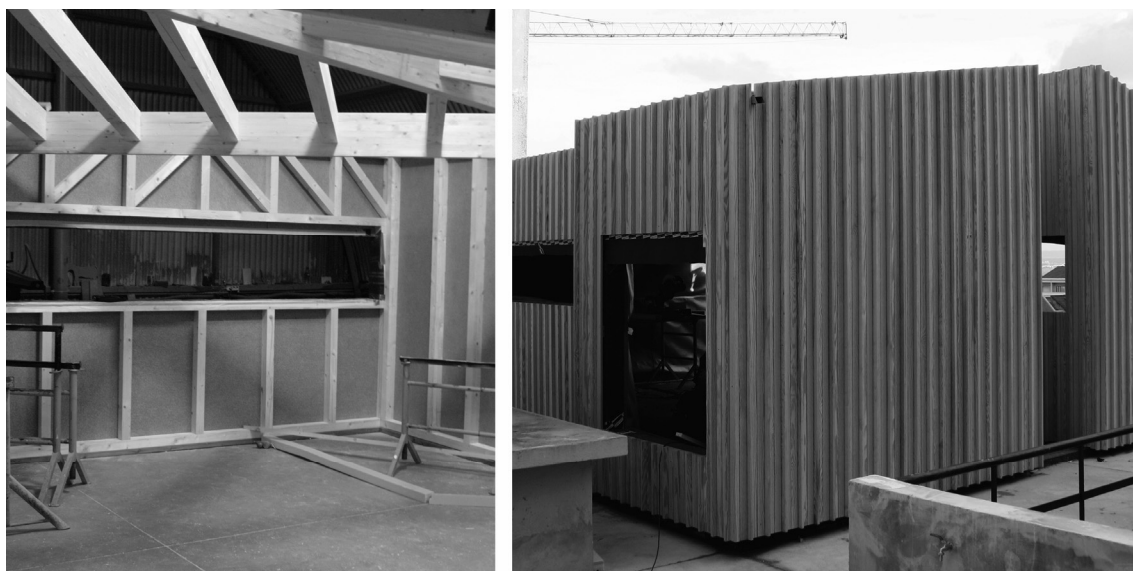


Figura 4. Proceso de montaje en taller de la envolvente con entramado ligero y resultado final in situ

### Viviendas unifamiliares de alta eficiencia energética

Proceso de montaje de vivienda unifamiliar con sistema semiprefabricado en la región de Veneto (Italia).

Viviendas de construcción en seco, elevada resistencia sísmica y bajo consumo energético.



Figura 5. Proceso de construcción con entramado ligero mediante elementos semiprefabricados

## CONCLUSIONES

Del análisis higrotérmico de la solución de entramado ligero de madera con tablero de caras de fibra de madera presentado, se deduce la inexistencia de riesgo de condensaciones superficiales o intersticiales, incluso en zonas con valores altos de humedad relativa en los meses de verano.

Si bien, los sistemas de entramado ligero de madera van asociados a la incorporación de altos grados de prefabricación en la puesta en obra, con el fin de evitar que los materiales se humedezcan durante la ejecución, llevando los elementos de madera convenientemente protegidos a la obra y reduciendo su tiempo de exposición al ambiente exterior.

## REFERENCIAS

- ISO 13788:2012. Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación. Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial. Métodos de cálculo.
- UNE-EN ISO 10211:2012, Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados.
- UNE-EN ISO 10456:2012. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos detallados y de diseño.
- [http://www.finsa.es/paweb/img/fin/newsletter/592013\\_fo-es.pdf](http://www.finsa.es/paweb/img/fin/newsletter/592013_fo-es.pdf) (10 marzo 2016).
- [https://windows.lbl.gov/software/therm/7/index\\_7\\_4\\_3.html](https://windows.lbl.gov/software/therm/7/index_7_4_3.html) (15 abril 2016).

# LA BÓVEDA TERMOACTIVA Y VENTILACIÓN DE CONFORT EN UNA VIVIENDA DE CONSUMO NULO EN MADRID CAPITAL

**Juan Postigo Castellanos**, Arquitecto Técnico, Responsable Técnico, POSCON S.L.  
**Ana Martín Ayala**, Arquitecto Técnico, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación  
**Santiago Pascual Solà**, Ingeniero Industrial, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación

**Resumen:** La edificación de baja demanda de energía, punto de arranque de los edificios de consumo nulo, ofrece nuevas posibilidades para las instalaciones. Termoactivar una losa de hormigón de un bajo cubierta de Madrid, permite convertir esa estancia, en la parte más confortable de una casa en verano con un consumo mínimo, si previamente se ha puesto esmero en anular puentes térmicos, disipar el calor de sus elementos constructivos, eliminar infiltraciones y recuperar la energía de la ventilación. Se presenta una vivienda unifamiliar en el barrio de Barajas, terminada en 2.014, donde se han aplicado estos conceptos, dando como resultado, con los datos de consumo de la compañía eléctrica, que en un pequeño faldón de su cubierta, se podrá generar toda la energía que consume la misma al cabo de un año, no solo de climatización y ACS, si no de iluminación y electrodomésticos.

**Palabras clave:** Demanda, Estructura Termoactiva, Ventilación de Confort, Recuperación de Calor, Hermeticidad, Puentes Térmicos, Envoltente Térmica, Confort Térmico, Calidad del Aire, Consumo Nulo

## INTRODUCCIÓN

En la presente comunicación se muestra una vivienda unifamiliar adosada de esquina, en el barrio de Barajas de Madrid, compuesta de planta sótano sin climatizar, planta baja, primera y bajo cubierta, con una superficie climatizada de 160 m<sup>2</sup> útiles. La vivienda se terminó de construir en agosto de 2.014, pasando a ocuparse en septiembre por una familia de 5 miembros. El Proyecto y la Dirección de Obra corrieron a cargo de Alejandro Postigo Castellanos, la Dirección de Ejecución de Obra por Juan Postigo Castellanos y la Construcción la realizó POSCON S.L. La instalación de ventilación, corrió a cargo de Siber Ventilación, mediante un equipo de VMC de Doble Flujo de alto rendimiento Excellent 4, con un rendimiento de hasta el 95%. La climatización se encarga a una bomba de calor aire/agua de DAIKIN de 6 kW que alimenta los suelos radiantes y la losa de la cubierta termoactivada.

A la vista de las conclusiones presentada en la presente ponencia, se va a proceder a monitorizar la cubierta de la vivienda este próximo verano, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), al objeto de extraer datos del comportamiento y consumos de la cubierta termoactiva.



*Figura 1. Vivienda unifamiliar en barrio de Barajas, Madrid*



## EL PROYECTO

En el programa de necesidades de unos clientes para su vivienda unifamiliar, se planteó que el proyecto recogiera la colocación del dormitorio principal en el bajo cubierta de su casa (barrio de Barajas, Madrid). Pero también plantearon su temor a pasar calor en verano, ya que un bajo cubierta en Madrid, no suele ser un sitio confortable en esas fechas, incluso con buenos niveles de aislamiento. Además, en la climatización de la cubierta, sugirieron la negativa a utilizar sistemas de refrigeración por aire.

El urbanismo, condicionó en forma y orientación de la cubierta, por lo que las medidas de diseño quedaron prácticamente anuladas y sólo quedó la posibilidad de trabajar la técnica constructiva y de climatización para poder satisfacer las necesidades del cliente.

## LA BÓVEDA TERMOACTIVA

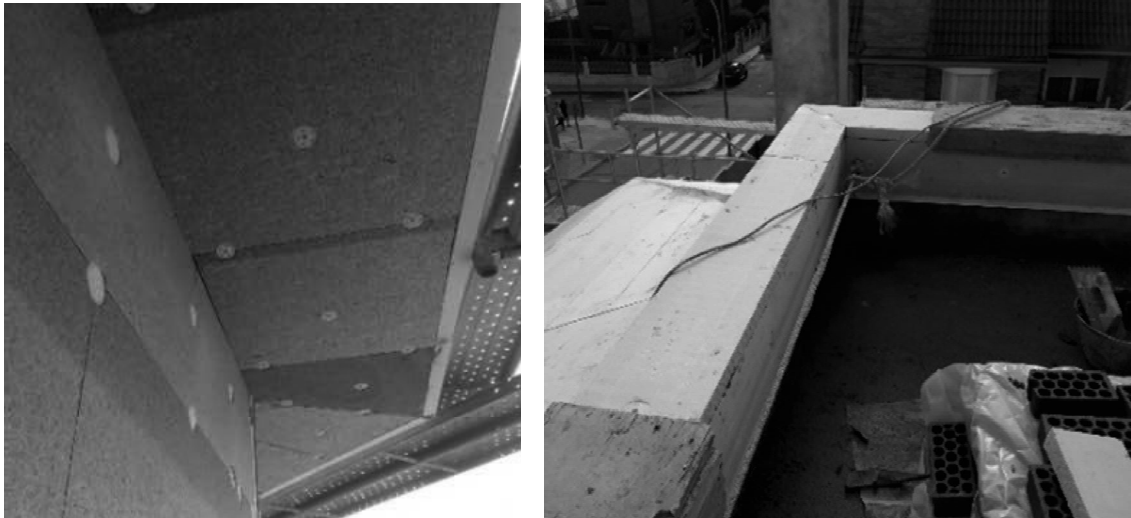
A la hora de preparar la losa de hormigón con que se realizó la cubierta, con una forma quebrada que se asemejaba a una bóveda de 12 cm de espesor, se intercaló tubería de la que habitualmente se coloca en los suelos radiantes, conectada a la aerotermia de alta eficiencia que climatiza el resto de la vivienda por suelo radiante. La finalidad de la instalación es explotar la excelente capacidad del hormigón para acumular calor o “frío”. En las noches de verano, donde la eficiencia de la bomba es superior, por tener la temperatura de la fuente de frío más próxima a la temperatura de confort, se aprovecha para eliminar el calor acumulado en la “bóveda de hormigón” que en muchos momentos del día, se encuentra casi perpendicular a la intensa radiación solar del verano de Madrid, por lo que la teja que remata la cubierta alcanza temperaturas próximas a los 60º.



*Figura 2. Activación de losa de hormigón*

Ningún sentido tendría enfrentarse a temperaturas de 70º con una bomba de calor, por mucha eficiencia que disponga la misma, por lo que, entre la teja de remate y la losa de hormigón, se hizo lo necesario para que esa temperatura bajase al máximo. Y bastó con aplicar los conceptos de conducción, convección y radiación para conseguirlo.

Para defenderse de la transmisión de calor por conducción, una vez realizada la estructura de hormigón, “se envolvió” literalmente la losa en aislamiento, no solo la parte habitable de la cubierta, sino también los aleros que protegían la fachada y los petos de una pequeña azotea que disponía el bajo cubierta, ya que no solo es importante el espesor del aislamiento, también lo es la continuidad del mismo, práctica más habitual en países centroeuropeos, que empieza a ser necesaria en el clima de Madrid, en el momento que se empieza a aumentar los niveles de aislamiento, en la busca de envolventes de demanda reducida.



*Figura 3. Eliminación de puentes térmicos en aleros y petos de cubierta plana*

Espesores de 10 cm con conductividad de  $0.34 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  sobre las zonas habitadas y de 5 cm sobre petos y aleros, han demostrado ser suficientes para conseguir unos niveles de consumo de energía muy bajos, del orden de los asignados por el estándar Passivhaus, gracias a una generosa ventilación sobre ese aislamiento.

Una lámina de baja emisividad colocada por encima del aislamiento, se encarga de reflejar la elevada radiación emitida hacia el mismo, por los  $70^{\circ}\text{C}$  que alcanza en verano la teja que lo cubre. Finalmente, un doble enrastrelado, permite que esa cámara ventile correctamente y evacúe ese calor reflejado por la lámina. Pero para evacuar ese calor, no vale con colocar 2 ó 3 tejas de ventilación en la parte alta de la cubierta. La función de esas tejas sería proporcionar la ventilación necesaria para que no se produzcan condensaciones, pero distan mucho de tener sección suficiente para evacuar la energía acumulada debajo de una cubierta de  $70 \text{ m}^2$ . Por ello, la cubierta dispone de una generosa salida de aire de 10 metros lineales en la parte alta, donde la teja se entrega al peto de la terraza plana que corona la cubierta. Por allí sale la energía reflejada por la lámina, habiéndose medido temperaturas de salida de aire de  $40^{\circ}\text{C}$  a las 7.00 de la mañana del verano. Y ese aire es capaz de salir por el efecto de convección que produce una generosa abertura de las tejas en su entrega al canalón inferior y el espesor de la cámara de aire que le proporciona el contra-rastrel de 5 cm de espesor. Con seguridad, una cámara de menores dimensiones, presentaría demasiado rozamiento al movimiento del aire por debajo de las tejas, por lo que el efecto de convección quedaría reducido sensiblemente y por tanto la capacidad de evacuación de calor de la cámara de aire.



Figura 4. Asilamiento conductivo de XPX, protección de la radiación y formación de cámara para disipar calor por convección

## INFILTRACIONES

Cuando se produce una drástica reducción de las pérdidas energéticas por la envolvente, debido a espesores adecuados y eliminación de puentes térmicos, empiezan a adquirir especial relevancia las pérdidas por infiltración. En las viviendas de bajo consumo es necesario estudiar y aplicar una adecuada capa de estanqueidad. Uno de los puntos más débiles para las infiltraciones son los encuentros entre las ventanas y la envolvente, por ello se puso especial esmero en la instalación de las carpinterías de PVC, mediante la colocación de bandas de estanqueidad en la unión de los premarcos de madera de las ventanas a la obra de fábrica de la fachada.

El resultado final fue que en el ensayo de puerta soplante (Blower-Door), para la caracterización de la hermeticidad de la vivienda, se alcanzó un valor de 1.1 ren/h a n50, cuando los valores habituales pueden estar entre 2 y 4 ren/h a n50.



Figura 5. Bandas de estanqueidad en premarcos de ventanas

## VENTILACIÓN DE CONFORT

Si es importante la instalación de ventilación en una vivienda convencional, mucho más lo es en una vivienda con este nivel de estanqueidad como este. Pero no basta con alcanzar unos niveles adecuados de calidad de aire interior tal y como indica la exigencia CTE DB HS3, si no que habrá que realizarlo consiguiendo la menor pérdida energética posible, ya que como se comentó en el apartado anterior, la carga de ventilación empieza a representar una parte demasiado importante de la demanda de la vivienda, cuando se han reducido de manera importante el resto de pérdidas en la vivienda.

El sistema de ventilación de alta eficiencia VMC DF Siber Excellent 4, permite intercambiar la energía del aire que es expulsado de la vivienda con el aire que se introduce en la misma, para dar lugar a la renovación del aire. En invierno, cuando se extrae aire con carga térmica de la vivienda, se recupera gran parte del calor que contiene este aire, cediéndolo al aire limpio que entra desde el exterior. De igual modo, en verano el aire más frío de la vivienda, enfría el aire que entra más caliente desde el exterior de la misma. Además, en verano se activa el "by-pass" o también conocido como "free-cooling", que permite un refrescamiento nocturno. De este modo, se producen importantes ahorros energéticos acompañados de confort y salubridad, gracias al aire limpio y renovado.

Los filtros tipo F7 incorporados en el recuperador, eliminan las partículas de polen, polvo y elementos en suspensión, que contiene el aire exterior, impulsando un aire más limpio hacia las habitaciones, salón-comedor, mejorando así la calidad del aire interior de la vivienda.

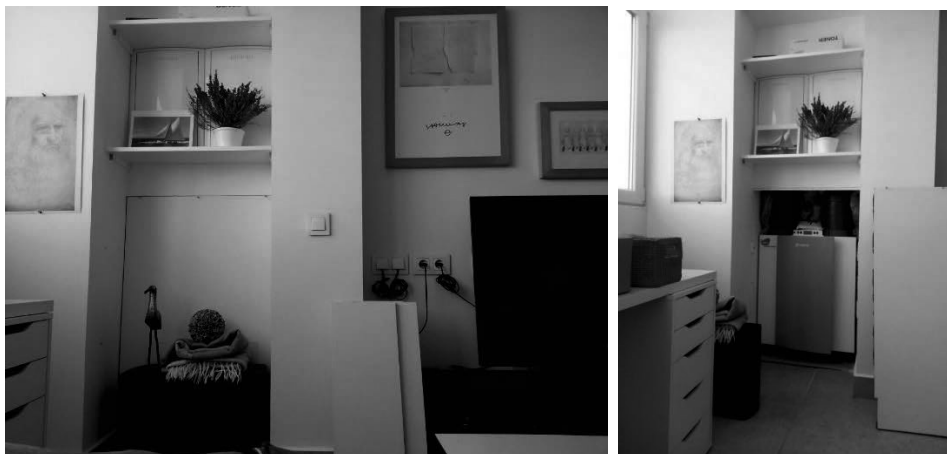


Figura 6. Integración de la Central VMC DF Siber Excellent 4 en el interior de la vivienda



Figura 7. Integración de las Bocas extracción e impulsión en el interior de la vivienda

## CONCLUSIONES

El resultado final conseguido ha sido muy satisfactorio. En agosto de 2.014, con la obra casi terminada, la temperatura interior de la losa de hormigón no superó los 25°C. Una vez conectada la bomba de calor, que impulsaba el agua por las noches a 18°C por las tuberías embebidas en la losa de hormigón, se consiguió que a las 16.00 pm de un caluroso día de agosto en Madrid, la temperatura interior de la losa estuviera de manera uniforme a 21°C. Esta a su vez enfriaba el aire más cálido del interior de la vivienda, que caía una vez enfriado hasta la zona ocupada, consiguiéndose unos elevados niveles de confort.

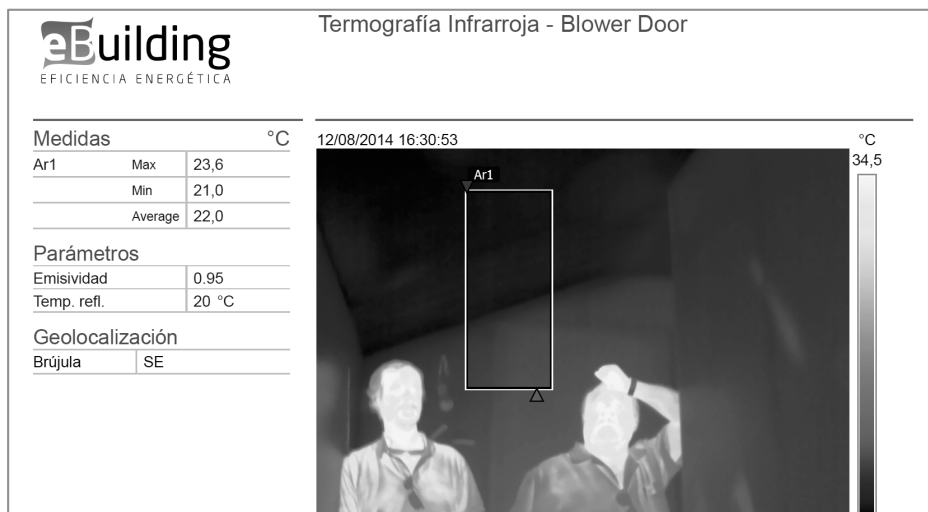


Figura 8. Termografía del bajo cubierta

Los consumos totales de la vivienda, se recogen en el cuadro adjunto y comprenden no solo la climatización y ACS que produce la bomba de calor, si no la iluminación led, electrodomésticos y usos varios de la vivienda.

Para la latitud de Madrid, con una correcta orientación, se pueden producir en 1 año del orden de 1.500 kWh por cada kWp de potencia instalada, lo que conlleva a que con 14 paneles de 310 wp, (28 m<sup>2</sup>), se podría generar en la cubierta toda la energía que consume la vivienda durante el año. Por lo que podría llegar a ser **una vivienda de consumo nulo**.

Consumo de C/ Bahía de Alcudia 66, Madrid.	
Fechas de factura	Consumo en kWh
25/09 a 24/10 2014	365
25/10 a 27/11 2014	447
28/11 a 23/12 2014	553
24/12 a 28/01 2015	872
29/01 a 20/02 2015	720
21/02 a 26/03 2015	767
27/03 a 27/04 2015	644
28/04 a 25/05 2015	418
26/05 a 25/06 2015	368
25/06 a 23/07 2015	467
24/07 a 21/08 2015	539
22/08 a 24/09 2015	378
TOTAL AÑO	6.538

Figura 9. Resumen de consumos monitorizados faldón compañía eléctrica



Figura 10. Preinstalación fotovoltaica en cubierta sureste

# EL EDIFICIO MÁS ALTO DE MADERA DE BARCELONA, SOSTENIBLE, SALUDABLE Y EFICIENTE CON CRITERIOS ECCN

**Pere Linares**, Responsable Técnico House Habitat  
**Jaime Llamas**, Responsable Ejecución, House Habitat  
**Artur García**, Asesor energético, Zero Consulting  
**Juan Ortega**, Responsable Prescripción, Siber Ventilación  
**Santiago Pascual**, Ingeniero Industrial, Siber Ventilación

**Resumen:** En el distrito de Gracia, en pleno centro de Barcelona, se levanta el edificio más alto de la Ciudad Condal realizado sobre rasante exclusivamente de madera. Una vivienda proyectada cumpliendo el CTE y criterios para conseguir un Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN) con construcción sostenible y respetuosa con la salud de sus habitantes. Un ejemplo de ello es la madera de su estructura, un recurso natural y renovable que procede de bosques donde se realiza una gestión sostenible como garantiza el sello PEFC. La vivienda incorpora también un sistema de renovación de aire con recuperador de energía de alta eficiencia que permite ventilar la casa sin necesidad de abrir las ventanas; así como aerotermia, una fuente de energía renovable.

**Palabras clave:** Edificio ECCN, Vivienda Consumo Casi Nulo, Climatización, Ventilación Mecánica Controlada, Recuperación Calor, Energía Solar Fotovoltaica, Aerotermia, Salud, Confort, Calidad Aire Interior, Madera

## INTRODUCCIÓN

House Habitat, empresa especializada en construcción sostenible en España, ha construido un edificio con estructura de madera de cinco plantas, el más alto de este tipo en Barcelona. Se trata de un edificio de cinco plantas, con una vivienda unifamiliar, situada en el distrito de Gracia, de 346 metros cuadrados construidos, levantada sobre un solar entre medianeras de 75 m<sup>2</sup>.

Este proyecto innovador se ha abordado desde su origen con el objetivo de lograr la máxima eficiencia energética con la finalidad de conseguir sustanciales ahorros en facturas de suministros a lo largo de la vida útil del edificio. De ahí que en la construcción se hayan utilizado las técnicas y materiales más avanzados que cumplen con la triple premisa de lograr altos resultados en reducción de gasto de energía, sin menoscabar el entorno y perjudicar a la salud. A las ya conocidas prestaciones aislantes de la madera, se añaden aislantes naturales como la fibra de madera en panel. Las ventanas son de doble cristal y las persianas por el exterior para garantizar la hermeticidad de la vivienda.

La vivienda incorpora un sistema de renovación de aire de doble flujo con recuperador de energía de alta eficiencia y una batería de agua para atemperar el aire que llega a las habitaciones, que permite ventilar la casa sin necesidad de abrir las ventanas de forma continua, garantizando salud, confort y eficiencia energética. La aerotermia, dota a la casa de agua caliente además de alimentar las baterías conectadas al sistema de Ventilación (Calidad del aire interior). Según los cálculos realizados, se estima que el gasto medio mensual en calefacción, refrigeración y agua caliente sea de 62 euros, correspondientes a un consumo de energía anual de 31 kWh/m<sup>2</sup>.

## DESCRIPCIÓN

El edificio, incorpora varias innovaciones a destacar, con de fin de integrar el edificio sostenible, saludable y eficiente en una zona altamente poblada como es la ciudad de Barcelona.

- Innovación en productos y materiales
- Innovación en sistemas constructivos
- Simplificación en la puesta en obra
- Sostenibilidad y Salud

La materia prima utilizada es totalmente renovable y certificada. Para su estructura y aislamiento se ha utilizado madera de bosques gestionados sosteniblemente (PEFC). Proceso de transformación de materia prima en producto constructivo con muy baja energía. Procesos mecanizados. Cumpliendo con la normativa vigente (CTE).

La construcción se ha realizado totalmente en seco, sin agua ni derivados. Uniones limpias con acero protegido, estabilidad al fuego 60 minutos. Láminas transpirables exteriores y láminas interiores reguladores de la humedad. Desde el punto de vista de la salud pinturas interiores con pigmentos naturales, instalación eléctrica biocompatible, aislamiento natural interior de fibra de madera. Para garantizar el cumplimiento del CTE DB HS3, se incorpora un sistema de ventilación de doble flujo con recuperación de calor de alta eficiencia. Gracias a los filtros F7 incorporados en el recuperador, se eliminan del aire exterior las partículas de polen, polvo y elementos en suspensión, mejorando así la calidad del aire interior.



Figura 1. Estructura edificio EECN House Habitat



Figura 2. Edificio terminado EECN House Habitat

## Conceptos del Diseño Energético

El principio utilizado ha sido la disminución de la Demanda energética gracias a la aplicación de medidas pasivas, como son la mejora de la envolvente térmica, diseño libre de puentes térmicos, ventanas de altas prestaciones, control de las infiltraciones y elementos de protección solar. Combinado con instalaciones de alta eficiencia, aerotermia para la generación de ACS y climatización, junto a la ventilación VMC DF Siber de alto rendimiento para así conseguir salud, confort y ahorro para los usuarios finales.

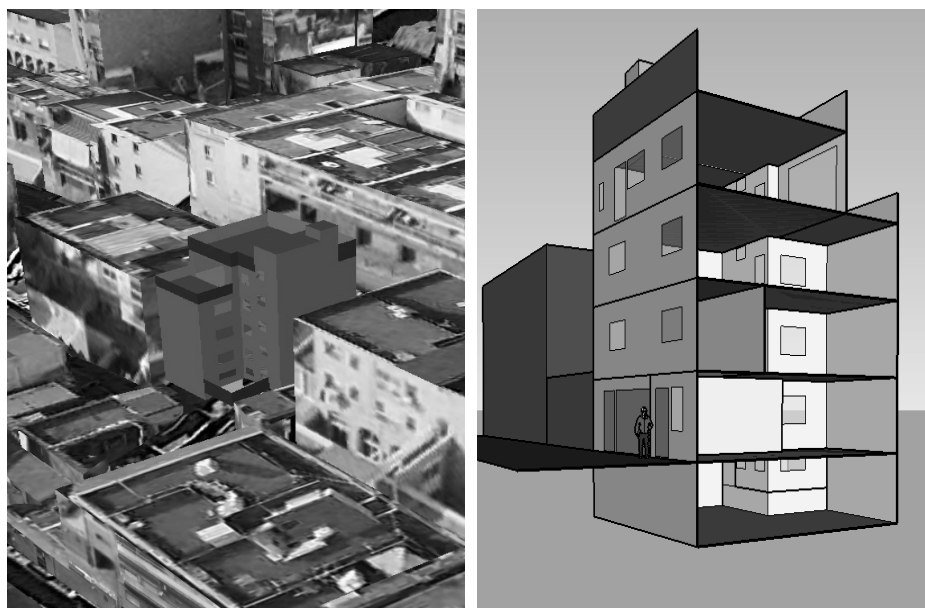


Figura 3. Simulación energética con Energy plus

## Acciones Pasivas para la disminución de la demanda

Aislamiento realizado por el interior de la estructura con fibra de madera natural, producida según la EN 13171, con una conductividad térmica  $0,038 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ , se han instalado 14 cm en las fachadas, 14 cm en las medianeras y 20 cm en la cubierta.

Diseño libre de puentes térmicos, mediante SATE de 4cm con fibra de madera exterior, producida según la EN 13171, con una conductividad térmica  $0,048 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .

Ventanas de altas prestaciones, con rotura de puente térmico, doble cristal ( $U= 1,4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ) bajo emisivo, factor solar de  $g=0,42$ , que permite la reducción de hasta el 58% de la radiación solar en verano y marcos de madera.

Protección solar mediante persianas exteriores, metálicas apilables de lama graduable, con caja de persiana sin registro interior y sin puente térmico.

W/m <sup>2</sup> ·K	CTE 2013	Proyecto
Fachadas	0,75	<b>0,20</b>
Cubierta	0,59	<b>0,17</b>
Part. Vert.	1,20	<b>0,34</b>
Part. Horiz.	1,35	<b>0,57</b>
Medianeras	0,95	<b>0,25</b>
Ventanas	3,10	<b>1,40</b>

Tabla I. Resumen medidas pasivas

## Acciones Activas para el ahorro energético

El sistema de ventilación de alta eficiencia VMC DF Siber Sky 3, permite intercambiar la energía del aire que es expulsado de la vivienda con el aire que se introduce en la misma, para dar lugar a la renovación del aire. En invierno, cuando se extrae aire caliente de la vivienda, se recupera gran parte del calor que



contiene este, cediéndolo al aire que entra desde el exterior. De igual modo, en verano el aire más frío del interior de la vivienda, enfría el aire que entra más caliente desde el exterior de la misma, además con la activación del “by-pass” o también conocido como “free-cooling”, conseguimos un refrescamiento adicional nocturno, cuando las condiciones lo permiten. De este modo, se producen importantes ahorros energéticos acompañados de confort y salubridad, que proporcionar el aire limpio y renovado.

El uso de una batería de agua, permite el acoplamiento entre el sistema de ventilación para garantizar la calidad del aire y el sistema de climatización de la vivienda. La batería se intercala en el circuito de insuflación que va desde el recuperador a los locales secos de vivienda, por ella pasa el aire renovado procedente del exterior, que ya ha recuperado parte de la energía del aire que extraemos. Simultáneamente, podemos hacer circular agua caliente o fría por la batería desde la aerotermia, de manera que permite calentar o enfriar más el aire que entra a la vivienda, consiguiendo un doble efecto, por un lado la renovación del aire de la misma y por otro, si logramos que la temperatura del aire de entrada a la casa sea mayor o menor a la temperatura de confort en la misma en invierno y verano, respectivamente, conseguimos una apoyo o incluso cubrir la carga necesaria para climatizar la vivienda.

El sistema de aerotermia instalado en la vivienda es una bomba de calor Genia Air 5 de la marca Saunier Duval. Este sistema es el encargado de producir calor o frío para dos usos, por un lado obtener el agua caliente sanitaria para su uso en la vivienda; y por otro, permite la climatización de la vivienda a través del calentamiento o enfriamiento del fluido presente en el circuito de climatización conectado a la batería de agua del Sistema Ventilación Siber.

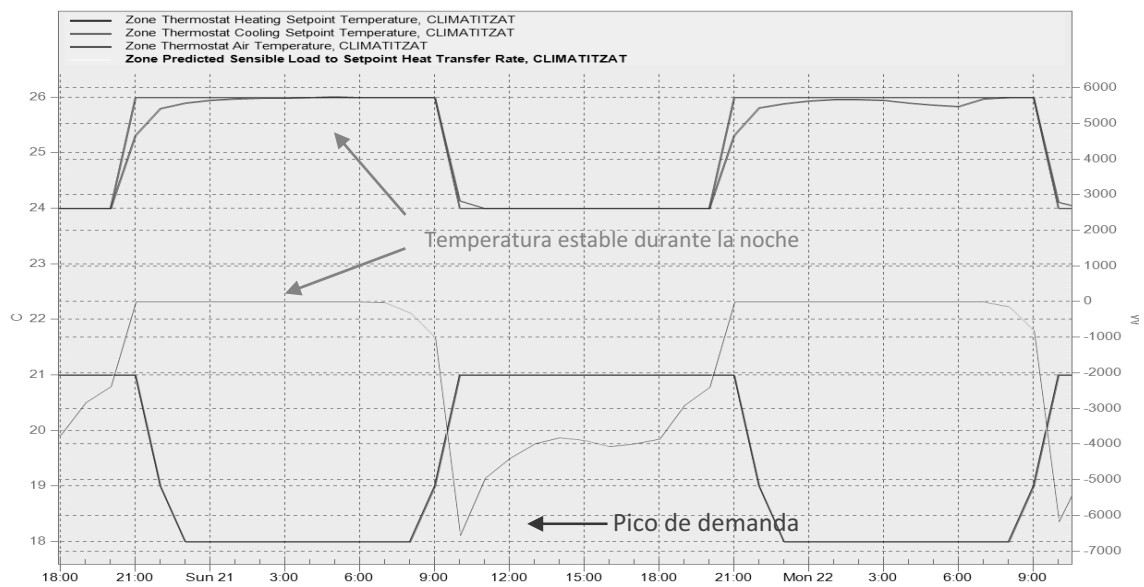


Figura 4. Resultados Energy plus

## CONCLUSIONES

Con el apoyo de las herramientas de simulación energética y realizando un análisis de los resultados con Energy Plus y/o CALENER, podemos desarrollar proyectos de edificios de muy bajo consumo energético. Un proyecto bien elaborado desde el punto de vista de medidas pasivas (envolvente térmica y estanca al aire) combinado con la incorporación de instalaciones eficientes reducidas a la mínima expresión, podemos llegar a proyectar con un coste óptimo edificios reales y de muy bajo consumo o también conocidos como Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN), tal y como se indica en la Directiva europea 2010/31 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Una de las principales ventajas a destacar en este tipo de edificaciones, gracias a la integración de las medidas pasivas con instalaciones eficientes, son el confort y la salud para el usuario final.

Además, tal y como se ha presentado en esta comunicación podemos ofrecer un plus de sostenibilidad y Salud a los usuarios utilizando componentes y productos naturales de cercanía.

Los resultados de las simulaciones que tendremos oportunidad de cotejar con la realidad arrojan un ahorro significativo de la vivienda de más del 75%, respecto al edificio de referencia según CALENER. Se han conseguido excelentes resultados de demanda en calefacción y refrigeración estando estos por debajo de los 15 kWh/m<sup>2</sup>.

		Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	Ref. Viv Pasiva 15 >	A	12,9	2699,3	D	58,0	12081,3
Demanda refrigeración	Ref. Viv Pasiva 15 >	B	6,3	1321,5	C	9,4	1956,7
		Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción		A	2,7	562,8	D	18,5	3856,4
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración		B	1,4	291,8	D	3,6	750,4
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS		B	3,3	687,9	D	4,7	978,6
Emisiones CO <sub>2</sub> totales		A	7,4	1542,6	D	26,8	5585,5
		Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción		A	10,8	2244,1	D	84,0	17517,9
Consumo energía primaria refrigeración		B	5,6	1155,8	D	14,6	3052,4
Consumo energía primaria ACS		A	13,2	2758,8	D	19,4	4043,3
Consumo energía primar	Ref. Viv Pasiva 120>	A	29,6	6158,7	D	118,1	24613,7

Tabla II. Resultados de la Certificación energética del edificio

## AGRADECIMIENTOS

- José Javier García, Arquitecto del proyecto.
- Magí Cuberta, Arquitecto Técnico del proyecto.
- Joan Vilà, Gerente Nexa, Técnico estructura de madera del proyecto.

## REFERENCIAS

- Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Salubridad, apartado HS3. Calidad del aire interior, Marzo 2006. España.
- Parlamento Europeo, 2010, DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Bruselas, Bélgica.
- RD 235/2013. De 05 abril 2013. Certificación de eficiencia energética de los edificios.
- UNE 171330, sobre Calidad Ambiental en Interiores

## NOTAS

Las figuras 3 y 4 correspondientes a Energy plus han sido cedidas por Zero Consulting.

# CONSTRUCCIÓN DE EECN MEDIANTE SISTEMA SEMI-PREFABRICADO DE PANELES AISLANTES DE VIRUTA DE MADERA RECICLADA AGLOMERADA. EJEMPLO REAL Y RESULTADOS

**Roberto Higuero Artigas**, Arquitecto Técnico, Socio, in.Genium Arquitectura S.L.P.

**Emilio de la Red Belvis**, Ingeniero Industrial, Gerente, EcoHaus S.L.

**Resumen:** Construcción de edificios EECN con estructura de muros de carga de hormigón mediante paneles de encofrado perdido aislante de viruta de madera reciclada aglomerada con cemento. Diseño, ejecución y contraste entre el estudio teórico y los datos adquiridos en la monitorización del edificio.

**Palabras clave:** EECN, Sistema Constructivo, Semi-Prefabricado, Simulación Energética, Monitorización, Validación

## INTRODUCCIÓN

Partiendo del estudio del proyecto Europeo PASSIV-ON (2005-2007) para la aplicación de estándares pasivo a climas del sur de Europa como marco de estrategias de diseño pasivo así como de un estudio de las experiencias realizadas de EECN en España, se planteó el siguiente árbol de objetivos.

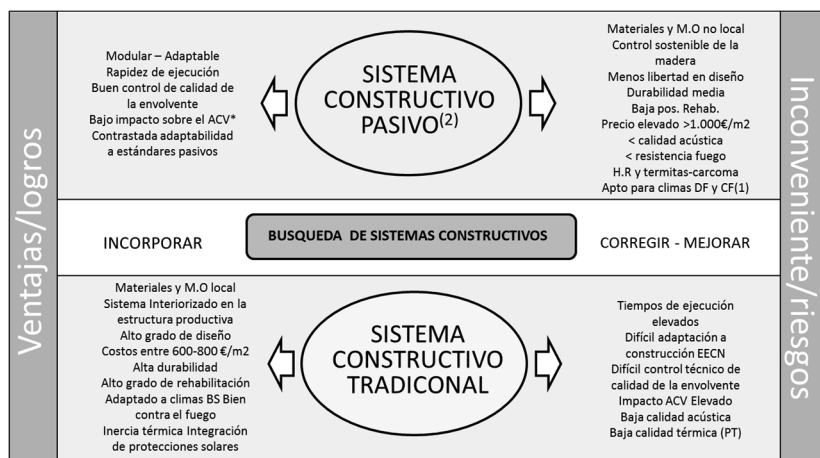


Figura 1. Antecedentes de estudio y árbol de objetivos del proyecto

La expansión de los edificios pasivos y los cambios normativos hacia el horizonte 20-20-20, marcan el futuro de los EECN. Las pocas experiencias realizadas en España y más concretamente en la C.A de Aragón, se han establecido en su mayoría, en sistemas constructivos prefabricados bajo el modelo del estándar pasivo del norte de Europa. Pese a que estas experiencias están obteniendo resultados satisfactorios, se presentan otras cuestiones como objetivo del presente proyecto:

1. La compatibilidad del diseño EECN manteniendo estrategias tradicionales de diseño (inercia térmica y flexibilidad en la estanqueidad).
2. Integrar materiales y técnicas constructivas de proximidad como estrategia de ACV-LCA, manteniendo la competitividad del sistema, especialmente en coste y tiempo de ejecución.
3. Mejorar el control de ejecución especialmente de la envolvente.
4. Maximizar el confort interior (térmico acústicos).
5. Maximizar la durabilidad y potencial de rehabilitación futura.
6. Contribuir a una economía local con sistemas fácilmente integrables en la estructura productiva.
7. Sistema compatible con la ejecución de edificio EECN con alto grado de libertad en el diseño.

El proyecto planteado se enmarca dentro de una experiencia real de construcción de una vivienda unifamiliar en la que se busca completar los objetivos planteados y validarlos mediante mediciones in-situ a través de un sistema de monitorización horaria de las constantes principales del edificio, así como encuestas periódicas a los usuarios.

## EL PROYECTO

Proyecto de construcción de vivienda unifamiliar situada en Alcañiz (Teruel) de consumo de energía casi nulo mediante sistema de paneles de encofrado perdido aislante de VIRUTA DE MADERA RECICLADA AGLOMERADA CON CEMENTO. Superficie construida: 199,31 m<sup>2</sup>. Superficie útil a climatizar: 162,30 m<sup>2</sup>.



Figura 2. Vista 3D del proyecto. Fachada Sur-Oeste

## Clima del emplazamiento

Tipo D3 (CTE2013). Clima Köppen BSk – Estepario seco. Las precipitaciones están entre un 50% y un 100% de la temperatura media anual multiplicada por veinticuatro. Bajo estas condiciones la vegetación es escasa. Este clima es conocido en algunas regiones como mediterráneo seco pues es, en muchas ocasiones, un clima de transición entre el Csa (mediterráneo) y el BW (desértico).

## Estrategias de diseño pasivo del edificio

Orientación sur. Captación solar directa. Alta inercia térmica. Protecciones solares de huecos sur y oeste. Alto nivel de aislamiento de la envolvente ( $U_{global} < 0,25 \text{ w/m}^2\text{k}$ ). Tratamiento de puentes térmicos. Carpintería de mixta con vidrios triples de baja emisividad. Sistema de ventilación mecánica controlada con recuperador de calor. Nivel de estanqueidad al aire de 1 ren/h. Ventilación cruzada nocturna. Refrescamiento evaporativo mediante la incorporación de una lámina de agua en la dirección de los vientos predominantes nocturnos.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Descripción constructiva de los cerramientos opacos:** Fachadas en todas las orientaciones: Mortero de cal hidrófugo de 2 cm, tablero aglomerado de virutas de madera y cemento (CMC) 3,5 cm, aislamiento EPS de 20 cm, CMC 3,5 cm, Yeso 1,5 cm. Espesor total: 41,5 cm.  $U: 0,162 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Cubierta: CMC 3,5 cm, forjado unidireccional de EPS 20+5 EPS, aislamiento XPS 15 cm, hormigón con arlita formación de pendientes 7 cm, lámina de impermeabilización tipo EPDM, fieltro geotextil de fibra de PP, capa de grava lavada blanca de 10 cm. Espesor total: 45 cm.  $U: 0,190 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Terraza: CMC 3,5 cm, forjado unidireccional de EPS 20+5 EPS, aislamiento XPS 15 cm, hormigón con arlita formación de pendientes 7

cm, lámina de impermeabilización tipo EPDM, fieltro geotextil de fibra de PP, tarima de madera exterior. Espesor total: 41,5 cm. U: 0,19 W/(m<sup>2</sup>K). Soleras con el terreno: Encachado de piedra de 10 cm, solera de hormigón armado de 15 cm, aislamiento XPS 4 cm, recrecido de mortero de cemento 4 cm, solado de tarima de madera. Espesor total: 29 cm. U: 0,62 W/(m<sup>2</sup>K). Forjado en contacto con exterior: Aislamiento XPS de 15 cm, CMC de 3,5 cm, forjado unidireccional de EPS 20+5 EPS, recrecido de mortero de cemento 4 cm, solado de tarima de madera. Espesor total: 39 cm. U: 0,260 W/(m<sup>2</sup>K). Los huecos o ventanas exteriores: formadas por carpintería exterior mixta madera y aluminio de la marca UNI-ONE serie COMPLANARE. Vidrio triple bajo emisivo y con vidrio laminado según la posición. Factor solar g: 0,58.

**Nivel global de aislamiento de la envolvente**: Transmitancia térmica media de los huecos: 1,28 W/(m<sup>2</sup>K). Transmitancia global de la envolvente: 0,282 W/(m<sup>2</sup>K). Factor de pérdidas total 185,2 W/K- La ventilación aporta 22,9 W/K (un 12% del total). Los puentes térmicos suponen un 3% de las pérdidas de la envolvente.

**Sistema de ventilación mecánica controlada (VMC)**: Sistema de Ventilación Controlada (VMC) de doble flujo con recuperador de calor de la marca SIBER modelo EXCELENT 400+ homologado para vivienda pasivo. Caudal máximo 300 m<sup>3</sup>/h. Potencia máxima absorbida 98 W. Filtros tipo G3.

**Sistema de climatización**: Sistema de climatización para cubrir demanda pico de calor y frío y producción de ACS. Equipo generador mediante bomba de calor aerotérmica marca DE DIETRICH modelo ALEZIO AWHP 8MR-3. Depósito acumulación de ACS de 200l. Depósito de inercia frío/calor de 100l. Regulación mediante termostato por planta y electroválvula automática.

## MATERIALES Y MÉTODO

La principal novedad en este proyecto radica en el sistema constructivo de la envolvente opaca. El sistema se conforma de forma muy sencilla mediante tres tipos de paneles de CMC.

1. Panel de CMC de 2,5 y 3,5 cm de espesor como encofrado perdido en el interior de los muros de la envolvente.
2. Panel de CMC de 3,5 cm con aislamiento. El nivel de aislamiento es variable en función de las necesidades del emplazamiento.
3. Panel de CMC de 5 cm. Para la formación de jambas en huecos de puertas y ventanas.

El sistema se complementa con broches o separadores de acero protegidos ante la corrosión para facilitar el montaje en seco.



Figura 3. Paneles de CMC con y sin aislamiento. Broches de montaje como separadores

Los tableros cuentan con las fichas técnicas correspondientes para la caracterización de medidas, densidad, resistencia térmica, factor de difusión de vapor, rigidez mecánica, así como informe de inocuidad para la salud e higiene de los trabajadores. Igualmente posee una clasificación de protección frente al fuego como revestimiento B-s1, d0. En su composición con los paneles aislantes y el relleno de hormigón sus características térmicas son las siguientes:

COMPOSICIÓN DEL MURO	GROSOR DEL AISLANTE TÉRMICO d	RESISTENCIA TÉRMICA DEL MURO (EPS)	COAGENTE DE PENETRACIÓN DEL CALOR	CONDENSACIÓN EN DIFUSIÓN DEL VAPOR DE AGUA
		R*	U*	G <sub>v</sub> , G <sub>v</sub>

	(ESP) mm	m <sup>2</sup> K/W	W/m <sup>2</sup> K	g/m <sup>2</sup> año
WS-EPS 235 – hormigón - WS 35	200	6,314	0,154	G <sub>k</sub> < 1

\* Valores obtenidos a base de cálculos

Tabla I. Características térmicas del sistema utilizado

### SISTEMA DE MONTAJE

El sistema comienza con la colocación del panel exterior aplomado y nivelado sobre la solera. A continuación se colocará el panel interior mediante la ayuda de los broches o distanciadores metálicos. Procederemos a realizar la primera hilada de forma completa respetando los huecos. Después se procederá a incluir el acero necesario según cálculo, incluidos refuerzos estructurales necesarios. La ejecución se realizará mediante la superposición de dos hiladas completas.

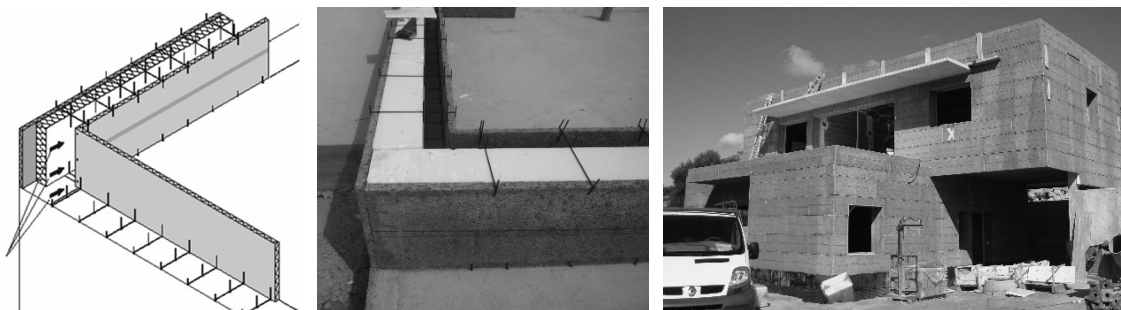


Figura 4. Esquema de montaje y resultado final del proceso de muros

Posteriormente se procede a la realización de las jambas de huecos para puertas y ventanas mediante paneles de 5 cm de CMC. En este punto es importante tratar el puente térmico de las jambas de las ventanas mediante la adición de aislamiento térmico en función de las necesidades del emplazamiento. Igualmente se tendrá en cuenta este efecto en el cálculo de los dinteles de huecos. Posteriormente se procederá al hormigonado del espacio según el espesor de cálculo (para vivienda unifamiliar 11 cm), conforme a las especificaciones de la normativa vigente (EHE 2008). En el caso de construcción de edificio EECN, se recomienda la integración de los premarcos en los paneles de las jambas para minimizar la superficie de PT ligado a jambas y dinteles.

Posteriormente una vez alcanzada la cota de forjado se procede al montaje del mismo conforme al método elegido. El sistema es compatible con la ejecución de forjados unidireccionales y reticulares en todos sus formatos y materiales, así como con forjados de madera, prefabricados o semi-prefabricados. Igualmente, el sistema permite generar vuelos a modo de balcones, terrazas o aleros de protección solar integrados en la estructura integrando el tratamiento del puente térmico correspondiente.

## RESULTADOS

### Relativos al sistema constructivo

**Tiempo de ejecución.** El tiempo de ejecución de la estructura se reduce un 70% conforme a un sistema convencional. En el ejemplo real la estructura está terminada en 9 semanas estando lista para la instalación de la carpintería exterior y los revestimientos.

**Mano de obra y economía local.** La mano de obra ha sido en un 82,3% mano de obra local o de menos de 100 km desde el emplazamiento del edificio. Lo que ha repercutido en una economía local del 90,87%.

**Coste.** El coste de la estructura es de 270 €/m<sup>2</sup> para un coste total de construcción de 1.031 €/m<sup>2</sup>.

**Factores medioambientales.** En el sistema se ha utilizado un 12,74% menos de hormigón que en un sistema convencional, así como un 60,45% menos de acero. Esto supone una reducción de un 37,2% de emisiones de CO<sub>2</sub> en la ejecución de la estructura.

**Control de calidad.** Se ha realizado un sistema de control de calidad de la envolvente adicional al control normal que ha supuesto visitas semanales al emplazamiento para la verificación del estándar de calidad para edificios EECN en los que se ha comprobado:

**Protección frente el fuego y aislamiento acústico.** El CMC tiene una clasificación frente al fuego B-s1, d0 lo que unido al velo de hormigón aporta una resistencia al fuego superior a 180 minutos. El índice de la insonoconductividad por el aire del muro circunferencial del sistema constructivo descrito es de  $R_w = 51$  dB.

**Factores energéticos.** Adaptación a la construcción de edificio EECN. Envolvente, estanqueidad y demandas de energía en calefacción y refrigeración. Demanda de energía primaria.

## Modelos informáticos. Simulación energética.

Modelos informáticos realizados: Se ha trabajado en dos modelos informáticos. Mediante la aplicación PHPP del Passivehaus Institut alemán y mediante un modelo en la plataforma DesignBuilder con el motor de cálculo EnergyPlus, Incluyendo la modelización detallada de las instalaciones activas incluidas en el edificio. Se han generado simulaciones anuales horarias del comportamiento pasivo y activo del edificio estableciendo datos acerca del balance energético del edificio, consumo de energía. Análisis detallado de los puentes térmicos mediante THERM®.

### Resultados - PHPP2007 - Resultados - DESIGNBUILDER

	Demanda de calor	Demanda de frío	Potencia calor	Potencia de frío
	kWh/m2año	kWh/m2año	W/m2	W/m2
PHPP	11	4	15	17
DesignBuilder	14,43	3,56	17	21

Tabla II. Ficha de resultados de la simulación PHPP y DesignBuilder

### Puentes térmicos en el edificio

El edificio se encuentra exento de puentes térmicos a excepción de un encuentro de un voladizo con un muro exterior que se caracteriza con un factor  $\Psi$ : 0,55 W/(mK) y el alero de protección solar sur que se caracteriza con  $\Psi$ : 0,50 W/(mK)

## Validación del funcionamiento de la vivienda

Fase de validación de los modelos informáticos análisis de datos experimentales reales con los modelos informáticos de diseño. Se ha procedido a la instalación de un sistema de monitorización mediante sondas y un data-logger en el edificio para estudiar las siguientes variables con outputs de datos cada 10 segundos:

1. Variables climáticas – desviaciones respecto al modelo informático (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y dirección del viento)
2. Perfiles de temperatura interior en las diferentes zonas.
3. Rendimiento del sistema de recuperación de calor en la ventilación, mediante 4 sondas de temperatura en cada una de las tomas y salidas de aire del sistema.
4. Rendimiento de las instalaciones térmicas activas (bomba de calor). Se monitoriza el consumo energético de la bomba de calor, discretizando la producción de ACS para establecer de forma horaria el rendimiento de la máquina.

El espectro de análisis de datos reales a comenzado a finales del mes de marzo de 2016. A continuación se muestran las gráficas de las variables medidas por el logger para 3 días del mes de Abril:

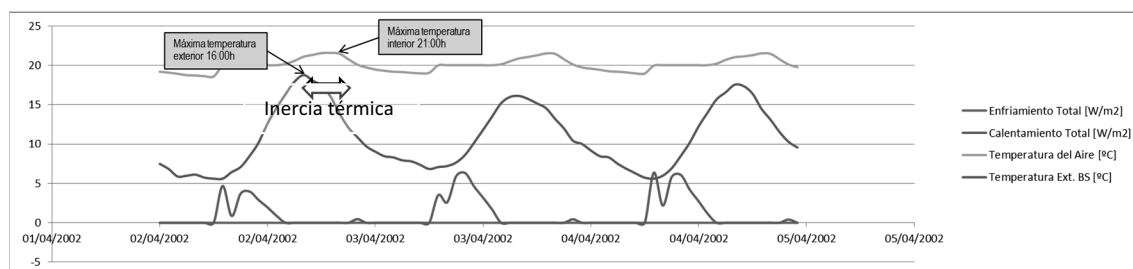


Figura 5. Ejemplo de variables monitorizadas entre el 2 y el 4 de abril de 2016

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

### Objetivos alcanzados

- Se ha mejorado el tiempo de ejecución de la estructura lo que repercute en una reducción de un 50% del tiempo respecto a un sistema convencional.
- Se ha alcanzado una tasa de más del 90% en mano de obra de economía local.
- Se ha desarrollado un método para el control de calidad del sistema.
- Se ha desarrollado un sistema de monitorización de variables térmicas.
- Se ha reducido un 40% las emisiones de CO<sub>2</sub> en fase de estructuras manteniendo la compatibilidad del Sistema con métodos de bioconstrucción.
- Mejoran considerablemente la calidad acústica.
- Aumento de las prestaciones de la estructura en su Resistencia contra el fuego.

### Objetivos no alcanzados

- No se ha conseguido mejorar los ratios de coste de construcción en comparación a los sistemas de EECN ya contrastados. Trabajo futuro estudio de reducción de costes.

## RECONOCIMIENTOS

A Eduardo García y María Velázquez por permitirnos hacer realidad este proyecto, con su tenacidad y entrega. A la empresa KINTECH ENGEREERING S.L. y en particular a su gerente Íñigo Vázquez y Daniel, que nos ha dado acceso a los materiales y software necesarios para la monitorización del edificio. Al equipo de in.Genium Arquitectura, en especial a Jesús Álvarez, diseñador de la vivienda y persona fundamental en el seguimiento de obra y la toma de datos.

## REFERENCIAS

- Directiva 2010/31/UE del 19 de Mayo de 2010 relativa la eficiencia energética de los edificios.
- CTE DB.HE Ahorro de energía.
- Estudio BPIE. Principles for nearly Zero-Energy Buildings (2011)
- Documentos formativos estándar Passive-Haus. Conferencias y manual del software PHPP 2007.
- Manual DesigBUilder versión 4.0.



# MONTEALISO: REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EDIFICACIÓN RESIDENCIAL

**Javier Pinilla Costa**, Director de Obra, CP Grupo  
**Jesús García López**, Director de Ejecución, CP Grupo

**Resumen:** Ejemplo de reducción del consumo energético de una promoción de 38 viviendas en bloque con sistema de producción centralizado con bomba de calor, caldera de condensación y emisión por suelo radiante-refrescante. Las viviendas se proyectaron para tener una baja demanda energética 13,50 Kwh/m<sup>2</sup>año en calefacción y 7,00 Kwh/m<sup>2</sup>año en refrigeración, mediante; Baja transmitancia térmica de los cerramientos (0,27 W/m<sup>2</sup> °K); La mejora de la estanqueidad de la envolvente, con ensayo final de blower-door (menos de 3 ren/h); y Reducción de las pérdidas energéticas por ventilación mediante recuperador de calor individual. Una vez reducida la demanda, se diseñó una instalación centralizada basada en la flexibilidad de uso e inercia térmica que se consigue mediante; La disposición de dos calderas de condensación y una bomba de calor para flexibilizar el uso en función de la temperatura exterior (según gráficas AEMET) y/o en función del coste del gas y de la electricidad; y La instalación de suelo radiante-refrescante que permite trabajar a baja temperatura y estabilizar la curva de máxima demanda energética con la de mejores condiciones exteriores. Calificación energética A mediante software oficial Calener VYP. Modelización y cálculo mediante CYPE MEP 2015.

**Palabras clave:** Aerotermia, Ahorro Energético, Baja Demanda, Estanqueidad, Transmitancia Térmica, Eficiencia, Climatización Inteligente, Confort, Sistema de Control

## INTRODUCCIÓN

Para desarrollar un nuevo edificio residencial situado en Tres Cantos, se analizaron diferentes esquemas para climatizar las viviendas desde el punto de vista de la eficiencia energética. La finalidad era justificar cual era el sistema más óptimo para la tipología de edificación, climatología y uso del mismo desde el punto de vista, tanto de ahorro energético como de ahorro económico.

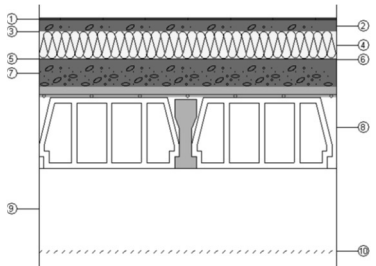
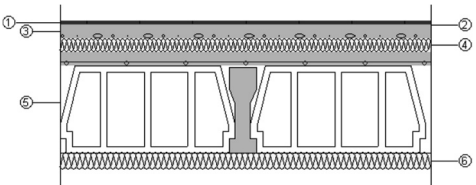
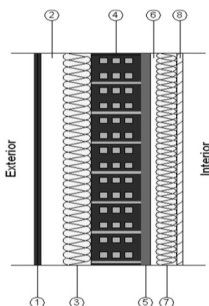
El edificio en cuestión se diseñó para tener una baja demanda energética, ya que en los últimos años en CP Grupo venimos tomando medidas para mejorar la envolvente. Las transmitancias de los elementos que componen la envolvente están por encima de los estrictamente normativos. Una vez que teníamos un buen aislamiento, pensamos que era de vital importancia analizar el grado de estanqueidad de las viviendas para evitar las infiltraciones incontroladas. En este sentido, llevamos más de 3 años realizando ensayos de estanqueidad Blower door en las viviendas. De esta forma, hemos conseguido pasar de construir viviendas con más de 6 ren/h de infiltraciones a menos de 3 ren/h.

Una vez que teníamos una baja carga estructural y en base a la baja carga interna que tienen las viviendas, procedimos a analizar qué tipo de ventilación, de las contempladas en el código técnico, deberíamos realizar para poder conseguir la máxima calificación energética. Se estudiaron los sistemas de simple flujo autorregulables, higrorregulables y se compararon con el sistema de doble flujo con recuperación de calor.

Por último, procedimos a analizar las diferentes alternativas por las que se suele refrigerar y calefactar los diferentes recintos hasta llegar al sistema más eficiente y flexible sin tener que hacer uso de energías renovables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Envolvente

<p>Cubiertas: <math>U: 0.24 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>  <p>Figura 1. Detalle cubierta plana utilizada</p>	<p>Plantas primeras: <math>U: 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>  <p>Figura 2. Detalle aislamientos planta primera utilizada</p>
<p>Fachada ventilada: <math>U: 0.27 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p>  <p>Figura 3. Detalle aislamientos de la fachada</p>	<p>Huecos de fachada:</p> <p>Doble acristalamiento LOW.S 6/16/4</p> <p>Transmitancia térmica, UV: <math>1.40 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p> <p>Factor solar, F: 0.50</p> <p>Transmitancia térmica, UC: <math>2.10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})</math></p> <p>Permeabilidad al aire (EN 12207): Clase 3</p>

### Ventilación: Caudales

Tipo	dormitorios	total	total	Unidades	total viviendas	total viviendas
		l/s	m3/h		l/s	m3/h
1	3	59,00	212,40	6	354,00	1.274,40
2	3+1	59,00	212,40	6	354,00	1.274,40
3	4	78,00	280,80	6	468,00	1.684,80
4	4+1	79,00	284,40	6	474,00	1.706,40
5	4+1	94,00	338,40	6	564,00	2.030,40
6	4+1	78,00	280,80	6	468,00	1.684,80
7	3	72,00	259,20	1	72,00	259,20
8	5	96,00	345,60	1	96,00	345,60
				<b>38</b>	<b>2.850,00</b>	<b>10.260,00</b>

Tabla I. Caudales de ventilación según CTE HS3

## Sistemas: (ventilación)

### *Ventilación mecánica simple flujo autorregulable*

El caudal de extracción es el total de la tabla III. (10.260,00 m<sup>3</sup>/h).

La extracción se realiza mediante cajas de ventilación situadas en cubierta. Estos extractores se instalan aproximadamente por cada 6 viviendas y mueven un caudal de unos 1500,00 m<sup>3</sup>/h. Viendo la gráfica de trabajo de estos extractores, con estos caudales el consumo es de 430,00 W (72 W por vivienda).

### *Ventilación mecánica simple flujo higrorregulable*

El aire viciado se extrae en la cocina, los baños y los aseos por las bocas higrorregulables que se abren en función de la humedad ambiental, o por las bocas temporizadas. Las bocas están conectadas al grupo mediante conductos aislados. Este tipo de ventilación necesita de Documento de idoneidad técnica, ya que no respeta los caudales del CTE.

Según el DIT del fabricante Siber, en viviendas plurifamiliares situadas en zona climática D se reduce el caudal de extracción en un 42%. (5.690,80 m<sup>3</sup>/h).

Con esta reducción de pérdidas energéticas por la ventilación, la carga máxima en verano se reduce en un 4% y la de invierno en un 9 %

La extracción se realiza mediante cajas de ventilación situadas en cubierta. Estos extractores se instalan aproximadamente por cada 6 viviendas y mueven un caudal de unos 1000,00 m<sup>3</sup>/h. Viendo la gráfica de trabajo de estos extractores, con estos caudales el consumo es de 380,00 W (64 W por vivienda).

### *Ventilación doble flujo con recuperador de calor*

Es un sistema de ventilación que asegura la calidad de aire, a través de la extracción del aire viciado en las estancias húmedas (cocina, baños, aseos, lavaderos, etc.) y que simultáneamente asegura la insuflación de aire nuevo filtrado en las estancias secas (salón, comedor, dormitorios, etc). Entre ambos flujos se interpone un recuperador de calor que permite que, el aire nuevo recupere las calorías del aire viciado que extraemos de la vivienda, gracias a la presencia de un intercambiador térmico, ayudando a mantener la temperatura en la vivienda.

Con esta reducción de pérdidas energéticas por la ventilación, la carga máxima en verano se reduce en un 9% y la de invierno en un 20 %

Viendo la gráfica de trabajo de estos recuperadores, con estos caudales el consumo se estima en 35 W en admisión y 35 W en extracción (70 W por vivienda).

## Sistemas: (emisión de calor)

### *Radiadores a alta Tª*

Este sistema era el más habitual en viviendas, aunque con el nuevo RITE, estas temperaturas de entrada y retorno ya no se permiten. Consiste en la producción del agua caliente de calefacción con unas temperaturas de entrada y retorno de 75º/55º, mediante una caldera de condensación.

### *Radiadores a media Tª*

Este sistema surge porque el nuevo RITE, en el punto 9 del apartado IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimientos energéticos de los generadores de calor, indica que los emisores deberán estar calculados para una temperatura media de emisor de 60 ºC como máximo. Consiste en la producción del agua caliente de calefacción con unas temperaturas de entrada y retorno de 65º/55º.

Los radiadores convencionales se tienen que incrementar un 30% para garantizar la potencia que ofrecían a alta temperatura.

### ***Suelo radiante a baja Tª***

Este sistema no es tan habitual en viviendas, pero al tener que instalar radiadores de mayor dimensión que condicionan el amueblamiento e incrementan el coste de la instalación, cada vez se empieza a instalar con más frecuencia. Consiste en la producción del agua caliente de calefacción con unas temperaturas de entrada y retorno de 45º/40º.

## **Sistemas: (emisión de frío)**

Para el cálculo en la producción de la refrigeración se tendrá en cuenta si esta es individual o colectiva. En el caso de ser colectiva, se podrá aplicar la carga máxima del conjunto de viviendas. La potencia de la producción máxima será (188.241,95 W). El dimensionado de la red de distribución dependerá del salto térmico que se decida en la instalación y del tipo de transporte de energía (gas refrigerante o agua). En el caso de ser individual, se deberá calcular con la carga máxima de cada vivienda, un 20 % mayor.

### ***Expansión directa con conductos y rejillas***

Los sistemas de expansión directa con Split o sistemas separados, distribuyen el refrigerante de la unidad condensadora, que se encuentra en el exterior, a las unidades evaporadoras de las áreas acondicionadas. La máquina exterior se sitúa en la cubierta del edificio y la unidad interior en el baño secundario de cada vivienda.

Dentro de cada vivienda se realiza una red de conductos por el falso techo de la vivienda que distribuye el aire a los dormitorios y salón. La difusión del aire se produce mediante la colocación de unas rejillas metálicas al final de los conductos.

Solamente existe un termostato en el salón que controla la necesidad o no de A/A de toda la vivienda. La máquina interior distribuye aire a toda la red de conductos.

### ***Expansión directa con multi-splits***

Los sistemas de expansión directa con multi-splits, al igual que el anterior, son sistemas separados que distribuyen el refrigerante de la unidad condensadora, que se encuentra en el exterior, a las unidades evaporadoras de las áreas acondicionadas. La máquina exterior se sitúa en la cubierta del edificio y las unidades interiores en los dormitorios y salón. En este caso la difusión del aire la realiza directamente cada unidad interior.

Por cada vivienda se instala una máquina exterior y máquinas interiores en dormitorios y salones.

Existen tantos termostatos como máquinas interiores. Cada máquina cubre la demanda necesaria en cada recinto.

### ***Expansión indirecta. Suelo refrescante y fancoil***

En los sistemas de expansión indirecta, el ciclo frigorífico con gas refrigerante se realiza en la enfriadora que se instala en la cubierta del edificio y enfría el agua que se envía a las viviendas.

El suelo refrescante no tiene potencia suficiente para cubrir ciertas estancias por limitación en la temperatura superficial. Suele pasar en los recintos con alta carga interna. Salones y cuartos de estar. En dichas estancias se tiene que dejar la posibilidad de instalar un fancoil por si, por su uso, fuera necesario.

Por cada vivienda se instalan termostatos independientes en salones, cocinas y dormitorios.

## RESULTADOS

Mediante el software oficial Calener versión 1.0 vigente cuando se realizó el proyecto se realizaron 9 simulaciones correspondientes a las 9 posibilidades según el tipo de ventilación y de emisión de calor.

	ALTA TEMPERATURA	MEDIA TEMPERATURA	SUELO RADIANTE
<b>VENTILACIÓN MECANICA</b>	Demanda: 44,20 Kwh/m2a Consumo: 53,60 Kwh/m2a	Demanda: 44,20 Kwh/m2a Consumo: 49,80 Kwh/m2a	Demanda: 43,00 Kwh/m2a Consumo: 43,30 Kwh/m2a
<b>VENTILACIÓN HIGRO-REGULABLE</b>	Demanda: 29,70 Kwh/m2a Consumo: 36,90 Kwh/m2a	Demanda: 29,70 Kwh/m2a Consumo: 34,50 Kwh/m2a	Demanda: 28,40 Kwh/m2a Consumo: 29,20 Kwh/m2a
<b>RECUPERADOR DE CALOR</b>	Demanda: 14,90 Kwh/m2a Consumo: 19,40 Kwh/m2a	Demanda: 14,90 Kwh/m2a Consumo: 18,00 Kwh/m2a	Demanda: 13,50 Kwh/m2a Consumo: 14,50 Kwh/m2a

Tabla II. Resumen de los resultados obtenidos en Calener VYP en función del sistema utilizado

## DISCUSIÓN

Se analizan los costes de las instalaciones que cumplen normativa (se elimina la alta temperatura y ventilación mecánica por superar la demanda límite) para poder analizar la rentabilidad de cada solución. Para ello se utilizan precios de instalaciones ya realizadas.

SISTEMAS						
REFRIGERACIÓN			CON PRODUCCIÓN INCLUIDA			
SPLIT CONDUCTOS	MULTI-SPLIT	S.R + FANCOILS	2 CALDERAS	2 CALDERA+ B.C		
230.732,90 €	244.256,64 €	56.742,42 €	30.000,00 €	60.000,00 €		
58,00	38,00	38,00	38,00	38,00		
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
3.978,15 €	6.427,81 €	1.493,22 €	789,47 €	1.578,95 €		
MEDIA Tª	MEDIA Tª	SUELO RADIANTE	SPLIT/M_ Tª	MULTI-SPLIT/M_ Tª	SUELO RADIANTE	
HIGR	8.379,49 €	10.829,14 €	6.727,04 €	9.168,97 €	10.829,14 €	8.305,99 €
RECP	9.421,37 €	11.871,02 €	7.768,92 €	10.210,84 €	11.871,02 €	9.347,87 €

Tabla III. Resumen de los costes de los sistemas, incluyendo la producción

Observamos que una vez que hemos instalado el suelo radiante, el coste de la solución completa, calefacción y refrigeración es incluso más barato con suelo radiante/refrescante que con la instalación de equipos de expansión directa.

Teniendo en cuenta, que la instalación mínima normativa nos costaba con refrigeración 9.168,97 y con suelo radiante-refrescante y apoyo de fancoils 9.347,87, nos decantamos por esta solución.

## CONCLUSIONES

La instalación de suelo radiante y recuperador de calor es la única forma de obtener la mejor calificación energética (A) sin utilizar energías renovables y siempre y cuando se garantice una buena envolvente. La instalación de suelo radiante-refrescante y recuperador de calor cuando se va a entregar la vivienda con refrigeración no supone incremento de coste.

A parte de la obtención de la mejor calificación energética, tendríamos una instalación más flexible ya que podríamos producir calor mediante la bomba de calor o mediante las calderas.

Para analizar el funcionamiento óptimo de la instalación conjunta se vuelven a calcular las cargas térmicas finales con el suelo radiante y el recuperador de calor. Una vez calculada la carga máxima y teniendo la recta de demanda del edificio en función de la temperatura exterior, superponemos la curva de funcionamiento de la bomba de calor instalada y que ha sido seleccionada para la carga máxima de refrigeración (Figura 4).

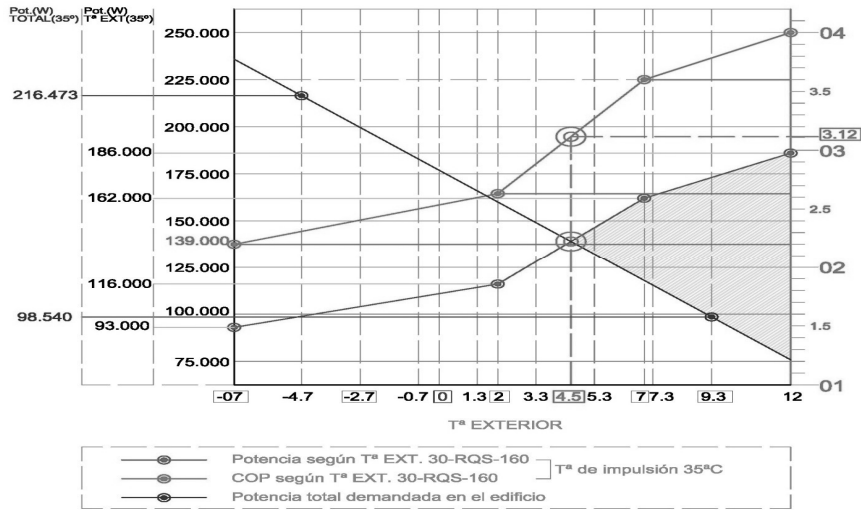


Figura 4. Gráfica de la potencia de la bomba de calor seleccionada Carrier 30-RQS-160, COP y demanda del edificio

Podemos ver que partir de una temperatura exterior de 4,5 °C la bomba de calor tiene potencia para dar calefacción al total del edificio. En ese instante el COP está por encima de 3. Según los datos sacados de AEMET de las temperaturas exteriores año 2013, el 88% de las horas del año están por encima de 4,5 °C y el otro 12% son horas nocturnas en las que la temperatura de consigna es más baja.

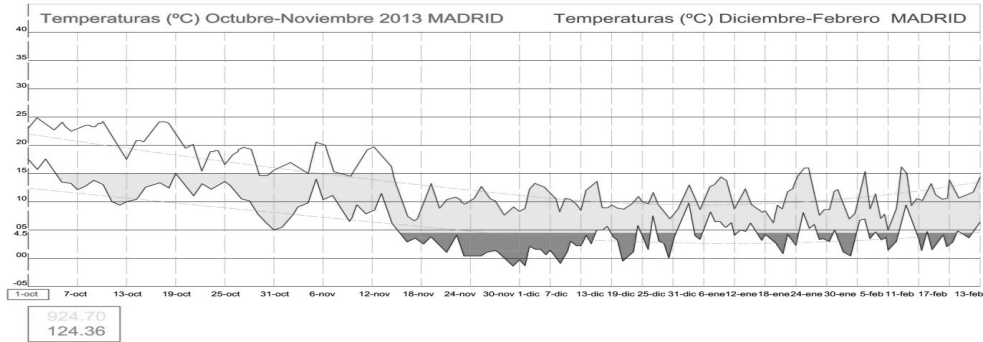


Figura 5. Gráfico de temperaturas exteriores año 2013 (Anexo 5. Gráficos de AEMET)

A más de 4,5 °C la bomba de calor tiene un COP superior a 3,12 y teniendo en cuenta los precios de la energía actuales, el precio del kW consumido con bomba de calor sería 0,0432 € (0,135 €/kW eléctrico) y el precio del kW consumido con la caldera sería 0,0508 €. Teniendo en cuenta además, que podría optimizarse el consumo gestionando la discriminación horaria y la inercia térmica del sistema.

La flexibilidad para poder producir energía con suministro eléctrico o gas nos permite, que ante subidas económicas de alguna de las dos energías, se pueda variar el criterio de uso. Por ejemplo, el gas se ha encarecido más de un 47% desde 2005.

## NUEVAS SOLUCIONES DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA FACHADAS CON ARLIBLOCK. THERMOSILENCE F

**Alberto Rubio Benito**, Responsable Prefabricados de Hormigón ligero, Saint-Gobain WEBER  
**Nicolás Bermejo Presa**, Responsable Departamento Prescripción, Saint-Gobain ISOVER

**Resumen:** La implementación de medidas pasivas conduce a una drástica disminución de la demanda energética de calefacción y refrigeración y aporta, al mismo tiempo, una mejora en las condiciones de confort en el interior de los edificios. Para llegar al EECN, es necesario disminuir la demanda energética como paso previo a la definición de otra serie de medidas que garanticen las mínimas necesidades energéticas del edificio. En esta comunicación, se presentarán los resultados de ensayos de un cerramiento de fachada de última generación con un alma de bloque termoacústico Arliblock, que aporta los mayores rendimientos térmicos, acústicos y de protección contra incendios existente en la actualidad y que ha sido el primer elemento constructivo en obtener una declaración ambiental de producto certificada por Environdec.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Aislamiento, Sistema SATE, Trasdosado, Materiales, Bloque, Hormigón Ligero

### INTRODUCCIÓN: MÁS ALLÁ DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN: EECN

La edificación en España representa un importante consumidor de energía, por lo que el control de su consumo y la mayor utilización de la energía procedente de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, constituyen parte importante de las medidas necesarias para cumplir tanto los objetivos nacionales como los compromisos comunitarios.

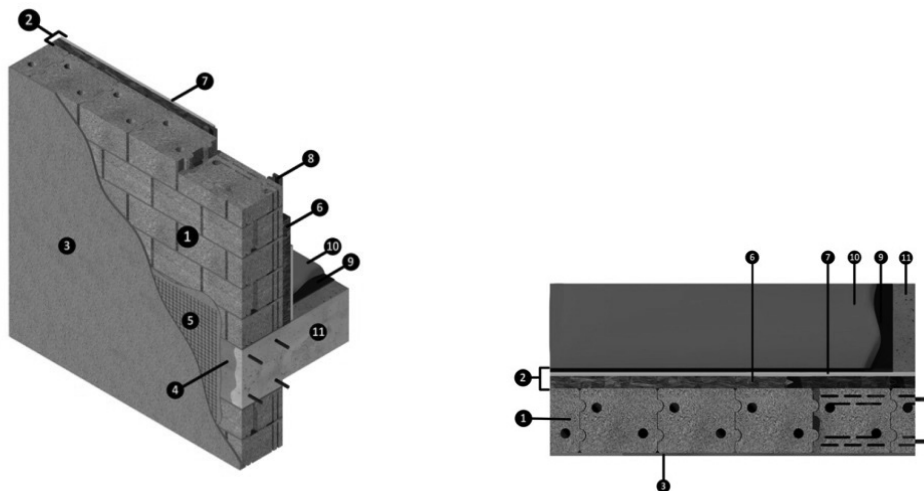
Por ello se ha generado un paquete de medidas sobre energía y cambio climático, que configuran el denominado objetivo 20-20-20. Además, estas medidas sirven para disminuir nuestra dependencia energética así como para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en una aproximación al cumplimiento del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Entre otras, por estas razones, se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Orden FOM/1635/2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. Esta nueva orden, supone un avance hacia la consecución de soluciones energéticamente eficientes, que permita abordar las implicaciones que para el sector de la construcción tendrá la adopción de la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Bajo esta norma, los Estados Miembros deberán tomar las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética, de tal forma que todos los edificios públicos construidos en Europa deberán de ser de consumo de energía casi nulo a partir del 31 de diciembre de 2018 y 31 de diciembre de 2020 para todos los edificios de titularidad privada.

Con las soluciones Thermosilence se buscan soluciones constructivas de alta eficiencia energética combinando las prestaciones de un bloque de hormigón ligero como alma del sistema, con diferentes espesores de lana mineral y placas de yeso laminado. Es una solución tradicional donde el bloque es el protagonista, ofreciendo por un lado una elevada masa y por otro un sistema masa-muelle-masa para conseguir un excelente aislamiento acústico y una buena inercia térmica. El aislamiento se coloca por el interior del muro y opcionalmente dependiendo de la transmitancia a conseguir se coloca por el exterior a través de un sistema SATE. Además de cumplir con las exigencias del nuevo Documento Básico, es una solución tan versátil y adaptable en espesores que se pueden conseguir transmitancias inferiores a 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y SUS PRINCIPALES VENTAJAS

El sistema a través de bloques aligerados de hormigón, es un sistema de cerramiento de fachadas con elevadas prestaciones de aislamiento acústico-térmico y de protección frente a incendios compuesto por un trasdosado con placa de yeso y lana mineral sobre un bloque de hormigón ligero de 25 cm (espesor opcional). Se puede colocar aislamiento por el exterior para obtener prestaciones térmicas adicionales.



- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bloque <b>Arliblock® Termoacústico 25</b>.</li> <li>2. Trasdoso con Sistema Prima de Placo.</li> <li>3. Mortero de revestimiento mineral de altas prestaciones <b>weber.therm clima</b>.</li> <li>4. Puente de adherencia y regulador de absorción <b>weber FX</b> (consultar aplicación).</li> <li>5. Malla de fibra de vidrio <b>weber.therm malla 200</b> (en puntos singulares: encuentro entre diferentes materiales, huecos de fachadas, etc.)</li> <li>6. Lana Mineral <b>arena</b>.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Placa de yeso laminado Placo <b>BA 15</b> de 15 mm.</li> <li>8. Montante Vertical M48 de Placo.</li> <li>9. Rail perimetral <b>R48</b> de Placo.</li> <li>10. Lámina anti-impacto de polietileno expandido.</li> <li>11. Pavimento flotante sobre aislamiento acústico en el mortero autonivelante de grandes recorridos <b>weber.flood rapid</b>.</li> <li>12. Forjado.</li> </ol> |
|--|---|

Figura 1. Dibujos y memoria descriptiva del sistema

La fachada a través de este sistema basado en bloques de hormigón aligerados arliblock, es una solución convencional que ofrece elevadas prestaciones térmicas, acústicas y de resistencia al fuego.

### 1. Aislamiento Térmico

Se pueden conseguir transmitancias superiores a 0,20 W/m<sup>2</sup>K

### 2. Aislamiento Acústico

Debido a la elevada masa del sistema y la combinación con lanas minerales se consigue un elevado confort acústico con valores superiores a 65 dBA.

### 3. Seguridad frente al fuego

La incombustibilidad de todos los materiales que forman parte del sistema permiten obtener la máxima resistencia frente al fuego.

### 4. Impermeabilidad

El sistema va enfoscado por el exterior con morteros de elevadas prestaciones que elimina cualquier tipo de cavidad. Cumple con la exigencia del Código Técnico R=3.

### 5. Transpirabilidad



Es altamente transpirable al vapor de agua, permite respirar al cerramiento y evita condensaciones superficiales e intersticiales.

6. Resistencia Mecánica

Es un muro muy resistente que permite emplearlo como muro de carga. Tiene una resistencia superior a 5 N/mm<sup>2</sup>.

7. Puesta en obra

Es una solución convencional, fácil y rápida de ejecutar.

8. Sostenibilidad

El sistema tiene la declaración ambiental de producto certificada por Environdec.

## SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La simulación energética se ha realizado utilizando la Herramienta Unificada Lider-Calener (V.0.9.958.791) y como edificio objeto, el que aparece en el ejemplo A de la Herramienta, vivienda unifamiliar ubicada en una zona climática D3. Se mantienen todos los parámetros, sistemas del ejemplo (caldera mixta de gas natural para ACS y calefacción) y cerramientos, excepto los cerramientos de Fachada y medianería que son sustituidos por los siguientes:



Figura 2. Una sección de cada sistema

Material	Espesor (m)	Conductividad W/(K·m)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/Kg·K)
Weber.therm clima	0,010	0,470	1.100	800
Bloque Arliblock 25 CM	0,250	0,230	1.100	800
Mortero de cemento o cal para albañilería	0,005	0,800	1.525	1.000
Lana Mineral <i>arena</i> 120 mm	0,120	0,035	20	800
Placa BA 15 15 mm	0,015	0,250	800	1.000

Fachada:

Material	Espesor (m)	Conductividad W/(K·m)	Densidad (Kg/m³)	Cp (J/Kg·K)
Placa BA 15 15 mm	0,015	0,250	800	1.000
Lana Mineral <i>arena</i> 50 mm	0,050	0,035	20	800
Mortero de cemento o cal para albañilería	0,005	0,550	1.125	1.000
Ladrillo Ariblock	0,120	0,230	1.100	1.000
Mortero de cemento o cal para albañilería	0,005	0,550	1.125	1.000
Lana Mineral <i>arena</i> 50 mm	0,050	0,035	20	800
Placa BA 15 15 mm	0,015	0,250	800	1.000

Medianería:

Figura 3. Componentes del sistema objeto del estudio

Obtenemos una baja demanda en calefacción y refrigeración y un bajo consumo en EP No Renovable

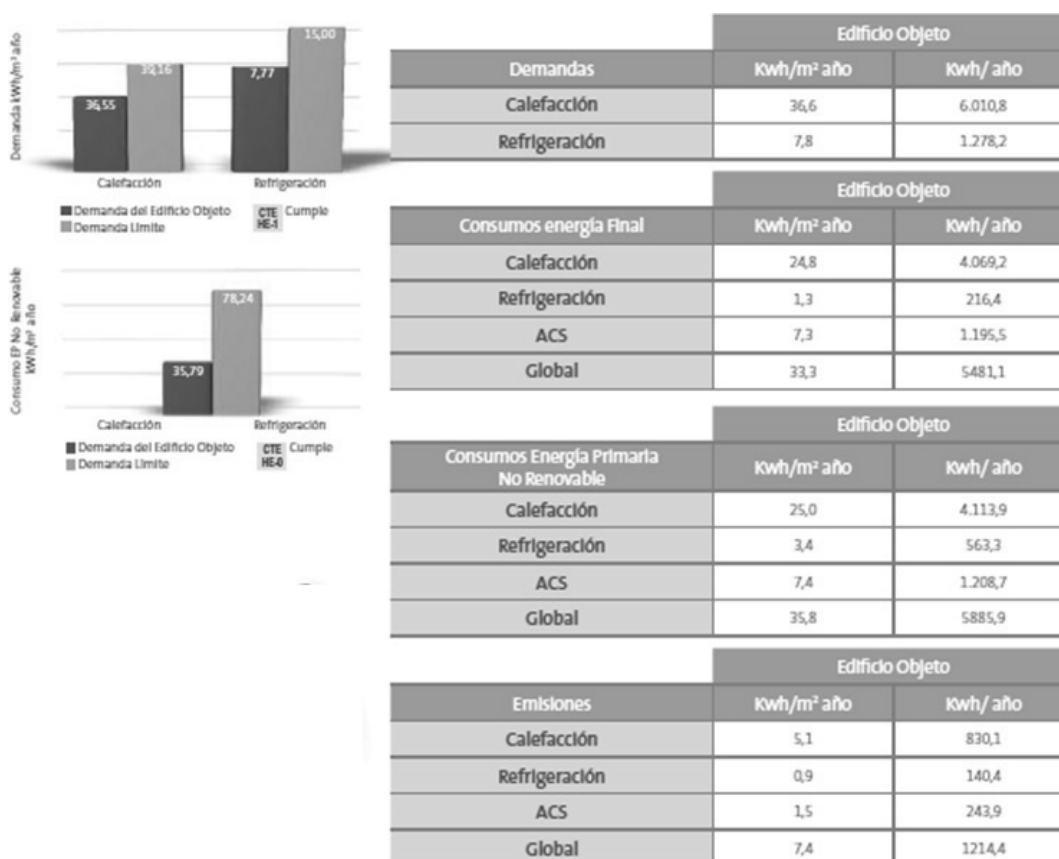


Figura 4. Resumen resultado final del estudio

## CONCLUSIONES

Las soluciones Thermosilence se han pensado y diseñado para obtener unas elevadas prestaciones térmicas y acústicas con materiales convencionales como el bloque de hormigón ligero y la lana mineral como material aislante. Es un sistema muy versátil que permite distintas combinaciones de espesores de bloque y lana mineral, es muy fácil de colocar porque no requiere especialización.

Es el primer sistema constructivo en obtener la Declaración Ambiental de Producto, son materiales respetuosos con el medio ambiente y 100x100 reciclables.

Debemos aprovechar todas las posibilidades constructivas a nuestro alcance para conseguir que todos los elementos que empleamos para construir nuestras fachadas tengan buenas prestaciones no sólo los materiales aislantes empleados.

## REFERENCIAS

- Código Técnico de la Edificación
- Herramienta Unificada Líder-Calener

## UN NUEVO MATERIAL DESCONTAMINANTE PARA HORMIGONES Y MORTEROS

Isabel Mateos Delso, Product Manager, LafargeHolcim

**Resumen:** Día tras día se ponen de manifiesto grandes avances tecnológicos con los que construir nuestros edificios de forma sostenible y con el menor consumo de energía posible, tanto durante la etapa de construcción como durante el periodo de uso. Muchos son los sistemas ya conocidos que disminuyen el consumo de energía para la construcción y el uso de una vivienda. El proyecto de investigación que se ha llevado a cabo desarrolla un nuevo material para la construcción de edificios sostenibles con el objetivo de disminuir su huella ambiental durante el uso de este. Esta nueva solución constructiva, es capaz de disminuir los contaminantes del aire que respiramos, sin necesidad de ninguna energía externa para su funcionamiento.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Calidad Aire, Innovación, Normativa, Contaminación

### SOSTENIBILIDAD, ESPAÑA SUSPENDE EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire viene determinada por la presencia en la atmósfera de contaminantes atmosféricos, que pueden ser material particulado o contaminantes gaseosos como el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y ozono troposférico (O<sub>3</sub>).

El 95% de la población española respira aire con niveles superiores a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido principalmente al tráfico en las zonas metropolitanas, algunos sectores industriales (siderurgia, cemento y centrales térmicas) y el tratamiento de los residuos, según el informe acerca de la calidad del aire en el Estado Español presentado por Ecologistas en Acción durante el año 2014.

La normativa vigente en materia de calidad del aire establece unos niveles de contaminantes en la atmósfera que no deben sobrepasarse en aras de la protección de la salud y de los ecosistemas, pero el informe destaca que cada año se registran cerca de 27.000 muertes prematuras en el España por afecciones derivadas de la contaminación del aire, según la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

Esto se traduce en un aumento de los costes sanitarios derivados de la contaminación atmosférica, que representan entre el 2,8% y el 4,6% del PIB español, unos 46.000 millones de euros, según un reciente estudio de la Organización Mundial de la Salud. Los daños provocados sobre los cultivos y los ecosistemas naturales también implican costes económicos.

En la actualidad, las redes de calidad de aire ambiente de España, gestionadas por las comunidades autónomas, y en algunos casos, por las entidades locales, cuentan con más de 600 estaciones de medición fijas, distribuidas por toda la geografía española. El número de analizadores supera la cifra de 4.000. Además, la evaluación de la calidad del aire mediante estas estaciones fijas están apoyadas por modelos de simulación de calidad del aire cada vez más desarrollados.

El resultado de esta **evaluación** se puede consultar de forma resumida en el informe Evaluación de la Calidad del Aire en España 2014, oficial desde el 1 de octubre de 2015 una vez enviada a la Comisión Europea.

La Comisión Europea declaró el año 2013 como el **Año del Aire en Europa**, publicándose en España el informe **Análisis de la Calidad del Aire en España. Evolución 2001-2012**, con el objetivo de divulgar ampliamente la calidad del aire en España y cómo ha ido evolucionando en los últimos años, actualizándose posteriormente con la información oficial de los años 2013 y 2014.

**5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN 2012: CONTAMINANTES PRINCIPALES CON VALORES LEGISLADOS**

En síntesis, en el año 2012 se han incumplido los valores legales que establece la normativa vigente en el número de zonas indicado en la Tabla 5.1, según contaminante.

Tabla 5.1. Número de zonas con incumplimientos de los valores legales (2012).

Contaminante		Total Zonas evaluadas	Zonas > Valor Límite (VL)	Zonas > Valor Objetivo (VO)
SO <sub>2</sub>	Horario	132	0	--
	Diario	132	0	--
NO <sub>2</sub>	Horario	134	2	--
	Anual	134	4(3) <sup>3</sup>	--
PM10	Diario	135	9(11) <sup>4</sup>	--
	Anual	135	1	--
PM2,5	Salud	135	0 <sup>2</sup>	0 <sup>2</sup>
O <sub>3</sub>	Salud	135	--	51
CO		128	0	--
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		122	0	--
Pb		81	0	--
As		82	--	0
Cd		82	--	0
Ni		82	--	1
B(a)P		82	--	0

Figura 1. Número de zonas con incumplimientos de los valores legales (2012)

Si nos centramos en los contaminantes con límites máximos superados durante este periodo, observamos que los óxidos de nitrógeno junto al ozono son los más acusados. Los valores legislados para los óxidos de nitrógenos son los siguientes:

Valor legislado	Valor límite	Periodo
Valor límite horario (VLH) de NO <sub>2</sub> para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	200 µg/m <sup>3</sup>	Valor medio en 1 h No debe superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Valor límite anual (VLA) de NO <sub>2</sub> para la protección de la salud humana (fecha de cumplimiento: 1 de enero de 2010)	40 µg/m <sup>3</sup>	Año civil
Valor límite (nuevo nivel crítico según la Directiva 2008/50/CE y el RD 102/2011) de NO <sub>x</sub> para la protección de la vegetación	30 µg/m <sup>3</sup>	Año civil

Tabla 1. Valores legislados NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>

De esta forma, en base a estos contaminantes, España se presenta como muestra la imagen.

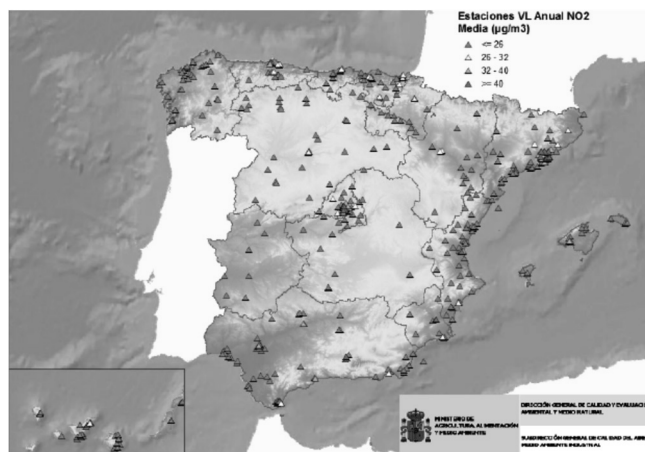


Figura 2. Cumplimiento (por estaciones) en zonas por encima del valor límite horario de NO<sub>2</sub> para la protección de la salud. Estaciones en rojo: cuando se supera el VLA (40 µg/m<sup>3</sup>)

# TECNOLOGÍA DEPOLLUTING, INNOVACIÓN AL SERVICIO DE LA SOSTENIBILIDAD

## Introducción / Antecedentes

Con el empeño de mejorar nuestras ciudades, nuestros edificios y en general el entorno en el que vivimos, nace la tecnología Depolluting, un proyecto innovador y ambicioso con el que se pretende disminuir los contaminantes del aire que respiramos de forma pasiva.

## Descripción de la solución

Depolluting es una tecnología basada en la fabricación de un cemento capaz de descontaminar fundamentalmente los NO<sub>2</sub> existentes en el aire.

Este cemento descontaminante aplicado a hormigones, morteros, pavimentos o materiales prefabricados, convierte los edificios de nuestras ciudades y las infraestructuras en potenciales reductores de contaminantes atmosféricos.

Morteros de revoco, monocapas, adoquines o baldosas, pavimentos industriales de hormigón, etc. son aplicaciones potenciales habituales en edificación.

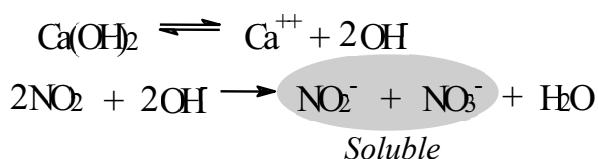
### Innovación

Sin necesidad de ningún aporte externo de energía, la tecnología Depolluting es capaz de descontaminar sin necesidad de luz solar, luz UV o cualquier otro método externo.

De esta forma es aplicable tanto en interiores de edificios o infraestructuras: parkings, túneles, etc, como en exteriores.

Trabaja las 24 horas, de día o de noche, e independientemente de las condiciones meteorológicas que sucedan: sol, lluvia, días nublados, etc.

Los óxidos de nitrógenos quedan adheridos a la superficie tratada con Depolluting, de forma que una vez entran en contacto con esta, se produce una reacción química transformándose en sales de nitrato quedando de esta forma inmersos en el interior de la pasta cementicia.



## Metodología

Para determinar el poder descontaminante de cada una de las posibles aplicaciones que se pueden llevar a cabo, desarrollamos un proyecto de investigación que comienza en el año 2011.

### Pruebas piloto realizadas en garajes

Se evalúa el poder descontaminante de dos muestras realizadas con hormigón y mortero de revoco, en el interior de dos garajes cuyo volumen es de 18 m<sup>3</sup> cada uno, siendo el área de exposición de 18 m<sup>2</sup>.

Se establece una concentración de entrada de contaminantes similar a la realizada por el tráfico de los vehículos en ciudad. La concentración de NO<sub>x</sub> es medida cada 5 minutos, siendo el tiempo de residencia del gas estimado de 14 min.



Figura 3. Fotografía de los garajes prototipo realizados para los test. A la derecha el de referencia y a la izquierda con las muestras Depolluting

Table 1. De-polluting tests undertaken using the garages made of reference concrete or activated carbon concrete.

Type of concrete	Temperature (°C) and RH (%)	Average concentration of NO <sub>2</sub> (ppbv)		NO <sub>2</sub> absorption rate (%) after 180 min
		Input	output	
Reference	22-26°C / 34-45%	220	213	< 3%
	21-23°C / 49-56%	200	200	< 1%
Activated carbon concrete	26-28°C / 30-34%	237	181	24%
		490	360	26%

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos de los diferentes test realizados con la muestra de hormigón y la de referencia. Los resultados muestran como el nivel de absorción del gas NO<sub>2</sub> en las muestras tratadas con hormigón Depolluting llegan hasta un 26%.

De la misma forma, pero analizando el mortero de revoco aplicado mediante proyección, se obtienen los siguientes resultados:

Table 2. De-polluting tests undertaken with the garage covered with a de-polluting spray mortar (residence time of about 14 min).

Type of mortar	Temperature (°C) and RH (%)	Average concentration of NO <sub>2</sub> (ppbv)		NO <sub>2</sub> absorption rate (%) after 180 min
		Inlet	Outlet	
Activated carbon mortar	31°C / 29 %	377	210	44%
	24°C / 52 %	316	175	45%
	28°C / 34%	375	215	42%
	20°C / 71%	249	146	41%

### Prueba Industrial realizada en la chimenea de extracción del túnel Croix-Rousse en Lyon

El objetivo de esta prueba era determinar el efecto descontaminante de un mortero de revoco proyectado en la chimenea de extracción del túnel citado en Lyon. Para ello se aplica una superficie total de 125 m<sup>2</sup> en las paredes de dicha chimenea.

La longitud del túnel (4 carriles) es de 1750 m, con un tráfico de alrededor de 5000 vehículos al día. La extracción de los gases se realiza mediante 5 chimeneas terminadas con una planta de ventilación. Cada planta de ventilación consta de tres áreas diferenciadas: "Inlet room, Fan room, y Outlet room.

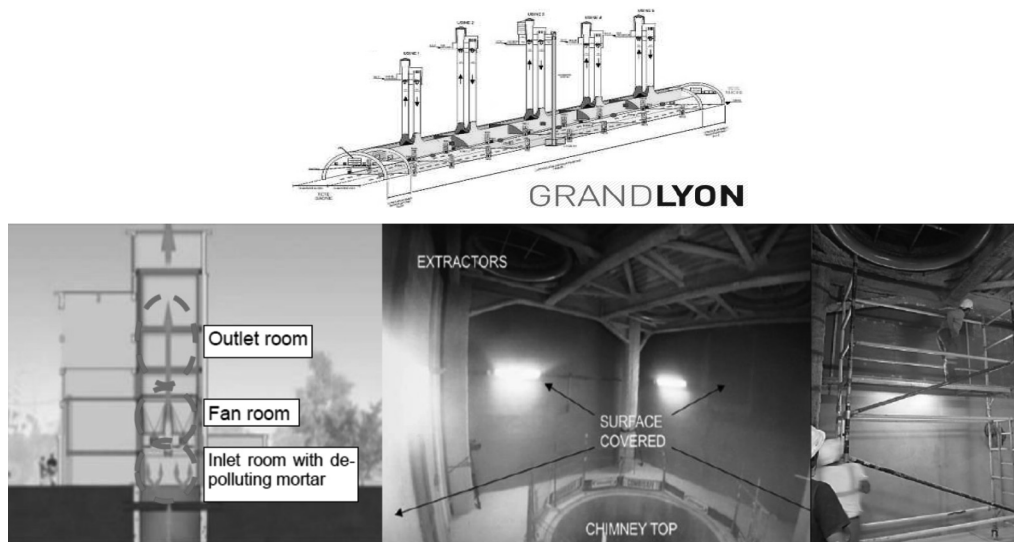


Figura 4. Prueba de campo realizada en un túnel de autopista en la región de Lyon, (izquierda) esquema de la planta de ventilación (las concentraciones de NO<sub>2</sub> se midieron en las salas de entrada y salida en la parte superior de una de las chimeneas); (Medio) sala de entrada (6.3x6.3x5m) donde las paredes estaban cubiertas por un mortero descontaminantes; (Derecha) de pulverización del mortero descontaminante

Las mediciones se realizan a través de sensores absorbentes (Radiello code 166), antes y después de la aplicación del mortero descontaminante.

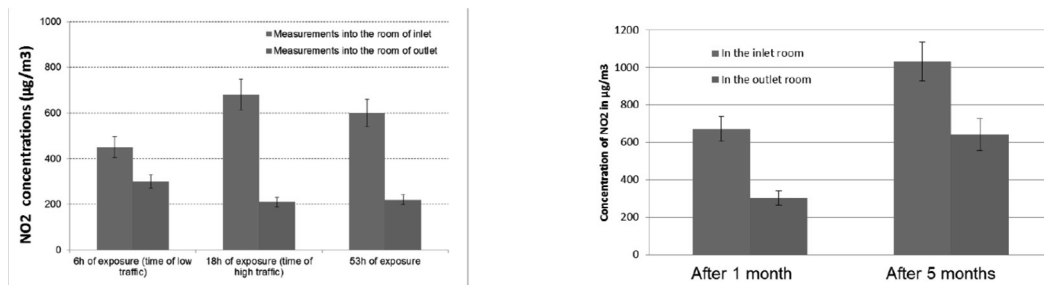


Figura 5. Concentraciones de NO<sub>2</sub> medidos en las habitaciones de entrada y salida después de la pulverización del mortero Depolluting en la sala de entrada; los sensores absorbentes se expusieron de forma continua durante periodos distintos de 6h a 3 días y hasta 5 meses (gráfico derecha)

Tal y como se observa en los gráficos, los niveles de concentración de NO<sub>2</sub> medidos en “outlet room” durante el periodo de exposición (desde 6h hasta 53 horas en el primer gráfico) reducen estas concentraciones hasta un 30%, considerando periodos de 9AM a 3 PM, caracterizado como baja cantidad de tráfico. En la medición realizada 5 meses después, este nivel de descontaminación llega hasta un 60%, considerando periodos de alta intensidad de tráfico.

### Prueba Industrial realizada en el parking del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid

Con el objetivo de determinar la descontaminación a niveles más bajos de los anteriormente expuestos, se realiza la misma prueba industrial con mortero descontaminante en el interior del parking del COAM. Se proyecta una superficie de 450 m<sup>2</sup> en paredes y techos. El nivel de vehículos al día que transitan por dicho parking se sitúa entre 8.000 y 9.000 por mes.

Se monitoriza la contaminación antes y después de la aplicación del mortero con Radiello core 166, hasta un total de 8 sensores por duplicado, a lo largo de toda la superficie.





Figura 6. Sensores captadores de la concentración de NO<sub>2</sub>. Prueba de campo realizada el aparcamiento público Escuelas San Antón. Señalización de las zonas de aplicación

Los resultados obtenidos muestran unos niveles de descontaminación del 20%, tal y como se puede observar en los gráficos adjuntos.

Affaire N°15-LA-5665-04-01

Commande N° CDE-15-0569

2 Présentation des échantillons

Paramètres à analyser	Support de prélèvement	Réf. échantillon	Température (°C) <sup>(2)</sup>	Durée (min)	Renseignement complémentaire <sup>(1)</sup>	Date d'essais
NO <sub>2</sub>	Radiello 166	4	19,2	3180		28/04/2015
		5	19,2			
		6	19,0			
		7	19,0			
		8	19,0			
		9	19,8			
		10	19,8			
		11	18,6			
		12	18,6			

Affaire N°15-LA-5665-05

Commande N° CDE-15-0823

2 Présentation des échantillons

Paramètres à analyser	Support de prélèvement	Réf. échantillon	Température (°C) <sup>(2)</sup>	Durée (min)	Renseignement complémentaire <sup>(1)</sup>	Date d'essais
NO <sub>2</sub>	Radiello 166	376LT	23,0	2880		02/06/2015
		377LT	23,0			
		378LT	22,9			
		379LT	23,2			
		380LT	23,2			
		381LT	24,0			
		382LT	24,0			
		383LT	22,3			
		384LT	22,4			

Figura 7. Presentación de resultados obtenidos. Medición de la concentración de NO<sub>2</sub> antes (gráfico superior) y después de la aplicación del mortero Depolluting (gráfico inferior)

## Resultados y conclusiones

El mortero proyectado es capaz de disminuir en mayor % los contaminantes de NO<sub>2</sub> que el tratamiento realizado con hormigón. Las pruebas piloto realizadas en los garajes nos muestran estos resultados. Los niveles de descontaminación en la chimenea del túnel son aparentemente mucho mayores que los analizados en el resto de las pruebas realizadas.

## CONCLUSIONES

- El poder descontaminante de la tecnología Depolluting es sensible a los siguientes aspectos:
- Nivel inicial de contaminación: cuanto mayor cantidad de contaminantes haya en el área a tratar, mayor será la capacidad para reducirlos.
- Porosidad de la superficie realizada con Depolluting: cuanto mayor es la porosidad de la superficie, mayor será su poder descontaminante. Estos resultados quedan patentes al evaluar las diferencias entre el mortero proyectado y el hormigón.
- Ventilación: Punto clave por la disipación de contaminantes que provoca. Ratio entre volumen/superficie: cuanto mayor es el confinamiento de la concentración, mayor es el poder descontaminante.

# PREIS - PROYECTOS PILOTO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL

**José Carlos Greciano Merino**, Secretario General - Director de proyectos, ANERR – ingeniae

**Resumen:** Los proyectos PREI son ejemplos de cómo realizar una rehabilitación energética integral de un edificio para conseguir que su Consumo de Energías sea Casi Nulo. Mediante el estudio del abanico de posibles actuaciones a aplicar para mejorar la eficiencia de los edificios existentes mediante medidas pasivas y activas. En función de la tipología y características del edificio. Realizando actuaciones en la envolvente, en las instalaciones térmicas, la incorporación de domótica y automatización, el uso de energías renovables y las otras actuaciones de mejora medioambiental. Las fases para conseguirlo: La auditoría energética, la ejecución de las actuaciones y la monitorización para la obtención de resultados. Estos proyectos pretenden ser actuaciones de referencia que permitan divulgar en el sector de la rehabilitación y entre los propietarios las bonanzas y posibilidades de la rehabilitación energética. Hay en marcha proyectos en residencial y terciario.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Integral, Energética, Edificio Viviendas, Edificios Consumo Casi Nulo, Eficiente Piloto

## INTRODUCCIÓN

Se trata de llevar a la práctica las soluciones y tecnologías existentes y ser un escaparate de las mismas.

Se pretende abarquen todo el ámbito nacional, aplicando las particularidades de cada Zona.

Tiene una sistemática variada en el esquema de cada proyecto en función de la tipología.

Con la posibilidad de realizarse en todos los usos y tipologías. Residencial, Terciario, Administrativo, etc.

Son ejemplos de nuevos modelos de rehabilitación y sirven para mostrar al sector y propietarios las posibilidades que ofrece la Rehabilitación, los productos y soluciones existentes y el potencial de ahorro, mejora del confort y revalorización que supone invertir en actuaciones de este tipo.

El edificio y sus instalaciones se convertirán en un escaparate explicativo y demostrativo de las soluciones y actuaciones realizadas e instaladas. Todo ello de forma real no sólo teórica.

Son proyectos integrales en los que la mejora energética forma parte de una intervención global en los que se actúa también en conservación, mejora estructural, accesibilidad e incluso ampliación, según cada caso.

El enfoque integral de estas actuaciones tiene en cuenta el edificio como un conjunto en el que se tienen que tener en cuenta tanto las necesidades a nivel arquitectónico y de envolvente como en las instalaciones tanto existentes como las que puede ser necesario integrar.

Los proyectos de edificios piloto demostrativos son un paso más allá de los de investigación, añadiéndose a las características de monitorización y comprobación de lo estimado previamente con los realmente producido, una base de utilización de soluciones ya contrastadas por el mercado y fácilmente implantables en una gran mayoría de otros edificios.



Figura 1. Logotipo

## FASE DE AUDITORÍA ENERGÉTICA Y MONITORIZACION

Permite conocer la situación del edificio respecto a su uso de la energía y su coste asociado e identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía para disminuirlos.

Para ello se realiza:

- Curva de Carga del Edificio. Mediante el análisis de suministros energéticos y contratos, evolución del consumo, coste de las facturas, potencia de los equipos consumidores y análisis del perfil de uso de los usuarios.
- Análisis de las Instalaciones. La identificación de los equipos por cantidad de consumo de energía e hidráulico.
- Inspección Termografía y Test Blowerdoor.
- Monitorización de consumos y de condiciones térmicas.
- Medición de caudales hidráulicos.
- Medición de condiciones de funcionamiento y rendimiento de instalaciones.
- Uso de herramientas de pre-estudio y estimación de ahorros previstos y modelización.
- Calificación energética del edificio.
- Contabilidad y balance Energético. Qué se consume, cuánto se consume y dónde se consume.

Tras ello se eligen y definen las soluciones y actuaciones más adecuadas para reducir el consumo y mejorar el confort.



Figura 2. Imágenes termográficas y Ejecución del Test Blowerdoor

Se va a disponer de datos que permitan conocer los efectos de las actuaciones.

Vamos a poder comparar tanto el balance como comparar los casos de estudio con todos sus parámetros entre las situaciones de previo y rehabilitado.

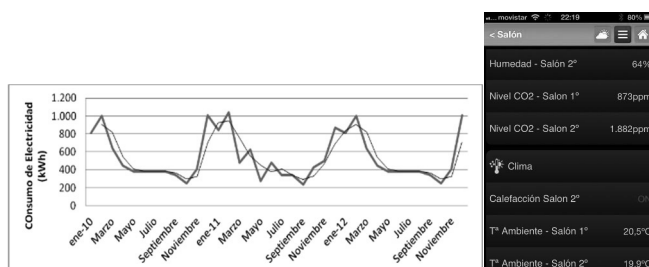


Figura 3. Gráfica de consumos Pantalla de visualización de parámetros monitorizados

## CERTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Se realiza la evaluación del edificio conforme con la metodología de evaluación elegida para cada proyecto.

## FASE DE EJECUCIÓN (ACTUACIONES)

Hay dos ámbitos esenciales para que estas rehabilitaciones energéticas sean integrales, y es actuar sobre las medidas activas y sobre las medidas pasivas. Considerando medidas pasivas las que actúan sobre la

envolvente del edificio (cerramientos, ventanas, cubiertas, etc.) y las activas sobre las instalaciones (electricidad, climatización, domótica, instalaciones de control, agua, etc.).



Figura 4. Fotografías de algunas de las actuaciones

## PROYECTOS

### PREI-Fuencarral

Edificio de viviendas en bloque. Ubicado en Madrid, barrio de Fuencarral, en la calle Doctor Juan Bravo número 19.

A partir de un edificio típico de los años 60 construido en las ciudades, en este caso Madrid (zona climática D3 IV).

Se trata de un edificio con planta baja de uso comercial, dos plantas de vivienda y planta de cubierta transitable accesible. Con dos fachadas orientadas a Norte y Oeste.

La tipología edificatoria contaba con cerramiento sin ningún tipo de aislamiento ni elemento que haga esta función o proporcione a la envolvente además de cerramiento y defensa física un aislamiento y defensa térmica. No se tuvo en cuenta de ninguna forma en su construcción y diseño.

Dotado de instalaciones de climatización y refrigeración no existentes en el edificio en su construcción, se le han añadido con posterioridad. Las instalaciones carecían de sistema de control y disponían de funcionamiento de encendido y apagado.

Tipología constructiva muy extendida lo que permite ser una prueba piloto muy representativa.

La combinación en el edificio del uso residencial en plantas altas con el comercial en Baja permite chequear también sistemas complementarios no tan aptos para viviendas y si para otros usos.

Los resultados obtenidos a la finalización de la ejecución teniendo en cuenta todas las actuaciones finalmente realizadas. Es una reducción de los consumos mayor al 80% respecto de la situación previa del edificio. Una calificación energética de A partiendo de un edificio con una calificación inicial de G, la peor de las posibles. Un edificio de Consumos de energía casi nulos. La certificación medioambiental bajo el estándar VERDE obteniendo 3 hojas (calificación provisional).

Tasación del edificio con un incremento del valor patrimonial del edificio del 20%.

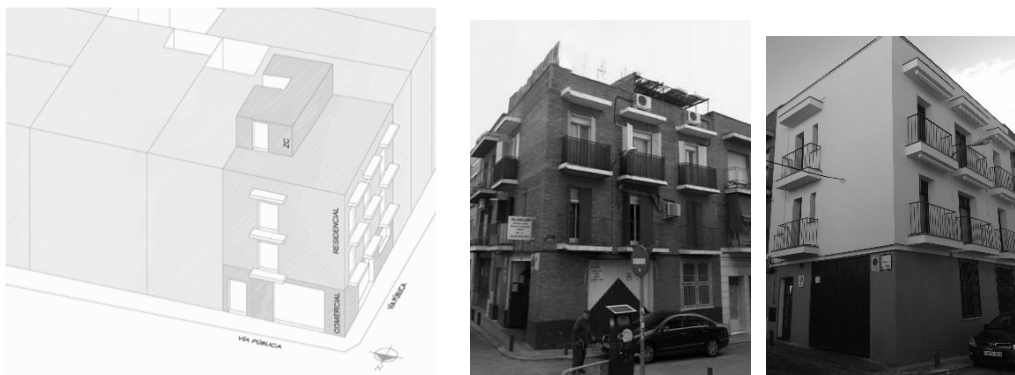


Figura 5. PREI-FU El edificio e imágenes antes y después



Figura 6. PREI-FU resultados

## PREI-Rivas

Nave comercial, situada en la avenida de la Técnica, nº 27 del Polígono Santa Ana de Rivas Vaciamadrid.

2 Plantas y altillo técnico, 305m<sup>2</sup>

Uso previsto exposición, almacén, oficinas y aulas de formación.



Figura 7. PREI-RI el edificio

Actuaciones:

- De aislamiento de la envolvente interior y exterior se van a emplear diferentes técnicas en las distintas fachadas.
- La cubierta será visitable con la finalidad de poder mostrar in-situ las técnicas utilizadas.
- Mejora de huecos.
- Nuevos sistemas de climatización.
- Inclusión de renovación del aire interior.
- Iluminación eficiente y natural.

- Inclusión de renovables.
- Sistema domótico de gestión.
- Accesibilidad en todo el edificio.

## PREI-VALENCIA

Se trata de un edificio entre medianeras cuya fachada principal recae a la calle Turia y su fachada posterior al Jardín Botánico. Consta de cinco plantas incluida la baja. Su antigüedad es mayor de 50 años, datando su construcción aproximadamente de la década de 1930. Su fachada presenta una composición simétrica, con balcones en todas sus plantas. Los huecos disponen de elementos decorativos art decó propios de la época en que se construyó. Se encuentra protegida.

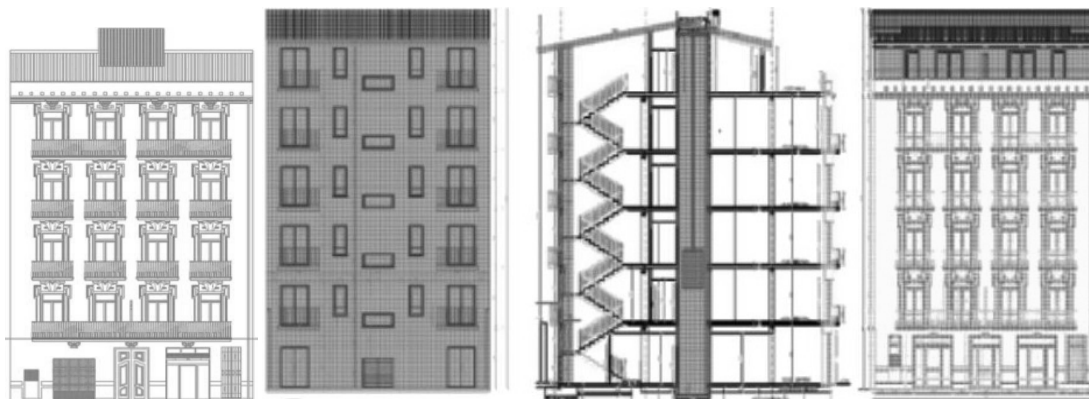


Figura 8. PREI-VL El edificio y las actuaciones

Actuaciones:

**OBRA CIVIL.** Demoliciones y refuerzos estructurales.

**ENVOLVENTE.** Nueva fachada trasera con sistema seco. Fachada principal, rehabilitación de grietas, fisuras, balcones y aislamiento mediante trasdosado interior. Sustitución de cubierta existente por panel aislante. Cambio de carpinterías de madera y vidrios por rotura puente térmico y acristalamiento dobles con tratamientos control solar y baja emisividad en función de la fachada. Protección solar, Colocación de persianas y toldos motorizados en fachada oeste.

**INSTALACIONES TÉRMICAS.** Generación ACS mediante sistema de acumulación colectivo y contadores de consumo individuales. Aerotermia de alta eficiencia para cubrir las demandas térmicas.

**INSTALACIONES HIDRÁULICAS.** Disminución de los consumos de agua.

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA.** Centralización de contadores.

Iluminación elementos comunes temporizada, iluminación general bajo consumo. Iluminación estético-decorativa de fachada principal.

**RENOVABLES.** Iluminación natural en patios. Autogeneración eléctrica para abastecer a los servicios comunes.

**DOMÓTICA.** Instalación domótica, que permita la interacción de los elementos del edificio a través de dispositivos móviles (accionamiento de persianas, toldos, sistema de aire o calefacción, control detector presencia-video, alarma de humos o gases, alarma de inundación). Así como el principal objetivo, de monitorización y actuación con discriminación de consumos, para los consumos de las viviendas. Todo ello a través de la plataforma gestión.

**ACCESIBILIDAD.** Mejora de la accesibilidad con la sustitución de escaleras por rampas y la implantación de ascensor para el acceso a todas las plantas. Adecuación de escalera al CTE.



Figura 9. PREI-VL Resultados Previstos

## CONCLUSIONES

Se hace patente con el estudio y la ejecución de estos proyectos que es viable la realización de rehabilitaciones con objetivos de mejora energética que consigan edificios de consumo de energía casi nulo. Igualando e incluso mejorando a los de nueva construcción.

## REFERENCIAS

- Varios autores. Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas. FENERCOM, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2010).
- Yolanda Izquierdo Mena. Soluciones Energéticamente Eficientes en la Edificación. Dirección General Industria, Energía y Minas CAM. (2010).
- Varios autores. Guías IDAE. Instituto de la Diversificación y Ahorro de la energía. (2012).
- Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía del CTE Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Fomento y Vivienda. (2006 actualización 2014).
- Guía del Perfil de Calidad de Rehabilitación, DRA 04/12. Instituto Valenciano de la Edificación (2011)
- De Luxán, Margarita, Gómez, Gloria "Estrategias de proyectos sostenibles. Edificios nuevos y rehabilitados energéticamente". Ponencia en S5E, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (2012).
- Ivan Capdevila, Elisa Linares, Ramon Folch. Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios. Fundación Gas Natural Fenosa (2012).

# LA INSTALACIÓN ESTANCA DE LAS VENTANAS, UN FACTOR CRÍTICO PARA LOS EDIFICIOS DE EECN

Peter Esselens, Director General, Soudal Química

**Resumen:** La instalación correcta y duradera de la ventana, tanto en la elección de los productos adecuados como en la ejecución minuciosa, cobra una crucial importancia en el contexto de edificios de EECN, para mantener las altas especificaciones del conjunto marco-vidrio y para garantizar un confort real al usuario final. La filosofía es evitar los puentes térmicos y maximizar la hermeticidad. Los diferentes elementos del sistema se ubican en tres capas: aislamiento térmico (y acústico) duradero en el medio; estanqueidad al aire y barrera contra la difusión de vapor desde el interior; estanqueidad al aire y al agua y apertura a la difusión de vapor en el exterior. Se describen soluciones avanzadas de sellado, con pruebas y certificaciones, algunas únicas por haberse probado según estándares de elementos constructivos. Asimismo, los arquitectos deben prescribir los elementos concretos para poder lograr los objetivos anteriores y los aparejadores y jefes de obra velar por su instalación de la mano de profesionales cualificados.

**Palabras clave:** Instalación Ventana, Sellado Hermético, Puente Térmico, Filtraciones, Estanqueidad, Soluciones Certificadas, COV, LEED, BREEAM

## ¿PORQUÉ ES TAN IMPORTANTE EL SELLADO DEL HUECO DE LA VENTANA?

### Contexto – Legislación

#### *Directiva de Eficiencia Energética en Edificios*

La eficiencia energética de los edificios se basa en la legislación europea, en particular en la directiva original 2002/91 / CE, también llamada la EPBD. Esta directiva está en línea con los "objetivos 20-20-20". En España, la Directiva se traspone a través en el Documento Básico Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE), y el Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE). Las revisiones periódicas del CTE relacionadas con eficiencia energética son cada vez más exigentes.

#### *EECN (Edificios de consumo de Energía Casi Nulo)*

La refundición de la Directiva sobre eficiencia energética (2010/31 / CE) introduce el concepto de EECN: un edificio cuya casi nula o muy baja cantidad de energía requerida debería estar cubierta de forma muy significativa por la energía procedente de fuentes renovables. A partir de 1/1/2021, este será el estándar para todas las casas de nueva construcción en el conjunto de Europa (1/1/2019 para los ocupados y de titularidad pública).

#### *DB-HS: Exigencias básicas de salubridad*

Los sellados del edificio afectan también a otra parte importante del CTE, el DB-HS, y en particular la Exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad. Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos.

### Puentes térmicos y prestaciones térmicas

Con la reciente modificación de la exigencia básica HE-1 "Limitación de la demanda energética" y la publicación del nuevo DA DB-HE/3 "Puentes térmicos", toma particular importancia el tratamiento adecuado de los puentes térmicos:

- Provocan entre 15% y 25% de las pérdidas de energía



- Pueden provocar condensaciones en superficies interiores y la aparición de hongos; este efecto será más fuerte en una casa con mayor estanqueidad al aire
- Disminuyen la sensación de confort del consumidor al alterar la distribución de temperatura en diferentes zonas de la casa

## Estanqueidad al aire y al vapor

Una buena hermeticidad es uno de las formas más económicas de mejorar la eficiencia energética de un edificio. Por lo contrario, una mala ejecución tiene consecuencias muy negativas:

- 30% -40% del total de las fugas de aire se sitúan dentro y alrededor de las ventanas!
- Pérdida directa de energía: >13% (10kWh/m<sup>2</sup> de superficie de suelo)
- Disminución importante del confort: polvo, condensación, corrientes de aire, acústica
- Interfiere en el funcionamiento adecuado de los sistemas de ventilación
- Empeora la Clasificación Energética

## DB-HS: Salubridad y Emisión de Componentes Orgánicos Volátiles

Dentro de este capítulo hay que hacer mención a las normas sobre Emisión de Componentes Orgánicos Volátiles (COV), que están presentes en la mayoría de los sellantes. La calidad del aire interior es cada vez más importante, dado los niveles crecientes de estanqueidad al aire de las casas. Los grandes estándares de certificación de sostenibilidad (LEED, BREEAM) limitan el contenido en COV. Existen dos clasificaciones, una en Francia (obligatoria) y otra alemana (voluntaria, más exigente).

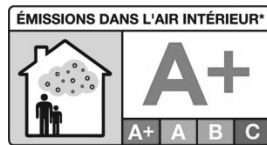


Figura 1. Etiquetado francés



Figura 2. EC1 – Plus: máxima clasificación alemana



Figura 3. Elementos decisivos de la Demanda de Energía



Figura 4. Flujos de energía típicos en una vivienda

## Resumen: Dos elementos clave a considerar

- Puentes térmicos - Estanqueidad al aire y al vapor
- El nuevo paradigma: “Construir herméticamente, Ventilar adecuadamente”

## SELLADO DE HUECOS: ELEMENTOS PARA PRESCRIPTORES

### Principio general para el diseño de los elementos

El principio del aislamiento de la junta se basa en el modelo RAL de tres capas:

1. Capa intermedia - aislamiento térmico y acústico (y en algunos casos la hermeticidad):
  - Espumas de PU, preferiblemente elásticas/flexibles para garantizar la durabilidad
  - Deben estar protegidos de entradas de vapor, agua, infiltraciones de aire, y rayos UV, que disminuirían y eliminarían a largo plazo sus prestaciones
2. Capa exterior - estanqueidad al agua y a la lluvia, pero también la evacuación del vapor:
  - Barreras de vapor para exteriores ( $\mu \leq 30$ ;  $S_d < 0,05m$ )
  - Sellantes de altas prestaciones resistentes a la intemperie (certificados ISO 11600)
  - Bandas pre-comprimidas auto-expansivas (certificadas DIN)
3. Capa interior - estanqueidad al vapor y al aire:
  - Barreras de vapor para interiores ( $\mu \geq 60.000$ ;  $S_d \geq 50m$ ), en formato de fieltro impregnada con una película de polietileno o membranas líquidas en dispersión, nueva solución más fácilmente puesta en obra.
  - Sellantes de altas prestaciones con alta resistencia al vapor y de fácil acabado (polímeros MS de bajo módulo, acrílicos elásticos 12,5E)
  - Deben además tener muy bajas emisiones de COV

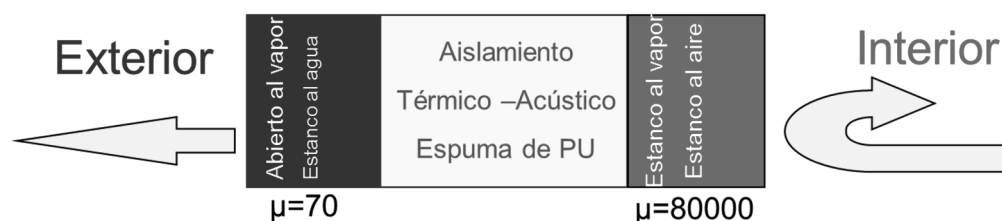


Figura 5. Modelo RAL de tres capas

### Detalles técnicos de algunos sellantes fundamentales

#### Espumas de PU

1. Valores y características clave:
  - Aislamiento térmico alto:  $\lambda \leq 0,034 \text{ W/(m.K)}$
  - Aislamiento acústico alto:  $R_w \geq 50 \text{ dB}$
  - Post-expansión muy baja: minimizar las presiones sobre los demás elementos (marco, cerco); y también evitar manchas en elementos adyacentes en obras de rehabilitación.
  - Flexibilidad – Efecto memoria:

Al igual que los sellantes, existen espumas de PU *flexibles* que evitan la rotura de la celda por las dilataciones diferenciales, y por tanto, la pérdida gradual del aislamiento térmico y acústico. Deben acreditar estas prestaciones con ensayos de laboratorios reconocidos.

2. Características opcionales:
  - “Climas extremos”: aplicable desde  $-10^{\circ}$  hasta  $+40^{\circ}$ ; Inflamabilidad B2; muy bajas emisiones COV

3. La Directiva Ift (Rosenheim) MO-01/1 permite pruebas de laboratorio sobre la espuma de PU como elemento constructivo, dentro de un conjunto ventana – pared de ensayo, para medir:

- Estanqueidad al aire (EN 12114) y al agua (EN 1027)
- Envejecimiento: Temperatura (+60°C / -15 °C, 10 ciclos); Funcionalidad de ventana (apertura / inclinación, 10.000 ciclos) (EN 1191); 3 pulsaciones, presión tanto positiva como negativa (1.000 Pa, 200 ciclos) (EN 12211)

**Prüfung nach DIN EN 12114**

Probekörpermaße	Breite	x	Höhe	
	1000	x	1000	in mm
Fugen längs	Anzahl	x	Länge	
	6	x	990	in mm
Fugenlänge	5,94	m		

**DRUCK**

Volumenstrom 1	Nullmessung (Fugen abgeklebt)								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
l/h	13,24	18,53	27,46	38,14	53,72	80,90	110,90	155,60	209,00
V in m³/h	0,0132	0,0185	0,0275	0,0381	0,0537	0,0809	0,1109	0,1556	0,2090

Volumenstrom 2	Fugen nicht abgeklebt								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
l/h	14,76	20,32	29,88	41,49	57,67	87,90	120,50	166,00	225,70
V in m³/h	0,0148	0,0203	0,0299	0,0415	0,0577	0,0879	0,1205	0,1660	0,2257

Volumenstrom 2 - 1	Luftdurchlässigkeit Fuge								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
V in m³/h	0,0015	0,0018	0,0024	0,0034	0,0040	0,0070	0,0096	0,0104	0,0167
V <sub>0</sub> in m³/h	0,0015	0,0017	0,0023	0,0032	0,0038	0,0068	0,0093	0,0101	0,0162
längenbezogen in m³/hm	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0011	0,0016	0,0017	0,0027

V<sub>0</sub>: korrigierter Luftvolumenstrom unter Referenzbedingungen (20 °C / 50 % rel. LF / 101325 Pa Luftdruck)

Tabla I. Junta estanca con Espuma de PU Flexifoam – Permeabilidad al aire



Figura 6. Aplicación en obra



Figura 7. Pruebas sobre Flexifoam

**Conclusión:**

Flexifoam por sí sola también puede eventualmente garantizar la *estanqueidad al aire*, si se utiliza con las dimensiones de junta adecuadas, se aplica entre dos elementos estancos y es auto-expansiva: ift Rosenheim DIN 18542, Part 7.2:  $a < 0,1 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m} (\text{daPa})^{2/3})$

**Cintas pre-comprimidas auto-expansivas**

Se rigen por el estándar DIN18542. También se les aplica el método de ensayo de puertas y ventanas EN 1206 en combinación con la norma EN 12207 (clasificación en 4 clases)

- Clases BG1 y BG2: no muy estanco al aire
- $A < 1,0 \text{ m}^3 / \text{hm}$  a 10 Pa =  $\pm 3,0 \text{ m}^3 / \text{hm}$  a 50 Pa: menos que clase 3 EN 1026 ( $\pm 1,35 \text{ m}^3 / \text{hm}$  a 50 Pa)

- BGR : estanco al aire y, por consecuencia, al agua
- $A < 0,1 \text{ m}^3/\text{hm}$  a 10 Pa a  $\pm 0,3 \text{ m}^3/\text{hm}$  a 50 Pa: mejor que clase 4 EN 1026

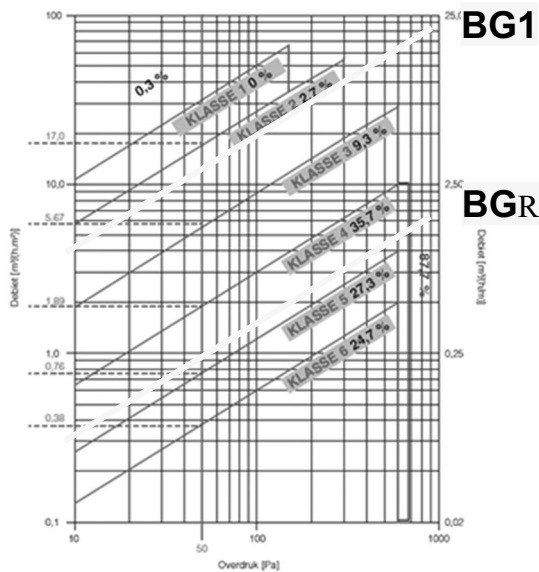


Figura 8. Bandas pre-comprimidas según EN 12207

Eje X: sobre-presión en Pa  
 Eje Y (Izq.): caudal en  $\text{m}^3/(\text{h.m}^2)$   
 Eje Y (Drcha): caudal transformado en  $\text{m}^3/(\text{h.m})$



Figura 9. Sellado estanco al agua 600Pa

### Cintas pre-comprimidas auto-expansivas multifunción

Valores y características clave:

- Cumple con DIN18542:2009:  $BG_R + BG_1$
- Inflamabilidad B2 (DIN4102)
- Propiedades de aislamiento bastante buenas:  $\lambda = 0,048 \text{ W/mK}$
- Aislamiento acústico:
- Sin yeso: 41 dB; yeso en 1 cara: 57 dB; eso en ambas caras: 59 dB
- Probada según ift MO-01: estanqueidad al aire y al agua antes y después de envejecimiento

Puede reemplazar todos los demás productos, pero no necesariamente representa el punto óptimo de costes. Asimismo, requiere mucho cuidado para garantizar la estanqueidad en las esquinas.

### Barreras de vapor para interiores y exteriores

Su principal función es asegurar la estanqueidad al agua y el vapor, según los fines de cada lámina:

- Interior: impermeabilidad al vapor desde dentro hacia la capa intermedia de aislamiento
- Exterior: Alta permeabilidad al vapor desde dentro hacia fuera; estanca a la lluvia torrencial

La colocación de las barreras de vapor requiere cierta destreza y tiempo, tanto en taller como en obra.



Figura 10, 11 y 12. Puesta en obra de barreras de vapor

### Membrana Líquida

Valores y características clave: probadas con Blower Door

- Hermeticidad / Estanqueidad al aire: caudal a 50 Pa = 1,02 m<sup>3</sup>/(m.h)
- Estanqueidad al vapor: Valor estimado SD = 20m (μ: 20.000)
- Emisiones COV: muy bajas - EC1 Plus

Puede reemplazar ventajosamente las barreras de vapor de interior, siendo mucho más sencilla y rápida su aplicación, y más amplio su campo de usos potenciales:

- Se aplica con brocha o con máquina airless
- Las fibras permiten tapar grietas de hasta 2mm
- Control visual de la cobertura: cambia de color una vez seca
- Buen agarre de los acabados de yeso
- También para el sellado estanco de uniones suelo-pared y pared-techo, o paredes interiores



Figura 13 y 14. Puesta en obra de membrana líquida y Máquina airless para obra mayor.

# LA MEMBRANA LÍQUIDA: UNA SOLUCIÓN RÁPIDA Y FÁCIL PARA LA ESTANQUEIDAD EN INTERIOR

Peter Esselens, Director General, Soudal Química

**Resumen:** Se explica la importancia de la estanqueidad al aire y al vapor desde el interior de los edificios hacia la capa intermedia de aislamiento. Se evalúan las diferentes soluciones con especial atención para la membrana líquida. Se trata de un producto líquido y listo para usar único que se puede aplicar fácilmente con una brocha en la zona a sellar. Está compuesto por un polímero de alta calidad enriquecido con fibras, que se transforma durante el secado en una membrana líquida y elástica. Gracias a las fibras, garantiza estanqueidad al aire en presencia de grietas de hasta 2mm. Asimismo, provee estanqueidad al vapor. Una vez seco, cambia de color y se puede revestir si fuera necesario. Muy bajas emisiones COV según el estricto estándar alemán (EC1+). Limpieza fácil de las herramientas. Para grandes obras existe una versión pulverizable para máquinas airless. La gran ventaja frente a las cintas de sellado y membranas sólidas es su sencilla y rápida puesta en obra. Para la mayoría de los casos será una solución suficiente para obtener la estanqueidad interior deseada, y más cerca del coste óptimo. Asimismo, no sólo es aplicable en las juntas de ventana a obra, sino en cualquier unión de suelo a pared o pared a techo, e incluso sobre paredes enteras.

**Palabras clave:** Instalación Ventana, Estanqueidad al Vapor, Estanqueidad al Aire, Membrana Líquida, Filtraciones, Soluciones Certificadas, COV, LEED, BREEAM

## IMPORTANCIA DEL SELLADO HERMÉTICO EN INTERIOR PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

### Contexto – Modelo de tres capas

*El nuevo paradigma: “Construir herméticamente, Ventilar adecuadamente”*

Dos elementos clave a considerar:

#### 1. Puentes térmicos y prestaciones térmicas

Con la reciente modificación de la exigencia básica HE-1 “Limitación de la demanda energética” y la publicación del nuevo DA DB-HE/3 “Puentes térmicos”, toman particular importancia:

- Provocan entre 15% y 25% de las pérdidas de energía
- Pueden provocar condensaciones en superficies interiores y la aparición de hongos; este efecto será más fuerte en una casa con mayor estanqueidad al aire
- Disminuyen la sensación de confort del consumidor al alterar la distribución de temperatura en diferentes zonas de la casa

#### 2. Estanqueidad al aire y al vapor

Una buena hermeticidad es uno de las formas más económicas de mejorar la eficiencia energética de un edificio. Por lo contrario, una mala ejecución tiene consecuencias muy negativas:

- 30% -40% del total de las fugas de aire se sitúan dentro y alrededor de las ventanas!
- Pérdida directa de energía: >13% (10kWh/m<sup>2</sup> de superficie de suelo)
- Disminución importante del confort: polvo, condensación, corrientes de aire, acústica
- Interfiere en el funcionamiento adecuado de los sistemas de ventilación
- Empeora la Clasificación Energética

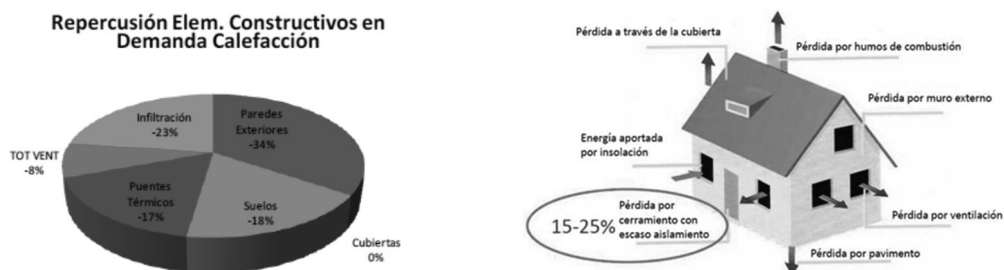


Figura 1 y 2. Elementos decisivos de la Demanda de Energía & Flujos de energía típicos en una vivienda

## DB-HS: Salubridad y Emisión de Componentes Orgánicos Volátiles

También hay que hacer mención a las normas sobre Emisión de Componentes Orgánicos Volátiles (COV), que están presentes en la mayoría de los sellantes. La calidad del aire interior es cada vez más importante, dado los niveles crecientes de estanqueidad al aire de las casas. Los grandes estándares de certificación de sostenibilidad (LEED, BREEAM, etc.) limitan el contenido en COV. Existen dos clasificaciones, una en Francia (obligatoria) y otra alemana (voluntaria, más exigente).



Figura 3 y 4. Etiquetado francés & EC1 - Plus: máxima clasificación alemana

**El principio del aislamiento de la junta se basa en el modelo RAL de tres capas**

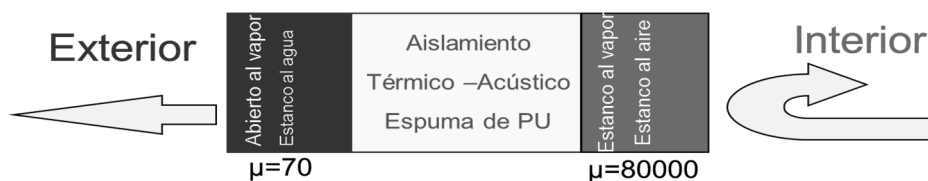


Figura 5. Modelo RAL de tres capas

- Capa intermedia - aislamiento térmico y acústico (y en algunos casos la hermeticidad):
  - Espumas de PU, preferiblemente elásticas/flexibles para garantizar la durabilidad
  - Deben estar protegidos de entradas de vapor, agua, infiltraciones de aire, y rayos UV, que disminuirían y eliminarían a largo plazo sus prestaciones
- Capa exterior - estanqueidad al agua y a la lluvia, pero también la evacuación del vapor:
  - Barreras de vapor para exteriores ( $\mu \leq 30$ ;  $S_d < 0,05m$ )
  - Sellantes de altas prestaciones resistentes a la intemperie (certificados ISO 11600)
  - Bandas pre-comprimidas auto-expansivas (certificadas DIN)
- Capa interior - estanqueidad al vapor y al aire:
  - Barreras de vapor para interiores ( $\mu \geq 60.000$ ;  $S_d \geq 50m$ ), en formato de fieltro impregnada con una película de polietileno o membranas líquidas en dispersión
  - Sellantes de altas prestaciones con alta resistencia al vapor y de fácil acabado (polímeros MS de bajo módulo, acrílicos elásticos 12,5E)
  - Deben además tener muy bajas emisiones de COV

## Alternativas para el sellado hermético en interior

### Criterios de selección

Cada una de las soluciones presenta ventajas e inconvenientes según la aplicación concreta y los requerimientos técnicos. Hay que elegir el mejor compromiso entre:

- Características técnicas: estanqueidad al aire, al vapor; otras añadidas
- Facilidad de puesta en obra: tiempo de instalación, posibilidades de acabado posterior
- Fiabilidad: puntos críticos durante la instalación que puedan alterar el resultado
- Coste económico total: coste del material y mano de obra

### Resumen y comparativa de las diferentes soluciones

#### 1. Cintas pre-comprimidas auto-expansivas multifuncionales

Se rigen por el estándar DIN18542. También se les aplica el método de ensayo de puertas y ventanas EN 1206 en combinación con la norma EN 12207 (clasificación en 4 clases)

- Clase BG1: estanco a la lluvia torrencial
- BG<sub>R</sub>: estanco al aire

$A < 0,1 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $10 \text{ Pa} = \pm 0,3 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $50 \text{ Pa}$ : mejor que clase 4 EN 1026

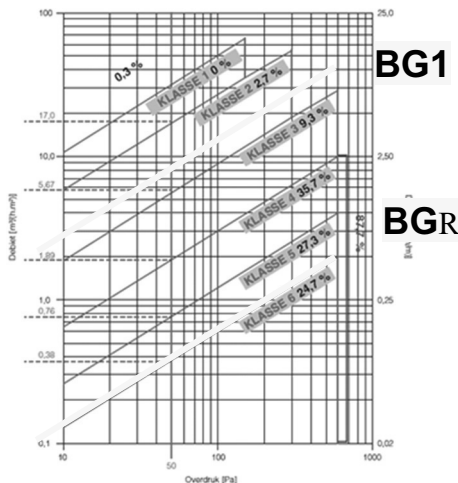


Figura 6. Bandas pre-comprimidas según EN 12207

Eje X: sobre-presión en Pa

Eje Y (Izq.): caudal en  $\text{m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$

Eje Y (Drcha): caudal transformado en  $\text{m}^3/(\text{h}.\text{m})$



Figura 7. Sellado estanco al agua 600Pa

#### Ventajas:

- Combina estanqueidad desde el exterior, y un buen aislamiento térmico y acústico. Puede reemplazar todos los demás productos.

#### Inconvenientes:

- Material caro. Asimismo, requiere mucho cuidado para garantizar la estanqueidad en las esquinas, por lo que una instalación no perfecta puede perjudicar los resultados de un Blower Door.

#### 2. Barreras de vapor para interiores

Su principal función es asegurar la estanqueidad al agua y el vapor, para garantizar la impermeabilidad al vapor desde dentro hacia la capa intermedia de aislamiento.





Figuras 8, 9, 10 y 11. Puesta en obra de barrera de vapor interior

#### Ventajas:

- Permite una estanqueidad al vapor y al agua muy alta ( $SD = 50m$ ;  $\mu = 60.000$ ) con un material bastante menos caro que la cinta multifunción. En caso de premarco, este se puede solapar con la cinta, evitando cualquier filtración. Control visual de la hermeticidad. Buen agarre sobre yeso.

#### Inconvenientes:

- La colocación de las barreras de vapor requiere cierta destreza y tiempo, tanto en taller como en obra. No siempre practicable por las condiciones particulares de la obra.

### 3. Membrana Líquida

Soudatight LQ es una pasta de polímeros reforzado con fibra de alta calidad que forma una membrana elástica estanca al aire y al vapor después del secado. El producto puede ser fácilmente aplicado con cualquier brocha de pintura en el espesor deseado (en una o en varias capas) sobre casi todos los soportes minerales. Rellena grietas de hasta 2 mm gracias a las fibras. Cambia de color una vez seco (de azul a negro), después de lo cual se puede pintar o enyesar.



Figura 12, 13 y 14. Puesta en obra de membrana líquida



Figura 15. Máquina airless

Campos de aplicación:

En general la hermeticidad en áreas de conexión o de penetración entre diferentes elementos de la construcción. En la conexión de ventana a pared se puede utilizar para tratar la superficie antes de la instalación de la ventana. También se puede utilizar después de la instalación de la ventana y después de haber aplicado FlexiFoam, sustituyendo así las membranas de estanqueidad interior. Soudatight LQ también es adecuado para su aplicación en encuentros entre suelo y pared o pared y techo en combinación con Soudatight SP, la versión pulverizable para máquinas Wagner airless. Asimismo, puede aplicarse en obra mayor en paredes interiores no expuestas a la intemperie (como puede ser una fachada ventilada).

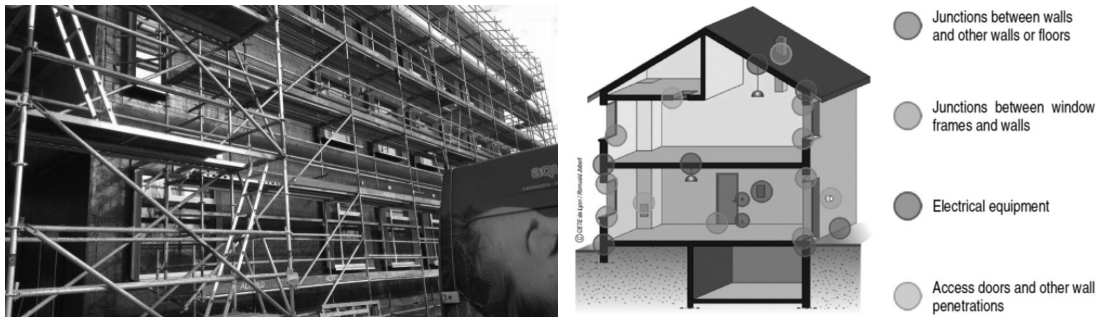


Figura 16 y 17. Membrana líquida en pared completa & Puntos de mayores filtraciones

Valores clave:

- Hermeticidad / Estanqueidad al aire: caudal a 50 Pa = 1,02 m<sup>3</sup>/(m.h)
- Según la norma EN 12207 de Ventanas/Puertas corresponde a la Clase 3
- Estanqueidad al vapor: Valor estimado SD = 20m (μ: 20.000)
- Emisiones COV: muy bajas - EC1 Plus

La estanqueidad al aire ha sido comprado con una prueba Blower Door y una de humo en una vivienda existente, por lo que el valor obtenido seguramente no es el mejor valor posible, ya que la vivienda mostraba filtraciones por otras vías.



Figura 18, 19 y 20. Blower Door y Prueba de humo

## On-Side Test: Window/Door - Air Permeability

Object: **Soudal**  
 Test Date: 12/03/15

### Boundary Conditions

Temperature Inside: 7 °C  
 Temperature Outside: 7 °C  
 Standard Temperature: 20 °C  
 Size of Window/Door: 6,19 m<sup>2</sup>  
 Length of Opening Joint: 10,00 m

### Class of the Air Permeability for Window/Door

Class of Window/Door:  
**Class 3** in accordance with EN 12207

### Measurement

Orifice → (cm)	Input Data		Results		
	$\Delta p$ Window/Door (Pa)	$\Delta p$ Orifice (Pa)	$\Delta p$ Window/Door baseline corrected (Pa)	Measured airflow per m <sup>2</sup> of overall area (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	Measured Airflow per m of length of opening joints (m <sup>3</sup> /hm)
baseline pressure	0,40	-	-	-	-
1,50	-12,90	7,60	13,30	0,22	0,13
1,50	-15,50	10,00	15,90	0,25	0,15
2,10	-17,60	9,60	18,00	0,48	0,30
2,10	-23,80	14,10	24,20	0,58	0,36
2,10	-32,00	19,80	32,40	0,69	0,43
4,20	-52,40	10,90	52,80	2,04	1,27
4,20	-59,50	12,70	59,90	2,21	1,37

### Air Permeability related to overall Area of the Window/Door

Tabla I. Resultados Blower Door

#### Ventajas:

- Aplicación sencilla y rápida con brocha o con máquina airless; se está desarrollando una solución en lata pequeña para aplicación con bote de gas propulsor; solución escalable
- Las fibras permiten tapar grietas de hasta 2mm
- Control visual de la cobertura: cambia de color una vez seca; fiabilidad
- Excelente agarre sobre diferentes soportes y de diferentes tipos de yeso sobre la membrana líquida
- Campo de aplicación mucho más amplio: cualquier intersección entre elementos constructivos

#### Inconveniente:

- Valor menos alto de estanqueidad al aire que las otras soluciones.

## CONCLUSIÓN

Alternativa interesante y muy práctica a las barreras de vapor de interior tradicionales.

# AHORRO ENERGÉTICO Y SIMPLIFICACIÓN DE INSTALACIÓN EN GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (A.C.S.) CENTRALIZADA

**Jaime Gil Centelles**, Product Manager, Resp. Ofertas Especiales, Hiplus Aire Acondicionado

**Resumen:** Se exponen mejoras, tanto a nivel diseño como Tecnológico, que permiten: - Ahorro energético en la producción de A.C.S. en Hospitales, Residencias. - Ahorro consumos de agua. - Simplificación de trabajos de mantenimiento de la instalación. - Simplificación de instalaciones / Eliminación de equipos. De aplicación: tanto en rehabilitación de edificios ya existentes como en nueva edificación. Mediante: - Consumos A.C.S.: ajuste a valores cercanos a reales vs. los obtenidos por normas vigentes. - Comparar normas europeas (hasta 46% variación) y contrastar con casos reales (hasta 82% de variación). - Soluciones aplicadas con éxito en instalaciones. Con casos y datos monitorizados.

**Palabras clave:** Ahorro Energético, Sanitario, Hospitales, Simplificar Instalación

## INTRODUCCIÓN / OBJETIVO

Mediante:

- Adecuación de la metodología de cálculo actual de los consumos de A.C.S., ajustando a valores más cercanos a los reales que aquellos obtenidos por normativa vigente.
- Comparación de diversas normativas europeas y contrastar los resultados con casos reales.

Simplificando instalaciones y equipos instalados, y por tanto inversión.

Se demuestra que:

- los cálculos actuales (conforme normativa) de los caudales de producción de A.C.S. para sector sanitario (hospitales, residencias, geriátricos, etc.) son muy superiores al consumo real de los edificios. Y por tanto, el diseño de la instalación de A.C.S. resulta sobredimensionado.
- Se consigue un ahorro energético / monetario al variar la forma habitual de diseñar la producción de A.C.S. mediante una solución aplicable tanto a obra nueva como a reconversión, que permite:
  - o Producción de A.C.S. acorde a los consumos reales de la instalación.
  - o Elimina/simplifica la acumulación de A.C.S., obra nueva y/o reconversión.
    - Elimina pérdidas térmicas
    - Simplifica operaciones de mantenimiento
    - Reduce el riesgo de legionela.
    - Reduce la inversión de la instalación (en caso de obra nueva).
  - o Ahorro en consumo y producción (energético) de A.C.S.:
    - Elimina pérdidas de agua por purgas (obligatorio por ley) y revisión de acumuladores.

Aplicable tanto en nueva edificación como en antigua: y repercute en ahorros energéticos y de consumo de agua considerables.

## PROPUESTAS DE ACCIONES PARA AHORRO DE ENERGÍA EN A.C.S.

Conforme a la "GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES", Fundación de la Energía de la Comunidad Madrid, IDAE, 2010, el A.C.S. supone aprox. un 20% del consumo energético medio del hospital.

Las actuales propuestas de acciones para mejorar el ahorro energético en instalaciones de A.C.S. son:

ACCIONES ECONOMIZADORAS DE ENERGÍA EN LA INSTALACIÓN DE AGUA SANITARIA		
ACCIONES ECONOMIZADORAS	AHORRO DE ENERGÍA (%)	AMORTIZACIÓN
AISLAR EL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO.	10	Inferior a 1,5 años.
AISLAR LAS TUBERÍAS.	15	Inferior a 1,5 años.
INDIVIDUALIZAR LA PRODUCCIÓN.	25	Inferior a 6 años.
DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACENAMIENTO.	Variable	Inferior a 6 años.
SUSTITUCIÓN DE ELEMENTOS OBSOLETOS:		
Quemador (de más de 8 años).	9	Inferior a 4,5 años.
Caldera (de más de 12 años).	7	Inferior a 6 años.
Caldera y quemador.	16	Inferior a 6 años.
CONTROLAR LA COMBUSTIÓN, LIMPIAR LAS SUPERFICIES DE INTERCAMBIO.	8	Inferior a 3 años.
LIMPIEZA DEL INTERCAMBIADOR.	12	Inferior a 1,5 años.
CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA CALIENTE.	5	Inferior a 1,5 años.

Figura 1. "GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES", Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, IDAE (Instituto para la Diversificación de la Energía), Consejería de Economía y Hacienda. Publicación 2010

Pero hay un sistema distinto a lo indicado en las tablas / recomendaciones anteriores:

Los cálculos actuales (conforme normativa) de los caudales de producción de A.C.S. para sector sanitario (hospitales, residencias, geriátricos, etc.) son superiores al consumo real de los edificios. Se expondrán:

- Casos reales de aplicación de esta metodología en edificios / instalaciones ya existentes, en los que se modificó la instalación.
- Un último caso de aplicación en el momento del diseño.

## APLICACIÓN Y EJEMPLOS REALES

Se contrastarán los cálculos según varias normativas europeas y también con valores reales. Se analizan diversos casos reales comparando cálculos teóricos y mediciones: comparando la norma española UNE 149201 con la norma francesa DTU 60.11

### Caso A1: Hospital General de Ciudad Real

En activo desde Septiembre 2005. Atiende las necesidades de 42 municipios de la región, así como de determinadas especialidades de las áreas de salud de Puertollano y La Mancha Centro.

Con una superficie construida: 96.602 m<sup>2</sup>, Calefacción: 9000 kW, A.C.S.: 900 kW

Consumos: 540 camas, 1080 lavabos, 160 fregaderos, 590 duchas, 160 bañeras para asistidos.

**El caudal punta teórico A.C.S., según los datos anteriores, calculado para distintas normas, resulta:**

Caudal punta	UNE 149201 (m <sup>3</sup> /h)	Diferencia (%)	DTU 60.11 (m <sup>3</sup> /h)
Máximo	30,5	-45,9%	16,5

Tabla I. Consumos punta A.C.S. según distintas normativas europeas

#### Consumos reales A.C.S.:

Para verificar los consumos reales de A.C.S., de común acuerdo se instaló un contador de agua en el tramo común y se realizaron mediciones horarias de caudal durante 30 días. Período de mediciones: semana 51-52, año 2010, 2011: semana 1, 2 (parcial) y semana 4.

Se verifica la ocupación diaria de las camas del hospital y el consumo diario de A.C.S., resulta:

Segmento ocupación (%)	Media consumo diario (m3/día)
60 - 70	20,57
70 - 80	22,9
80 - 90	33,01

Tabla II. Ocupación diaria de las camas del hospital y consumo diario de A.C.S.

La instalación hidráulica existente para producción de A.C.S.:

- Acumulación total de A.C.S. = 36.000 litros (distribuida en 6 acumuladores de 6000 litros/ud)
- Potencia térmica para producción A.C.S. = 900 kW (mediante intercambiadores de placas)

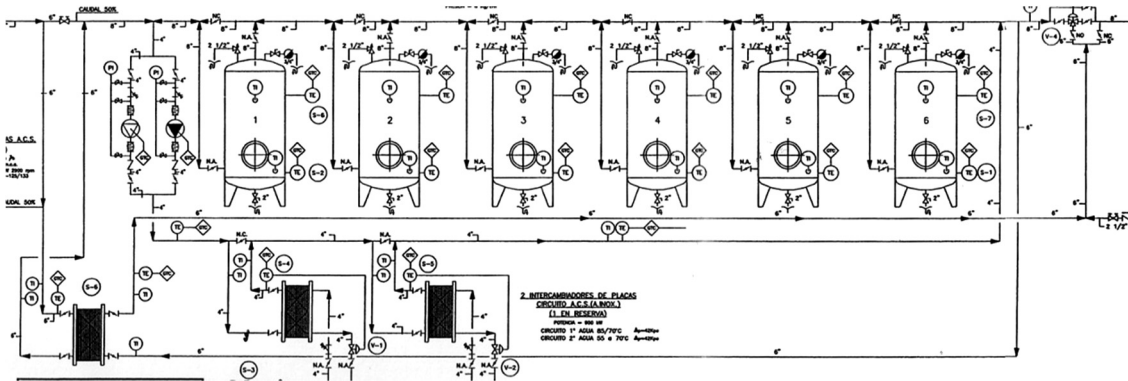


Figura 2. Esquema hidráulico original, de producción A.C.S. para el Hospital General Ciudad Real

Considerando los consumos punta horarios en diversos días de mayor ocupación resulta:

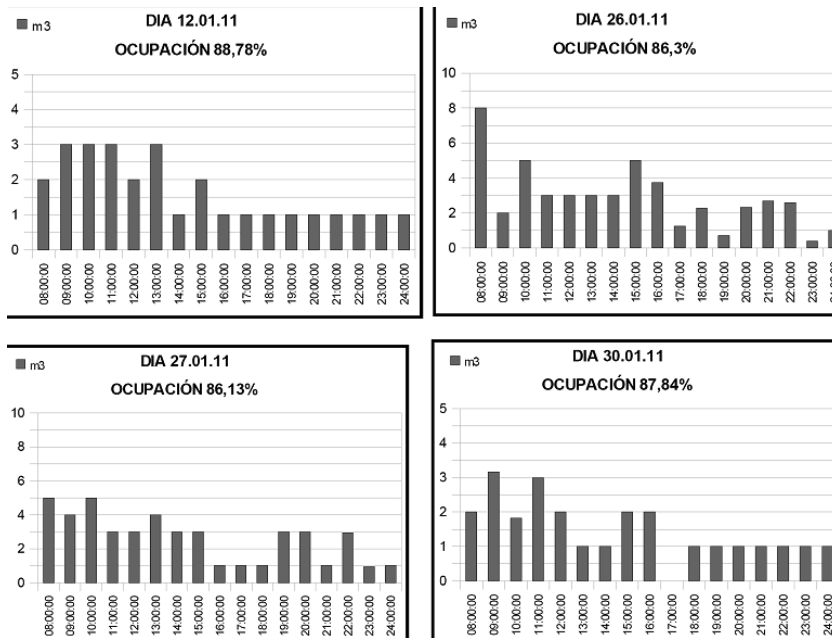


Figura 3. Consumos horarios en los días de mayor ocupación del Hospital

Caudal punta real máximo: 5,5 m3/h (hubo un día con una punta de 8 m3/h, posiblemente por tema mantenimiento), muy inferior al obtenido por normativas vigentes en diversos países:

Caudal punta	UNE 149201	Diferencia	DTU 60.11	Diferencia	Medido
	m3/h	%	m3/h	%	m3/h
Máximo	30,5	-45,9%	16,5	-66,7%	5,5

Tabla III. Comparativo caudal punta según varias normas europeas y el caudal medido real

Concepto y cambios	Diseño original	Con nuevo diseño
Acumulación A.C.S.	36.000 litros (6 x 6000 l/ud)	Sin acumulación alguna (ahorro espacio: 70 m2)
Potencia térmica para A.C.S.	900 kW	780 kW

Tabla IV. Modificaciones / simplificaciones realizadas en la instalación

Se suprimieron los 36.000 litros de acumulación de A.C.S., consiguiendo: reducción de costes de mantenimiento, Ahorro de espacio > 70 m2, Ahorro de agua / energía.

### Caso A2: Clínica Ruber (Madrid)

Consumos: 250 camas, 500 grifos, 300 duchas

El cálculo del caudal punta de A.C.S. conforme a normativa vigente:

Caudal punta	UNE 149201	Diferencia	DTU 60.11	Diferencia	Real
	m3/h	%	m3/h	%	m3/h
Máximo	17,7	-28,2%	12,7	-76,4%	3

Tabla V. Comparativo caudal punta según varias normas europeas y el caudal medido real

Los consumos punta reales de A.C.S. dió como resultado promedio diario: 3 m3/h.

Se eliminó toda la acumulación existente: 9.000 litros (3x3.000 litros). Espacio ahorrado > 23 m2.

### Caso A3: Clínica Teknon (Barcelona)

Consumos existentes en éste edificio: 250 camas, 685 grifos, 273 duchas

Caudal punta	UNE 149201	Diferencia	DTU 60.11	Diferencia	Real
	m3/h	%	m3/h	%	m3/h
Máximo	19	-33,2%	12,7	-80,3%	2,5

Tabla VI. Comparativo caudal punta según varias normas europeas y el caudal medido real

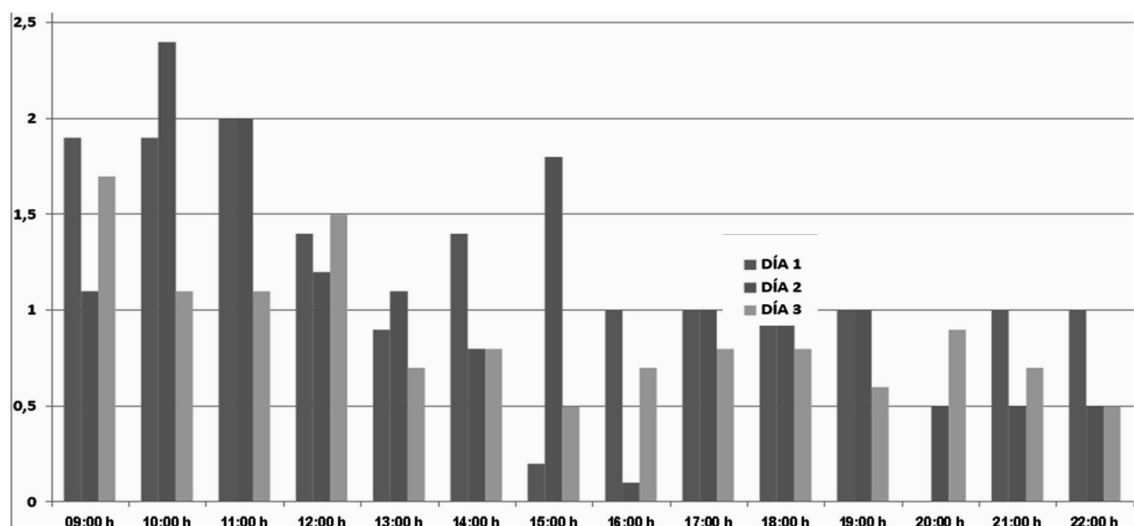


Figura 4. Consumos reales medidos en Clínica

## Caso A4: Hospital Maz (Zaragoza): Ahorro consumo agua y gas

Los consumos de éste edificio son: 171 camas, 363 grifos, 160 duchas

Aplicando las correcciones anteriores, se obtiene:

Concepto	2007	2008	2009	Ahorro
Acumulación	10000 litros (2 x 5000 litros)	Remodelación a mitad año	0 litros	Espacio ahorrado: 21 m <sup>2</sup>
Agua (A.C.S.) m <sup>3</sup>	108.529	100.460	92.736	15 %
Gas m <sup>3</sup>	6.144	5.273	4.923	20 %

Tabla VII. Histórico consumos antes y después de aplicar la modificación

Eliminando equipos instalados, se consiguen ahorros del 15% en consumo de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y del 20% en consumo de gas (combustible) dedicado a calentar dicha agua.

## Caso A5: Nuevo Hospital Toledo

Este caso correspondería a un ejemplo de planteamiento en el diseño inicial:

HOSPITAL	USOS		CAUDAL PUNTA			Acumulación prevista en inicio	
	EDIFICIO	Duchas	Grifos	UNE 1492001	Diferencia		DTU 60.11
		uds	uds	m <sup>3</sup> /h	%	m <sup>3</sup> /h	litros
Administración	9	104	4,6	-28,3%	3,3	2 x 1500	
Consultas ext.	16	597	10,6	-31,1%	7,3	2 x 3000	
Laboratorios	44	283	8,6	-31,4%	5,9	2 x 3000	
Bl. Quirúrgico	16	463	9,4	-30,9%	6,5	2 x 3000	
Radiología	18	484	9,7	-30,9%	6,7	2 x 3000	
Hosp. de Día	6	531	9,8	-31,1%	6,75	2 x 3000	
H1+H2+H3	613	975	21,3	-25,4%	15,9	21 x 5000	
H4+H5	385	715	17,4	-25,9%	12,9		
Total =	1107	4152	91,4	-28,6%	65,25	138.000	

Tabla VIII. Datos Hospital y comparación de cálculos entre varias normas europeas

El ahorro económico de inversión inicial en instalación y equipos (para el circuito de producción de A.C.S.) es muy superior a 300.000,-euros:

- Supresión de 138.000 litros de acumulación de A.C.S.: distribuidos en 33 acumuladores de A.C.S.: 10 uds de 3000 litros, 2 uds de 1500 litros y 21 unidades de 5000 litros
- Reducción de tuberías de distribución de A.C.S.

El ahorro anual de A.C.S.: puede ser superior a 267.000 litros /año (con el consecuente ahorro monetario por el coste de dicha agua).

Y un significativo ahorro en combustible (y monetario): por no tener que calentar el agua ahorrada, y eliminar las pérdidas térmicas en 33 acumuladores de A.C.S.

Así como el ahorro correspondiente en: operaciones de mantenimiento obligatorias para instalaciones de A.C.S. con acumuladores para evitar la legionela (purgas semanales de fondo acumuladores, purgas mensuales de válvulas drenaje, limpieza y conservación de acumuladores con periodicidad trimestral, temperatura en acumulación en continuo, etc.).



## CONCLUSIÓN

Mediante:

- Cambio del diseño tradicional de producción de A.C.S. conforme a normativa actual.
- Dimensionar / Adaptar la instalación a las necesidades reales de consumo.

Comporta un ahorro energético (entre 15 y 30%) y monetario tanto en inversión inicial como en costes de operación anuales:

- Suprime la acumulación A.C.S. (ver R.D. 865/2003)
  - o Suprime pérdidas térmicas en acumuladores (radiación + convección)
  - o Eliminan pérdidas térmicas del agua lanzada por revisiones anti-legionela:
    - Purgas semanales de acumuladores.
    - Revisión interna trimestral de acumuladores.
  - o Ahorro de agua consumida (Eliminan pérdidas de agua por revisiones anti-legionela.):
    - Purgas semanales de acumuladores.
    - Revisión interna trimestral de acumuladores.
- Ahorro por simplificar tareas de mantenimiento.
- Ahorro en inversión inicial: acumulación, diámetro tuberías distribución...
- Supone un ahorro de superficie construida y reaprovechamiento en otros usos: almacén de material del centro, plazas de parking, etc.

Aplicable en: tanto en Instalación nueva como en Rehabilitación de instalaciones existentes. Hechos demostrados en los datos aportados en el presente documento, y en diversas instalaciones reales. Y reduce el riesgo de legionela en la instalación y para los usuarios del Hospital.

## REFERENCIAS

- IDEA. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010, GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HOSPITALES
- AEN/CTN 149 - INGENIERÍA DEL AGUA, AENOR (2008): UNE 149201: Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.
- Centre Scientifique et technique du Bâtiment, AFNOR (1988): «Documents Techniques Unifiés sur les réseaux d'eaux immobilières. DTU 60.11, Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales», Francia
- RITE, Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio 2007, y posteriores modificaciones: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), Secretaría de Estado de Energía, Dirección General de Política Energética y Minas, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (BOE núm. 207, miércoles 29-Agosto-2007)
- CTE, Código Técnico de la Edificación, Marzo 2006, Ministerio de la Vivienda
- Comité Técnico AEN/CTN 100, Secretaría AFEC, AENOR, UNE 100.030: Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones. Septiembre 2005,
- BOE núm. 171, viernes 18 Julio 2003, Real Decreto 865/2003, 4 Julio: Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Documentación y datos correspondientes a empresas del grupo Adisa.

# SELLADO DE CARPINTERÍA Y ENCOLADO PARA UN CERRAMIENTO ÓPTIMO DE LA ENVOLVENTE EN VIVIENDA UNIFAMILIAR, SEGÚN CRITERIOS DE PASSIVHAUS INSTITUT

Oscar Jansa, Country Manager Spain & Portugal, tremco illbruck

Pere Linares, Gerente, House Habitat

**Resumen:** La envolvente y los cerramientos de un edificio no sólo son la epidermis que ofrece una imagen y un diseño exterior. Más allá de sus aspectos estéticos, los productos y sistemas empleados en el cerramiento de un inmueble repercuten decisivamente en asuntos tan importantes como el aislamiento térmico y acústico del edificio, lo que se traduce en un ahorro de costes y un aumento de confort y bienestar tras la instalación. Una de las mejoras más importantes que otorga mayor calificación a nivel energético, es el certificado energético en la instalación de ventanas. De esta forma se mejora la envolvente térmica del edificio para lograr obtener mayor eficiencia en los niveles de confort y bienestar tras la instalación. Para la construcción de la vivienda en proceso de certificación Passivhaus en Castelldefels (Barcelona), se proponen soluciones de sellado alrededor de la carpintería exterior más resistente para lograr el bajo consumo de energía, siguiendo los criterios estándar de Passivhaus Institut. Sistemas que se adaptan a las diferentes configuraciones de instalación (túnel, rebaje, aplicado exterior o interior, pre-marco...), así como para todo tipo de construcción (Metálica, madera, PVC, vidrio, o SATE...) ya sea de nueva ejecución o de renovación.

**Palabras clave:** Envolvente, Sellado de Carpintería, Encolado Ecológico, Passivhaus, Vivienda Biopasiva, Casa Pasiva, Aislamiento Térmico, Aislamiento Acústico

## INTRODUCCIÓN

Las casas pasivas son casas que utilizan recursos de la arquitectura bioclimática, pero la combinan con una eficiencia energética sin igual: son casas herméticas. Las ventanas existen para que entre la luz y pueden abrirse, aunque no se hace para evitar que se escape el calor. El aislamiento de estos hogares es absoluto, y la renovación del aire se realiza a través de un sistema de ventilación con un intercambiador de calor, que renueva el aire evitando que se escape el calor con él.

Las casas pasivas o de consumo casi nulo, son viviendas eficientes energéticamente, ecológicas y sanas; en las que se utilizan los recursos de la arquitectura bioclimática combinados con una eficiencia energética muy superior a la construcción tradicional. Son casas con un consumo energético muy bajo y que ofrecen durante todo el año (a diferencia de la construcción tradicional) una temperatura ambiente confortable sin la aplicación de la calefacción convencional. La Directiva Europea pretende que en 2020 todos los edificios nuevos tengan un consumo de energía casi nulo.

## EL PROYECTO

El diseño de los arquitectos Iciar y Guillermo Sen tiene como objetivo superar los altos requisitos de eficiencia energética que exige el Passivhaus Institut de Alemania, en clima mediterráneo, y en una vivienda situada a pocos metros de la playa. Además se pretende lograrlo utilizando materiales naturales, respetuosos con el medio ambiente y no tóxicos.

La vivienda unifamiliar biopasiva, de 219 m<sup>2</sup> distribuidos en dos plantas, se encuentra en la recta final de su construcción. Cuenta con 5 dormitorios dobles (1 amplia suite), dos baños, salón con chimenea y comedor-cocina abierta. Su estructura es de madera de pino finlandés, procedente de bosques sostenibles. Un material natural de alta calidad debido a su crecimiento lento y resistencia a la humedad.

Todo el aislamiento de la casa se llevó a cabo con fibra de madera y, para reforzar la envolvente térmica en la fachada, se utilizó además un panel de fibra de madera de 265 kg/m<sup>3</sup> de densidad sobre el que se aplicará un mortero de silicato, como acabado final.



*Imagen 1. Visión exterior e interior de la vivienda unifamiliar pasiva*

## **SELLADO DE CARPINTERÍAS Y ENCOLADO ECOLÓGICO**

En este proyecto en concreto, por sus características ecológicas se utilizaron diferentes productos que permitieran de forma óptima realizar las correspondientes roturas de puente térmico entre las ventanas con la estructura del edificio y la realización de pegados y encolados de diferentes puntos tanto de la estructura como de los accesorios para lograr el cerramiento óptimo de la envolvente del edificio, aportando soluciones en los siguientes aspectos:

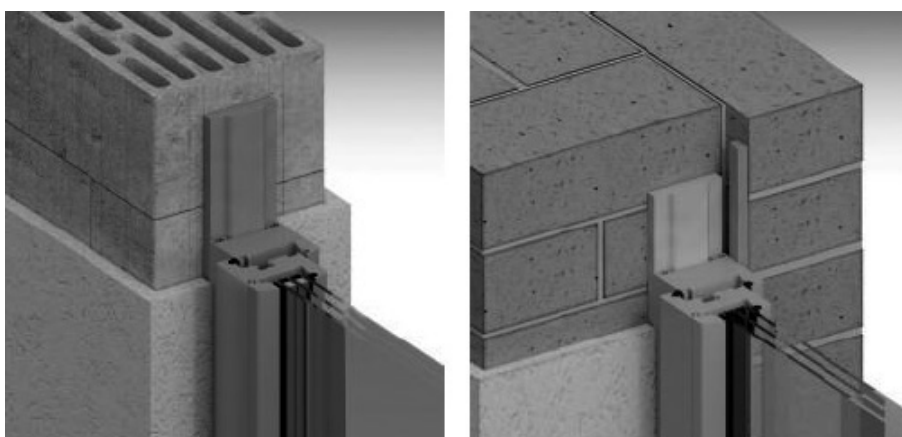
- Permeabilidad del aire
- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico

- Estanqueidad del agua
- Permeabilidad del vapor de agua



*Imagen 2. Detalle de aplicación de la espuma impregnada (illmod Trio TP650)*

Respecto a las instalaciones de carpinterías, tanto de puertas como de ventanas se recurrió a la instalación de una Espuma Impregnada (illmod Trio TP650), que es una espuma de poliuretano de células abiertas la cual dispone de una cara auto-adhesiva para su fácil colocación, ya sea sobre la carpintería o sobre el marco de la ventana. La configuración de la instalación fue en túnel. Esta espuma está impregnada de una resina sintética estable (libre de cera y betún) que confiere las principales características de estanqueidad al aire y a la lluvia, la permeabilidad al vapor de agua y que aporta un excelente aislamiento térmico y acústico de hasta 60dB, aunque no era el caso debido a que la vivienda se ha erigido en un lugar muy tranquilo y sin excesivos ruidos pero que se adapta a la configuración global de la construcción de esta vivienda en la que predominan los productos de altas prestaciones. Los motivos por lo que este tipo de productos fue seleccionado van desde el punto ecológico, no solo de funcionalidad del producto sino también de su producción, la certificación del producto por parte de los laboratorios europeos más exigentes y su garantía de 10 años.



*Imagen 3. Detalles constructivos de la aplicación en carpintería (illmod Trio TP650)*

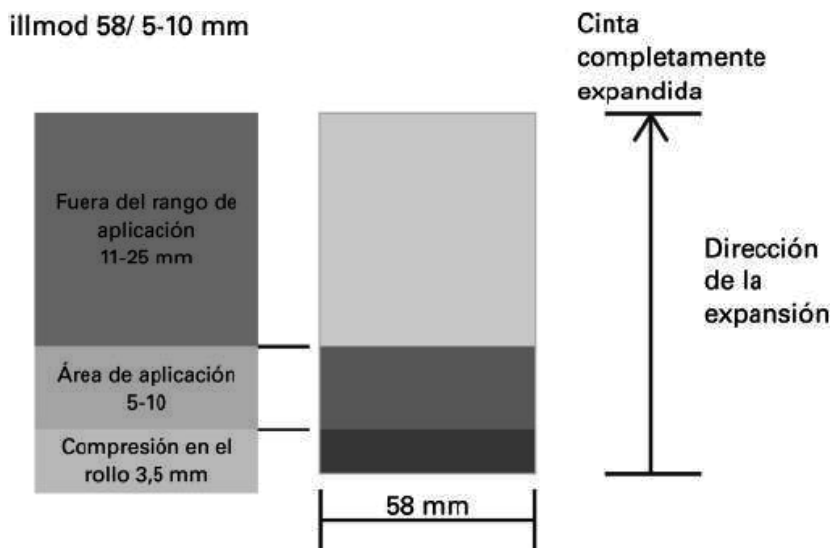


Imagen 4. Comportamiento expansivo de la espuma impregnada (illmod Trio TP650)

En cuanto a los sellados y encolados, el constructor eligió los productos, Cola Híbrida Polivalente (illbruck SP050) y Cola Híbrida de Tack Inmediato (illbruck SP350) para los trabajos que requerían más fuerza y sujeción en el pegado. Ambos productos destacan por su aporte ecológico a la construcción siendo selladores adhesivos basados en polímeros híbridos, de reticulación neutra, y con alto módulo de elasticidad. Su reticulación se efectúa por absorción de la humedad que permiten la realización de uniones flexibles e impermeables, tanto en el interior como el exterior. Estos productos no tienen olor, ni disolventes y están libres de isocianatos, además su secado y reticulación son extremadamente rápidos lo que ahorran tiempo en la instalación. Ambos pueden pintarse una vez secos.

## TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

Entre las técnicas instaladas para cumplir con el estándar Passivhaus destacan el sistema de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de energía entálpico o el empleo de una fuente de energía renovable como la aerotermia para climatización y agua caliente. En cuanto a las ventanas, serán de madera laminada con doble vidrio, warm edge, control solar y gas argón en la cámara, con una transmitancia media de ventana instalada de 1,37 W/m<sup>2</sup>K.

La casa estará equipada, además, con tecnologías domótica para controlar la climatización, la ventilación y las persianas a través de dispositivos móviles conectados a Internet.

El sistema de climatización cuenta con sensores de temperatura en cada planta y se actuará de forma automática sobre la batería de agua del sistema de climatización para realizar la aportación de aire frío o caliente necesario y así mantener las condiciones de confort previstas.

La vivienda dispondrá de **calificación A** en el certificado de eficiencia energética y se estima una **reducción del 80% en facturas de energía** en calefacción (demanda de 12,7 kWh/m<sup>2</sup>a) y refrigeración (17 kWh/m<sup>2</sup>a) y refrigeración (17 kWh/m<sup>2</sup>a) con respecto a una vivienda tradicional de las mismas características. Según los datos tomados, **el gasto medio previsto en climatización en esta vivienda de 219 m<sup>2</sup> será de 33€ al mes.**

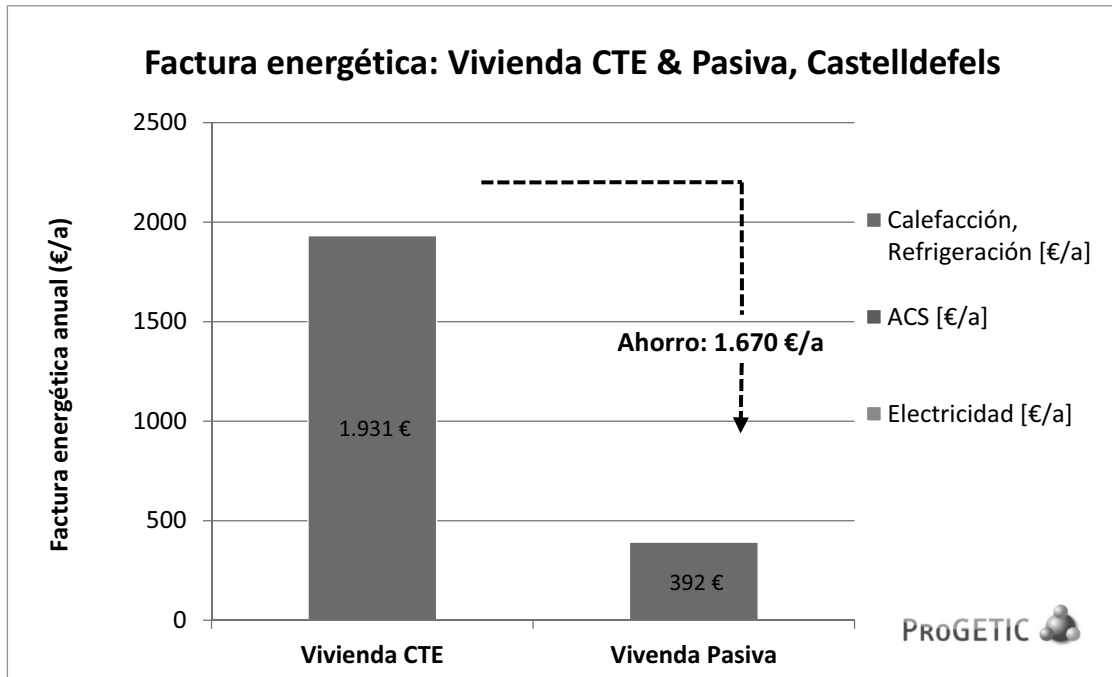


Imagen 5. Gráfico de factura energética de una vivienda CTE & Pasiva

## AGRADECIMIENTOS

A House Habitat por permitirnos hacer parte de este proyecto. En especial a Pere Linares y Jaime Lamas por su valiosa colaboración.

## REFERENCIAS

Documentación aportada por tremco illbruck y House Habitat.

## SISTEMA PIONERO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE PARA UN COMPLEJO DE VIVIENDAS

**Estefanía Hernández Lugones**, Responsable del desarrollo del negocio de Almacenamiento de Energía en Iberia, Robert Bosch España, S.L.U.

**Resumen:** Un suministro constante de energía renovable: mientras que otros todavía están debatiendo sobre el paso a formas alternativas de energía, un complejo de viviendas cerca de Frankfurt (Alemania) está demostrando que el autoabastecimiento con energías limpias ya no es un sueño, sino una realidad al alcance de todos, el complejo está diseñado para ser autosuficiente en sus necesidades energéticas. No sólo eso, sino que también supone un ahorro para los residentes.

**Palabras clave:** Energías Renovables, Cogeneración, Solar Fotovoltaica, Almacenamiento de Energía

### INTRODUCCIÓN

La evolución hacia formas alternativas de energía está tomando cuerpo en Kelsterbach, una ciudad cerca de Frankfurt, Alemania, donde Bosch ha llevado a cabo un proyecto para almacenar y suministrar energía flexible a un complejo residencial de 180 viviendas.

El sistema de almacenamiento cuenta con una capacidad instalada de 135 kWh. Esto es suficiente para cubrir el gasto eléctrico medio de 10 hogares de cuatro personas.

El cliente del proyecto es Süwag Erneuerbare Energien GmbH, una empresa que está promoviendo el cambio hacia formas alternativas de energía bajo un concepto propio.



Figura 1. (izq.) Sistema de almacenamiento de una capacidad de 135 kWh fabricado desarrollado en nuestra delegación de Stuttgart. (dcha.) Display informativo del estado de la batería

### CONTRIBUCIÓN A UNA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DESCENTRALIZADA

El sistema de almacenamiento de energía cumple con uno de los mayores desafíos de las fuentes de alimentación descentralizadas. La unidad de cogeneración y la planta de paneles fotovoltaicos del complejo de viviendas, no siempre generan energía cuando se necesita. Gracias a la batería, la energía extra puede ser almacenada y suministrada más tarde.

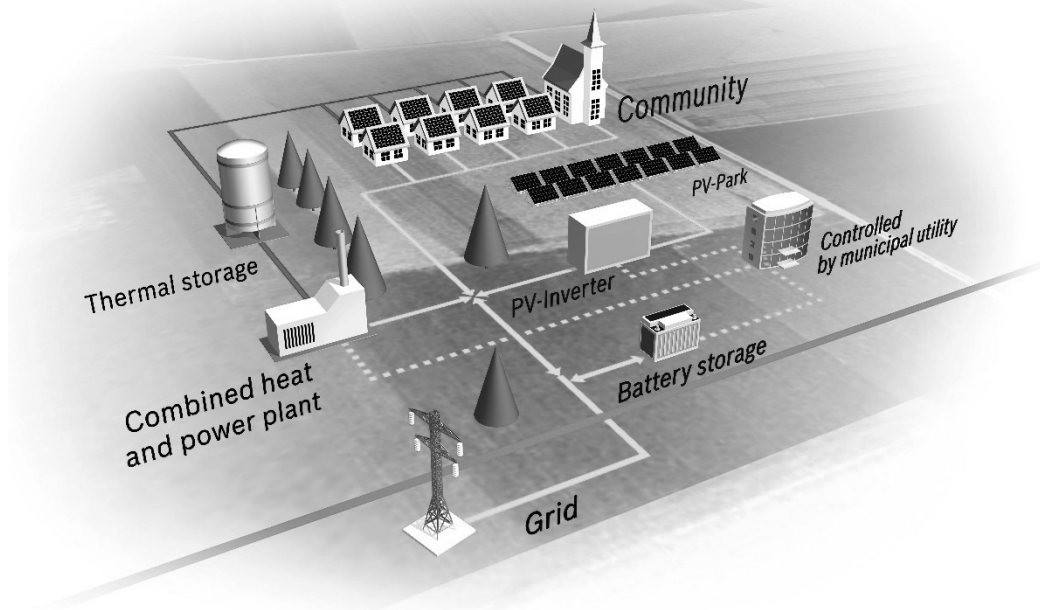


Figura 2. Esquema de la instalación realizada en Kelsterbach

## EL NIVEL MÁS ALTO DE AUTOSUFICIENCIA

"Enka", como se denomina el nuevo complejo de viviendas, se ha construido en el emplazamiento de una antigua fábrica. La empresa constructora Deutsche Reihenhaus AG ha levantado allí 180 viviendas unifamiliares.

En una segunda fase se construirá una zona de uso mixto y un parque empresarial. Una vez que haya sido completado, el complejo debe ser capaz de satisfacer una gran parte de sus propias necesidades energéticas, ya que está equipado con dos unidades de cogeneración, además de calderas para hacer frente a los picos de demanda, una instalación de paneles fotovoltaicos y sistemas de almacenamiento de calor y de electricidad. El sistema utiliza la energía generada en el complejo de la mejor manera posible. La unidad de cogeneración suministra la carga base. Un motor de combustión de gas natural situado dentro de la unidad de cogeneración producirá electricidad con la ayuda de un generador. El calor generado por el motor como resultado de la combustión se utiliza para calentar los edificios y suministrar el ACS.

Dado que por la noche se consume menos energía, el sistema de almacenamiento de Bosch se encarga de almacenar energía y liberarla cuando se necesita, por ejemplo, por la mañana. Es una situación similar a la que se da con la energía solar, el sol proporciona una gran cantidad de energía durante el día, cuando normalmente las familias están fuera del hogar. La batería almacena la energía hasta que se necesite durante la noche. En relación a las fuentes de alimentación, Süwag tiene como objetivo hacer que el complejo de edificios sea lo más autosuficiente posible. Cada kWh que no necesite viajar grandes distancias reduce la necesidad de invertir y ampliar la red. También hace que la integración de fuentes de energía renovables en el sistema sea lo más amplia y fácil posible.





Figura 3. (izq.) Foto de la instalación solar fotovoltaica (dcha.) Foto del complejo residencial

Los consumidores dentro del complejo residencial están conectados directamente al sistema de generación de energía. Como resultado de ello, no hay cargos por el transporte de la energía u otros costes similares. Y para los residentes, las tarifas eléctricas son mucho más atractivas.

La Universidad de Ciencias Aplicadas de Frankfurt está proporcionando apoyo científico al proyecto.

## SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN EL ÁMBITO EMPRESARIAL

El sistema de almacenamiento de energía de Bosch hace uso de la tecnología de iones de litio. La unidad de almacenamiento, que tiene unos 7 m de ancho, 60 cm de profundidad y 1,8 m de altura, se encuentra situada en una sala de máquinas. Su capacidad y la electrónica están ajustadas con precisión a las necesidades de la red eléctrica del complejo.



Figura 4. Foto del sistema de almacenamiento de energía de Bosch en la sala de máquinas

El sistema de almacenamiento proporciona una potencia de 50 kW y puede ser cargado o descargado en el plazo de dos horas. Gracias a su inversor, la potencia eléctrica puede alimentarse y extraerse de la red del cliente. El sistema de gestión del almacenamiento y la amplia experiencia de Bosch en el campo de carga y descarga de baterías incrementa su vida útil. Bosch ha planificado, diseñado y construido otros sistemas de almacenamiento, en algunos casos la capacidad ha superado varios megavatios-hora.

## SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Los sistemas de almacenamiento de energía son un elemento clave en el camino hacia formas alternativas de energía, haciendo posible utilizar mejor la energía eólica y solar, cuya disponibilidad puede variar ampliamente. La energía solar puede estar disponible por la noche y la eólica puede ser almacenada hasta que el viento amaina. Un estudio encargado por Bosch, publicado por el Öko-Institut e.V. de Friburgo, describe acertadamente el almacenamiento de energía como un campo estratégico de la tecnología. Estos sistemas tendrán un papel decisivo en el desarrollo de una infraestructura de suministro de energía descentralizada.

En primer lugar, pueden compensar las fluctuaciones de la energía generada a partir del viento y el sol. Además de estabilizar la red, actúan como un almacén en caso de que la producción de energía solar o eólica sea superior a la demanda. Esta energía almacenada puede ser suministrada más tarde. Al armonizar el suministro y demanda de electricidad, el almacenamiento es una alternativa a la expansión de la red ya que atenúa tanto los picos de producción de renovable como de demanda.

Como resultado de todo ello, los sistemas de almacenamiento de energía hacen que sea más fácil la integración de fuentes de energía renovables en las redes eléctricas existentes.

## SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Las unidades de cogeneración (CHP = Combined Heat and Power) generan electricidad y calor, a partir de combustibles fósiles.

Las unidades CHP utiliza la misma cantidad de energía para duplicar el beneficio. Con las tecnologías convencionales, el calor y la energía son normalmente generadas por separado. Las unidades CHP combinan ambas fuentes, lo que reduce la necesidad de combustible. Un estudio realizado por la agencia gubernamental de Renania del Norte-Westfalia, dice que: "Su aplicación ofrece un enorme potencial para la protección del clima y la conservación de los recursos naturales." Si, por ejemplo, utilizamos una unidad CHP para generar calor en una fría noche de invierno, la energía generada al mismo tiempo se puede almacenar en la batería hasta la mañana siguiente.



Figura 5. Módulo CHP

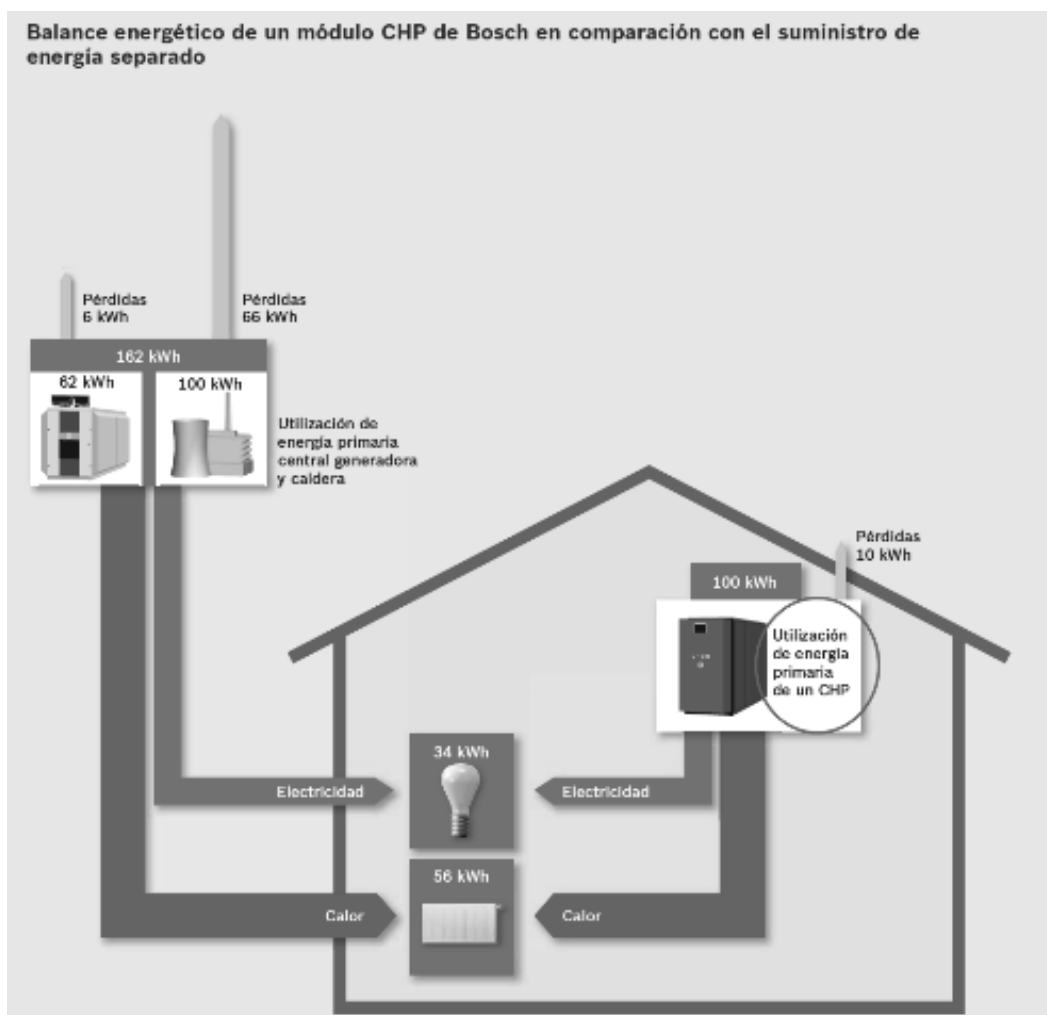


Figura 6. Balance energético de un módulo CHP

## EL GRADO MÁS ALTO DE AUTOSUFICIENCIA

En un complejo de viviendas de unas 100 casas, con una instalación equipada con una unidad CHP de 50 kWel/80 kWth, una instalación de paneles fotovoltaicos de 100 kWp y un sistema de almacenamiento estacionario de 50kW de potencia, 135 kWh de capacidad útil. Y con una estimación de consumo anual medio total de 3500 kWh.

Teniendo en cuenta que el perfil de carga de un complejo de viviendas de este tipo, situado en Alemania, es relativamente contante durante el día y con menor consumo en los meses de verano, la generación de energía eléctrica proporcionada por la máquina de cogeneración en los meses de invierno va a ser casi constante y en los meses de verano depende de la demanda de calor. En contraposición la producción de energía a través de paneles fotovoltaicos, tiene altas fluctuaciones de generación, y en los meses de verano picos de rendimiento y en los de invierno menos generación.

Con lo cual, la suma de la producción de la CHP y la instalación fotovoltaica supera la demanda total del complejo de viviendas, si no instalamos un sistema de almacenamiento, esta energía la perdemos, conseguimos un 85% de autosuficiencia, pero si además instalamos un sistema de almacenamiento como el descrito anteriormente, llegamos hasta un 95%.

Y no sólo eso, el sistema de almacenamiento ofrece la posibilidad de personalizar la generación de energía fluctuante diurna al perfil del consumidor y juega un papel decisivo en el proceso de descentralización de la utilización de la energía.

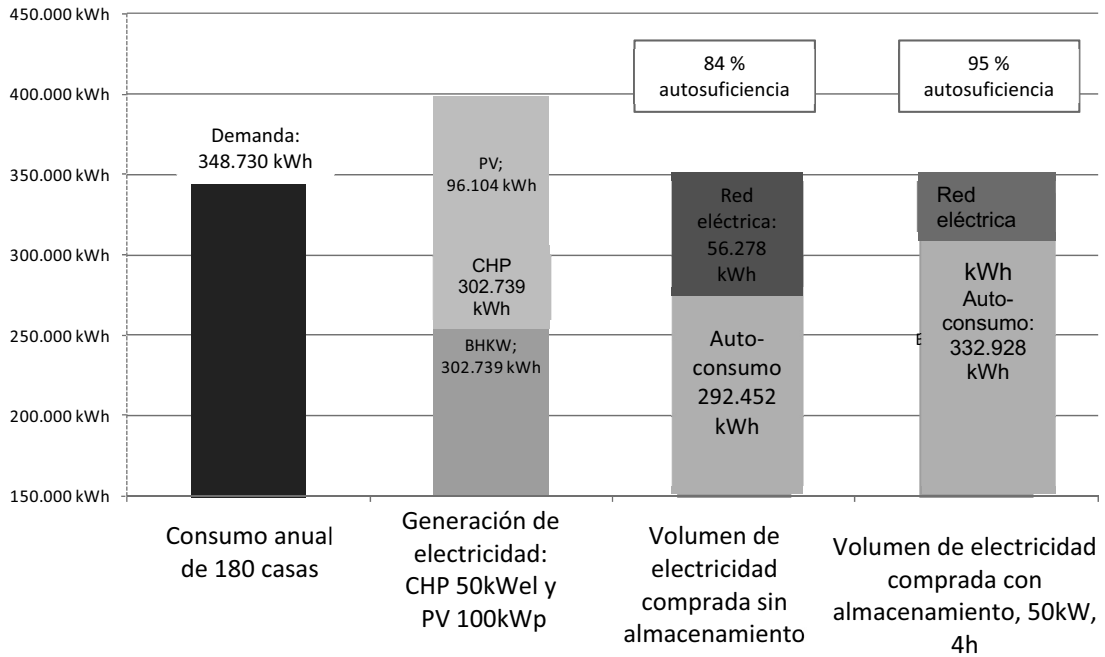


Figura 7. Gráfico de los resultados obtenidos

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todo el equipo de “Energy Storage Bosch” además de a Süwag Vertrieb AG & Co. KG, por su trabajo y dedicación para llevar a cabo este proyecto tan exitoso.

## ARQUITECTURA Y RENOVABLES: HACIA EL BALANCE NETO EN EDIFICACIÓN

**Miguel Ángel Díaz Camacho**, Dr. Arquitecto, MADC arquitectos  
**Joaquín Martínez Matute**, Arquitecto colaborador

**Resumen:** La presente comunicación trata de resumir el largo proceso que ahora finaliza con la instalación de dos aerogeneradores en cubierta de sendas unidades habitacionales TWINS en Griñón (Madrid). La propuesta parte de un caso práctico a partir del cual se han desarrollado una serie de conocimientos y experiencias ligados a la investigación y la docencia universitaria y que pueden estructurarse en cuatro grandes bloques temáticos: ciudad, clima y territorio / nuevas herramientas de diseño arquitectónico / la importancia de la gestión y mediación / instalación, cálculo, autoconsumo y balance neto.

**Palabras clave:** Arquitectura, Energía, Renovables, Partenariado, Gestión, Mediación

### INTRODUCCIÓN

Desde MADC Arquitectos venimos trabajando desde hace algún tiempo en la generación de un modelo alternativo de desarrollo de suelo urbanizado con criterios de sostenibilidad. Las características principales de este modelo podrían resumirse en los siguientes aspectos: 1. Mejora de las condiciones medioambientales del entorno; 2. Mejora de las condiciones urbanas; 3. Aumento de la complejidad funcional; 4. Plan de movilidad reducida; 5. Red de instalaciones comunes; 6. Empleo de energías renovables; 7. Dispositivos pasivos en la gestión de la energía; 8. Reutilización del agua; 9. Uso de plantas y arbolado como herramientas de gestión micro-climática; 10. Nuevos modelos de gestión económica y habitacional; 11. Inversión en la economía local; 12. Plan de formación y educación infantil. El modelo a nivel urbano y territorial se completa con una propuesta arquitectónica ligada a la industrialización y reutilización de elementos, una estrategia a base de componentes retornables diseñada desde la colaboración con los propios fabricantes.

La oportunidad de desarrollar un caso práctico llegó de la mano de Bristaun [Desarrollos Sostenibles], que propuso a MADC Arquitectos en el mes de marzo de 2011 la realización de un prototipo autosuficiente en Griñón, localidad situada en el 'archipiélago' sur de la Comunidad de Madrid. El presente artículo se centra en la integración de dispositivos de gestión de energía procedente de fuentes renovables desde cuatro apartados muy concretos sobre los que se ha avanzado a medida que el proyecto se acercaba a su fase material de fabricación y por lo tanto se encontraba con la realidad del medio físico, político, legal, económico y cultural.

### EL PROYECTO

Las parcelas se encuentran situadas en el límite sureste de la población y cuentan con una superficie de aproximadamente 2Ha que, según el proyecto de urbanización, se dividen en parcelas de 500m<sup>2</sup>, geometría rectangular y topografía sensiblemente plana. El vial de acceso presenta orientación sureste, correspondiendo a cada parcela un frente de 16,70m y un fondo de 30,00m; la calle cuenta con todos los servicios urbanísticos y su trazado discurre en paralelo a la carretera de circunvalación M-404, tras la cual se extienden campos de cultivo que se prolongan de forma prácticamente horizontal hasta la provincia de Toledo. Esta zona de la Comunidad de Madrid, situada entre la depresión del Tajo y la Sierra de Guadarrama, se conoce como 'Los Llanos'. Las unidades habitacionales TWINS se basan en un sistema de construcción completamente industrializado y desmontable de tecnología blanda o 'light-tech', un espacio libre definido por una envolvente especializada que parte de los conocimientos propios de la arquitectura bioclimática para proponerse finalmente como un estándar de consumo de energía y recursos casi nulos, cero producción de residuos y máxima responsabilidad en los niveles

cultural, social, urbano y medioambiental. Cada unidad consta de aproximadamente 200 componentes, de modo que se establecen otros 200 contratos con las empresas suministradoras, que se comprometen a la reutilización o la recompra de sus propios materiales. La experiencia hasta el momento ha sido positiva, surgiendo la iniciativa en ocasiones desde la propia industria.

## Principales características

- Modularidad y prefabricación: La ligera estructura portante se plantea mediante módulos rígidos de perfiles metálicos realizados en taller y montados posteriormente en obra sobre subestructuras trianguladas apoyadas directamente sobre el terreno.
- Estrategias pasivas: la unidad se encuentra en fase de certificación Passivhaus desde la colaboración con VAND Arquitectura. Los cálculos de demanda quedan por debajo de 15kWh/m<sup>2</sup>a para calefacción, 15kWh/m<sup>2</sup>a de refrigeración y 120kWh/m<sup>2</sup>a para la energía primaria (calefacción, agua caliente y electricidad). Las medidas pasivas principales se centran en la gestión de la envolvente térmica, la gestión de la radiación solar, la gestión del viento y la ventilación, la gestión de la humedad y la gestión de otros recursos diferentes de los energéticos (como el agua o la calidad del aire interior).
- Instalación de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía renovable. Cada unidad está equipada con un aerogenerador de eje horizontal escogido desde criterios de optimización de su rendimiento para unas velocidades de viento entre 5,86 y 4,94 m/s y una altura de 12m respecto a la rasante de la calle. Precisamente con el objetivo de ganar altura, el aerogenerador se sitúa en cubierta coincidiendo con uno de los pilares estructurales que llevarán su carga hasta el suelo. Las vibraciones mínimas del modelo se contrarrestan mediante juntas elásticas articuladas. Dos sistemas de baterías sirven para el almacenamiento de la energía producida: las propias del aerogenerador y las del coche eléctrico conectado al sistema.
- Programa: cada unidad está dividida en dos plantas complementarias a nivel programático. La planta baja se destina a oficina (o despacho profesional), contemplado en la normativa municipal hasta un total del 50% de la superficie de la vivienda. La planta superior se destina a la casa propiamente dicha. Esta disposición programática reduce la movilidad del habitante, con las consecuencias cuantitativas y cualitativas que se verán más adelante. De nuevo, al igual que con las estrategias pasivas, el proyecto de arquitectura resuelve e integra el porcentaje más importante de cara al ahorro energético.
- Eficiencia de las instalaciones auxiliares y equipos: Las mínimas demandas de calefacción y refrigeración se cubren mediante la instalación de un equipo de aerotermia de alta eficiencia combinado con un recuperador de calor. El sistema de ventilación filtra el aire y pre-climatiza el aire en verano al tomar aire refrescado mediante nebulización del jardín semienterrado en sombra.
- Desmontaje y retornabilidad: la unidad puede desmontarse en su totalidad y transportarse con facilidad, incorporando los enseres dentro de los seis contenedores estructurales. Para facilitar esta gestión desde el proyecto, se vincula mediante contrato a las empresas que intervienen en la fabricación de la unidad, comprometiéndose a la recompra o reutilización de los componentes suministrados. El proyecto arquitectónico está íntimamente relacionado con el proyecto de investigación AARCE (Arquitectura Avanzada de Residuos Cero) financiado por la Universidad Camilo José Cela con inicio en Enero de 2014 hasta Diciembre de 2015.

## METODOLOGÍA

### Ciudad, clima y territorio

La metodología llevada a cabo en el proyecto posibilitó la integración de una doble lectura del lugar: construcción cultural + cartografía energética. La primera categoría abordó el conocimiento heurístico del lugar como constructo cultural: historia, paisaje, economía, industria, ideología, tradición,

patrimonio, desarrollo, arte, etc.; la segunda, se encargó del conocimiento epistemológico del territorio como área de oportunidad energética: clima (radiación, temperatura, humedad relativa, viento, precipitaciones), geografía, geología, geotecnia, hidrología, biología, fauna y flora, vegetación, etc.

Griñón se enmarca, dentro de la clasificación climática de A.N. Strahler, en los “climas de latitudes medias, Clima Mediterráneo”, dentro del clima general de España. Su situación en la Comunidad de Madrid lo sitúa en el centro de la Península Ibérica, viéndose afectado de manera importante por el factor de continentalidad: baja humedad relativa y aumento de la amplitud térmica, produciéndose veranos calurosos y secos, e inviernos húmedos y fríos. El factor orográfico, sensiblemente plano, genera una rápida circulación de los vientos, lo que minimiza las precipitaciones en forma de lluvia. Precisamente los datos obtenidos en referencia a la velocidad y dirección del viento, la radiación o el conocimiento del sustrato hidrológico (el perfil medioambiental del territorio) permitieron generar las principales estrategias -anteriores a la arquitectura- y que surgen como respuesta y adecuación a un entorno concreto.

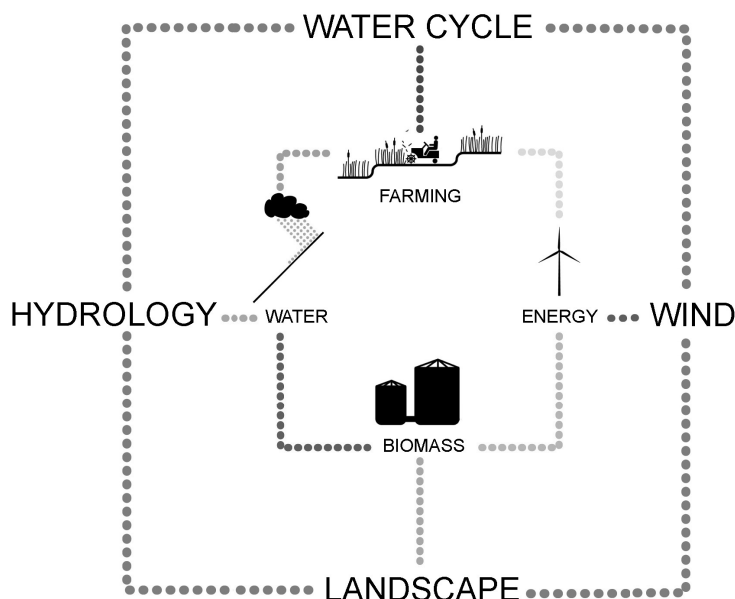


Figura 1. Perfil medioambiental del lugar y estrategias de actuación anteriores al proyecto arquitectónico

## Nuevas herramientas de diseño arquitectónico

Muchas son las herramientas de diseño que permiten aprovechar –desde la arquitectura- las condiciones ambientales del entorno. En primer lugar, se decide actuar desde la contención volumétrica optimizando el factor de forma pero sobre todo, minimizando la superficie habitable, en este caso a 75m<sup>2</sup> por planta. La orientación en este clima resulta clave ya que permite aprovechar la radiación en invierno como instrumento pasivo de calefacción mientras resulta sencillo evitarla en verano desde el sombreado. El diseño de la envolvente será igualmente importante para reducir la demanda de energía de un volumen mínimo y bien orientado, todo ello insistimos desde el diseño. El programa establece en planta baja la oficina (mayor demanda de refrigeración) y en la planta alta la vivienda (mayor demanda de calefacción), aprovechando ésta última el exceso de aire caliente de la primera y actuando como “colchón” térmico espacial (la cubierta ventilada queda una planta por encima de la oficina). Además, las zonas de día se distribuyen al sur y las de noche al norte, adecuando las funciones metabólicas del cuerpo en función de la actividad (MET) al arropamiento (CLO). De nuevo el diseño al servicio –en esta ocasión- del confort. Con todo ello, la instalación del aerogenerador en cubierta resulta en este proyecto un elemento distintivo e identitario, un elemento tan legítimo de proyecto como el pilar o el umbral de acceso. Como en los antiguos molinos de Castilla, el dispositivo no se integra, como

parece sugerir el DB HE4 para el “mejor” de los casos en la instalación solar. ¿Y por qué habría de integrarse? El potencial expresivo de los dispositivos de energía renovable deja abierta la puerta a su potencial exposición o incluso exhibición, favoreciendo los procesos de visibilización de la energía. En este caso, los tetraedros estructurales de la planta semienterrada –soporte de los seis módulos estructurales- se ven replicados en las estructuras trianguladas de los cables que en cubierta, tensan y estabilizan el aerogenerador, estableciendo una “cobertura” inclinada de planos transparentes que da lugar a un volumen complejo desde el punto de vista formal y compositivo. El cilindro exterior que minimiza el ruido de las palas en su giro incesante, se presenta en colores vivos con el objetivo de convertirse en una de los elementos característicos de la unidad. La energía como material de proyecto.

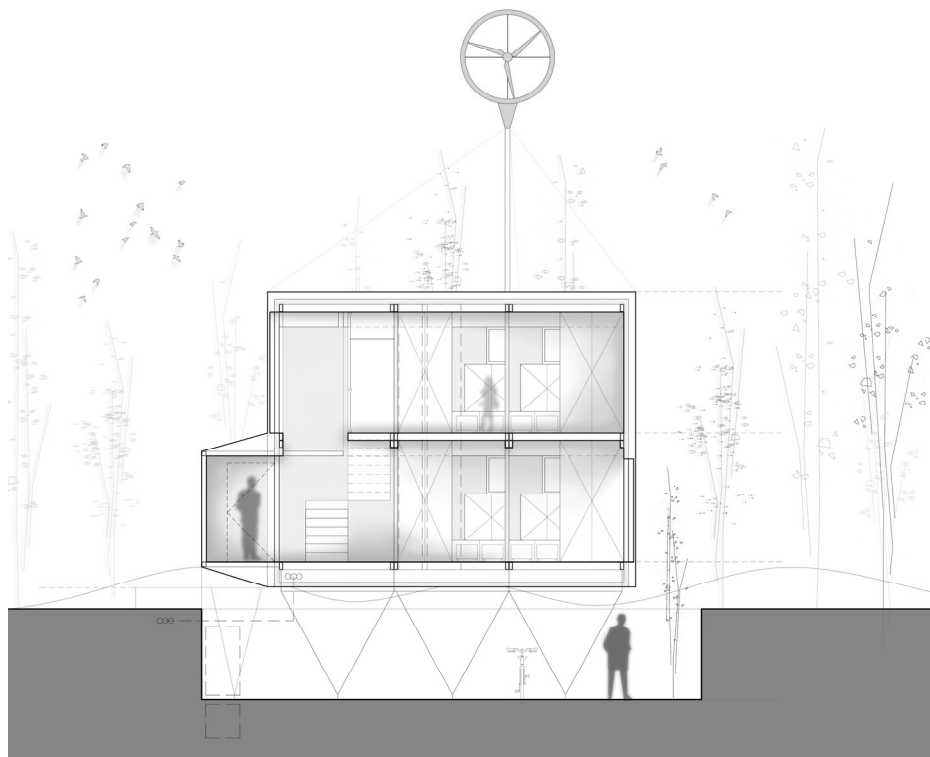


Figura 2. Sección transversal de proyecto

## La importancia de la gestión y mediación

El tiempo invertido en el proceso ha sido de casi 5 años, tiempo que daremos por bueno al convertirse el proyecto en uno de esos raros ejemplos de *partenariado* público – privado, una fórmula que incorpora a la Administración al proceso como uno de los agentes actores e impulsores junto a los propietarios del suelo, los desarrolladores, la universidad y los equipos técnicos. Precisamente a raíz de esta iniciativa presentada al ayuntamiento, se produce la reforma de la Ordenanza Fiscal del municipio, aprobada en el BOCM de 25 de marzo de 2015 por el que se exime del pago del 95% del ICIO a las iniciativas que tengan determinados intereses para la ciudad en su conjunto. Se establecen las siguientes actuaciones como base del acuerdo (resumen):

- **Aportaciones de carácter social:** Mejora de las condiciones urbanas al ampliar el acerado en la vía pública. Mejora de las condiciones medioambientales desde la consideración de la parcela como una infraestructura verde. Fomento de la movilidad sostenible, transporte público y reducción del uso del automóvil. Fomento de la complejidad sub-urbana ante la aparición de despachos profesionales y nuevos servicios. Fomento de la vivienda prefabricada y económica.



- Aportaciones de carácter cultural: Recuperación de la memoria de Griñón a través de la recuperación de los cultivos urbanos, reutilizando el sustrato hidrológico existente. Fomento de la Eficiencia Energética y el uso de Energías Renovables frente al empleo indiscriminado de combustibles fósiles. Fomento del ahorro y recuperación de agua en la vivienda. Fomento del aprovechamiento de las condiciones climáticas locales de Griñón. Fomento de una cultura baja en emisiones de CO<sub>2</sub>. Fomento de un modo de habitar más lento gracias al ahorro de tiempo en desplazamientos, fomentando una vida más saludable y reforzando los lazos familiares y comunitarios. Convenio formativo con los colegios de Griñón para la realización de una jornada anual de formación ambiental. Visibilización positiva del municipio mediante la publicación en prensa, radio y TV de una iniciativa transversal e inclusiva en los ámbitos social, urbano, cultural y medioambiental. Generación de conocimiento a través de la participación en congresos y como parte de los grupos de investigación universitarios asociados al proyecto. Publicación final de un libro coral recogiendo toda la experiencia y conocimiento generado.
- Aportaciones de carácter económico: Las empresas suministradoras de los componentes que forman las unidades habitacionales procederán en su mayoría del propio entorno y el tejido industrial de la zona. Reactivación del empleo ligado al sector de la construcción desde la especialización y reciclaje hacia áreas de potencial crecimiento en el futuro: eficiencia energética, energías renovables, sostenibilidad, etc. Parte de los trabajos de montaje e instalación podrán incluirse en un plan de formación para desempleados locales. Atracción de capital estratégico asociado a marcas y fabricantes relacionadas con la inversión en I+D+i desde las tecnologías y sistemas que integran y definen la fabricación de los módulos habitacionales.

## Instalación, cálculo, autoconsumo y balance neto

Junto con la certificación Passivhaus de las unidades TWINS, garantizada la muy baja demanda de energía, se propone la instalación de dos aerogeneradores de 1,75 kW para alimentación de cada unidad y un coche eléctrico compartido. Cada aerogenerador podría llegar a generar un aporte de energía final de entorno a 3 kWh/día, resultando por tanto unos 1.000 kWh/año (funcionamiento 24 horas en un lugar especialmente indicado para ello y a una altura suficiente) y con un ahorro estimado de 331Kg de CO<sub>2</sub> al año (0,331Kg CO<sub>2</sub> / kWh). Con estos datos cabría preguntarse qué porcentaje de la movilidad encargada al coche eléctrico se podría resolver con los dos aerogeneradores. Partimos de un vehículo Tesla Model S. con una batería de 70kWh y una autonomía de 370km, resultando el dato razonable y promedio en este tipo de vehículos de 0,2kW/km. En este punto entra el factor km/año que realiza el habitante, y es precisamente donde gracias a la integración de vivienda y oficina, el kilometraje anual baja de los típicos 10.000km/año a por ejemplo 3.000km/año, máxime si tenemos en cuenta que Griñón es una pequeña localidad de apenas 1km de radio en su núcleo urbano (incluyendo urbanizaciones). Con estos datos llegamos a la conclusión de 3.000km/año x 0,2kW/km = 600Kw, es decir, el 60% de la producción renovable de un aerogenerador podría solucionar la movilidad eléctrica y reducida, quedando asignado el resto (1.400kWh/año) para la iluminación de las dos unidades a base de luminarias LED de bajo consumo (aproximadamente se cubre el 70% de la iluminación artificial, aunque el proyecto apuesta por la luz natural para todas las estancias, incluidos los baños, otra herramienta del diseño). Un menor uso del vehículo –aprovechando por ejemplo la bicicleta- así como una adecuación de la actividad al ciclo solar y un aumento de la producción eólica (dentro de los márgenes existentes) permitirían el mejor de los escenarios: el aporte de los dos aerogeneradores (junto al diseño arquitectónico, el coche compartido y la gestión activa del usuario) de la energía suficiente para la movilidad y la iluminación global: el camino hacia una arquitectura autosuficiente.

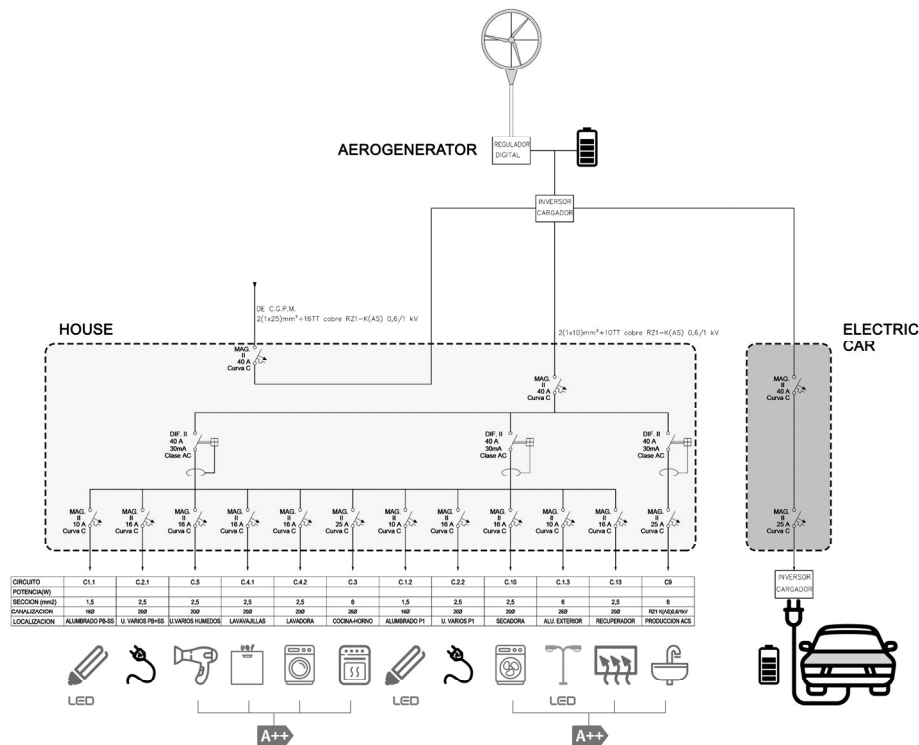


Figura 3. Esquema unifilar

## CONCLUSIONES

Queda mucho camino por recorrer. El partenariado público-privado en este y otros tipos de iniciativas se antoja urgente y necesario: la administración debe favorecer, apoyar e incentivar iniciativas donde prima la ciudad y sus habitantes como organismo, es más, debe impulsarlas en la medida de sus posibilidades, dejando de actuar por un lado como una oficina inflexible para la normativa local (a menudo superada por las nuevas exigencias sociales y medioambientales), y por otro como una sucursal recaudadora de impuestos (ahora mermados) para convertirse en una verdadera agencia facilitadora e impulsora de instrumentos de transformación económica, social, urbana y medioambiental. La escala local es el ámbito natural para la puesta en práctica de este tipo de proyectos (ver ejemplo de Santander o Vitoria).

En cuanto al marco legal, la aprobación del Real Decreto 900/2015 de Autoconsumo no ayuda ni favorece la instalación de dispositivos de aprovechamiento de fuentes de energía renovable, asignando cargas económicas asociadas a los costes del sistema (artículo 17) y por otros servicios del sistema, el famoso peaje de respaldo (artículo 18). No parece que el marco legislativo sea el más adecuado para dar cumplimiento a las directrices que desde Europa se han establecido en torno al autoconsumo o el balance neto en el horizonte –ahora cercano- de 2020. Por otro lado, las normativas municipales en muchos casos no contemplan la instalación de estos dispositivos, generándose una situación *alegal* que desemboca en la interpretación y (buena) voluntad de los técnicos municipales. Solo el empeño individual de una propiedad militante con sus ideas, en este caso representada por Bristaun, así como el equipo técnico liderado por MADC Arquitectos, que durante cinco años han trabajado colectivamente en esta pequeña iniciativa, ha conseguido sacar adelante esta pequeña experiencia de gestión urbana con la esperanza y el convencimiento de que los procesos mejorarán en protocolos más justos, las normas cambiarán –la única ley inmutable es la ley del cambio- y finalmente ciudadanía, arquitectura y energías renovables podrán sellar un pacto inclusivo, ambicioso y duradero con el interés común como objetivo de todas y cada una de las pequeñas acciones que configuran la ciudad y nuestro estilo de vida.

# PRESENTACIÓN DE ESTUDIO PARA CONSTRUIR UN TALLER DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA POSITIVA EN I.E.S. GRAN VÍA DE ALICANTE

**Fco. José Serra Otero, José Manuel Escribano, Miguel Ángel Padilla Sáez, Antonio Riquelme, Manuel Abelláneda Larios, Carlos Clemente, Enrique Ceres, Daniel Pomares Oliver & M<sup>a</sup> Ángeles Rubio Sánchez**

Docentes, Consellería de Educación, Investigación, Cultura y Deporte/I.E.S. Gran Vía de Alicante

**Resumen:** En el IES Gran Vía de Alicante existen dos familias profesionales, la de Edificación y Obra Civil y la de Instalaciones y Mantenimiento, para el curso 2016/17 se ha solicitado impartir el Ciclo superior de Energías Renovables, de la familia energía y agua. En este sentido se hace una propuesta de edificio (taller sostenible energéticamente) a este III Congreso de Energía Casi Nula, (incluso de Energía Positiva). El estudio trata sobre la construcción de un taller, con las instalaciones necesarias, para poder alcanzar este objetivo. Con esto se pretende sentar las bases de nuevas propuestas de Formación profesional que creemos imprescindibles aplicar a: la eficiencia energética, las energías renovables, la rehabilitación constructiva y energética y la sostenibilidad y nos comprometemos a seguir trabajando para convertir a nuestro instituto referencia de la Formación profesional en este entusiasmante e innovador campo.

**Palabras clave:** Construcción, Formación Profesional, Ciclo Formativo, Renovables, Instalaciones

## INTRODUCCIÓN

La concesión del ciclo superior de energías renovables por parte de Consellería de Educación, sería un salto cuantitativo y cualitativo en el centro educativo, actualmente este cuenta con diferentes ciclos formativos en los que se trata con los alumnos aspectos relacionados con la eficiencia energéticas y las energías renovables, pero la implantación del nuevo ciclo aumentaría las horas dedicadas a esta temática, ampliando el desarrollo curricular en los módulos formativos.

En respuesta a esta demanda formativa se pretende construir un taller sostenible energéticamente hablando, y conseguir incluso, energía positiva. Para ello las dos familias profesionales del centro se han unido para conseguir realizar este proyecto.

En los siguientes apartados se indican los detalles del proyecto a ejecutar, así como sus características principales, haciendo hincapié en las soluciones propuestas para conseguir el objetivo y que se basarán en cuatro puntos clave:

- Diseño bioclimático
- La eficiencia energética
- La gestión energética
- Las energías renovables incluyendo distintos sistemas de almacenamiento de las mismas

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y METODOLOGÍA

El instituto está situado en Alicante, en la C/Alonso Cano, 8 está formado por dos edificios unidos interiormente mediante pasarelas y zona de talleres.



Figura 1. Vista IES Gran Vía (Fuente Google Maps)

Existe una zona, actualmente utilizada como huerto, cuya orientación y espacios es ideal para la construcción del proyecto previsto ejecutar. En la siguiente fotografía se puede apreciar esta zona con mayor definición.



Figura 2. Zona construcción taller (Fuente Google Maps)

La superficie de esta zona es de 280 m<sup>2</sup> y la orientación de la fachada principal será sur.

Como se indicaba en la introducción, para conseguir el objetivo de energía nula e incluso positiva se ha trabajado sobre los cuatro puntos mencionados en párrafos anteriores, estos se desarrollan a continuación:

## Diseño bioclimático

Con el diseño bioclimático se pretende que el taller tenga unas condiciones interiores que repercutan directamente en las instalaciones (climatización, calefacción, producción de ACS, iluminación, etc), es decir que ese diseño haga que la energía consumida en la generación de estos procesos sea mínima. Para ello las características del taller serán las siguientes:

- Superficie: 280 m<sup>2</sup>, cubierta transitable
- Ancho x largo x alto = 14 x 20 x 3,5 m

- Fachada: Panel sándwich de 100 mm de espesor; compuesto por 3 capas, las dos exteriores son unas chapas metálicas de espesor entre 0,4 y 0,6 mm y el núcleo aislante de poliuretano expandido de densidad 40 kg/m<sup>3</sup>. Las chapas metálicas exteriores presentan una pequeña ondulación para dotarle de planeidad y evitar la formación de bolsas o burbujas de aire
- Carga de nieve 25 kg/m<sup>2</sup> / Pendiente cubierta 25% / Carga de viento 57 kg/m<sup>2</sup> / altura hastial 1,75 m / Separación pórticos 6,67 m / altura cumbre 5,25 m

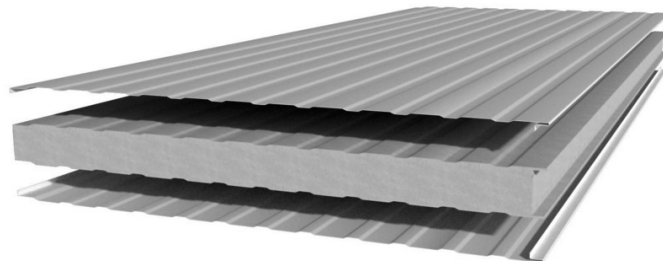


Figura 3. Panel sándwich

Se tiene previsto que la cubierta, será pisable, para instalar equipos y poder realizar prácticas y tendrá zonas verdes en las zonas libres e incluso jardín vertical en uno de los laterales.

## La eficiencia energética

Las instalaciones previstas son:

- Calefacción
- Climatización
- Ventilación
- Producción de ACS
- Electricidad e iluminación
- Solar térmica
- Solar fotovoltaica
- Minieólica
- Recuperación de agua de lluvia desde la cubierta en depósito enterrado
- Distintos sistemas de almacenamiento de la energía

Para ello los sistemas que se han seleccionado, siguiendo siempre la premisa de la eficiencia energética han sido.

Calefacción mediante un sistema radiante a baja temperatura de la marca Polytherm, este sistema trabaja con entrada de agua a 35 – 40 °C y un salto térmico de 5 – 8 °C, lo que lo hace óptimo para la producción de calor que se realizará mediante un sistema de aerotermia de la marca Panasonic. Este equipo es bomba de calor por lo que se podría utilizar para las temporadas de verano utilizando el sistema radiante como refrescante, en el proyecto actual no se ha tenido en cuenta este aspecto por lo que no se desarrolla en este artículo todo el control necesario para evitar condensaciones, etc.

Para la producción de ACS se utilizarán colectores solares térmicos, el sistema de apoyo se realizará mediante el equipo de aerotermia. También se instalará un acumulador de agua de 75 litros. En el futuro se tiene previsto instalar un equipo de microgeneración para calefacción y ACS y también generación eléctrica podría ser un modelo Baxiroca o Dash a GN o incluso un modelo de biomasa. También está prevista una preinstalación vertical para una futura instalación geotérmica.

La ventilación contará con un recuperador de calor de doble flujo de alta eficiencia de la marca Alder venticontrol con rendimiento de hasta un 90%, lo que disminuirá la carga térmica debida a la ventilación del taller. La circulación forzada garantizará la calidad del aire interior mediante sensores.



Figura 4. Recuperador aire extracción (fuente alderventicontrol)

Por último, la electricidad se generará mediante paneles fotovoltaicos para inyección a red y con una instalación híbrida aislada con apoyo minieólica. La iluminación se realizará mediante tecnología LED.

El funcionamiento será en autoconsumo (con y sin acumulación), con y sin inyección a red, para poder estudiar los dos casos. También se habilitará un punto de recarga junto al parking del instituto para posibles vehículos eléctricos de miembros de la comunidad escolar en la híbrida.

En el campo de las energías renovables se tiene previsto realizar convenios de colaboración con empresas de la zona como Bornay, Solaico, Eurener, ICOM, Eurocasa, Atersa, Planta termosolar de Villena FCC, etc. También con la Agencia provincial de Alicante de la energía, entre otros muchos organismos.

## La gestión energética

Uno de los aspectos de mayor importancia es la gestión de todos los componentes que integran las instalaciones, para ello se instalará un sistema de control y regulación centralizado de la marca Schneider, se integrará el sistema la instalación de energía solar térmica, el equipo de aerotermia, y el sistema fotovoltaico.

Se pretende, además de regular y controlar las instalaciones, realizar un seguimiento de los consumos de los equipos y de los parámetros de mayor importancia. Para ello se instalarán los siguientes elementos:

- Pasarelas de comunicación entre equipos y control centralizado
- Instalación de analizador de redes para parámetros eléctricos
- Control de temperatura de aire y agua mediante sondas
- Presostatos diferenciales de aire para filtros del recuperador
- Sensores de presencia para control de iluminación
- Sensores de O<sub>2</sub> para control de la ventilación en función del número de personas en el taller

Se implantará un sistema de monitorización de consumos accesible vía web, para que pueda analizarse el consumo y adoptar medidas de ahorro, eficiencia y optimización en tiempo real. Así mismo, se establecerán alarmas técnicas que permitan avisar al usuario de comportamientos anormales del

consumo de la instalación, pudiendo detectar dichas desviaciones y corregirlas antes de que causen un grave perjuicio económico.

Se instalará un PM710 de la gama de PowrLogic para medida de rango medio de Schneider en el cuadro principal del taller.

El sistema PowerLogic ayuda a controlar el coste, la calidad y la fiabilidad de la energía eléctrica. Se puede determinar dónde existe un exceso de capacidad, identificar equipos sobrecargados y equilibrar cargas en subestaciones, cuadros de distribución y otros equipos eléctricos.



Figura 5. Equipo PM710

Todo el sistema de control contará con servidor web, por lo que todos los parámetros se podrán seguir vía internet.

## Las energías renovables

Las energías renovables utilizar son la solar, tanto para el ACS como en la generación de electricidad, la aerotermia (con preinstalación vertical de geotermia) y la minieólica. Como se ha comentado en el futuro se instalará un sistema de microgeneración.

Se incluyen varios sistemas de estudio de almacenamiento de excedentes de las energías renovables, además de la acumulación en acumuladores. En primer lugar, trabajaremos con supercondensadores, y colaborar con Graphenano. Por ejemplo un depósito de aire comprimido con pequeño alternador de aire comprimido; depósito de agua en altura (por bombeo solar desde un deposito enterrado de agua de lluvia recuperada de la Cubierta) con conducción y microalternador Pelton de 300W. Estudio de una célula de combustible AJUSA de 1KW y uso del hidrógeno como vector energético y estudiar posibles aplicaciones para generar electricidad, para usos cotidianos.

## RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

Se han realizado diferentes estudios en el taller, el primero ha sido las necesidades de las instalaciones que formaran parte del taller, y una vez calculadas y seleccionados los equipos y materiales se ha realizado el balance energético de la instalación, tanto del lado de las emisiones de CO2 como de la diferencia entre los consumido y lo producido mediante energías renovables. La parte más importante, en nuestro caso, es el poder adaptar estas instalaciones y equipos a la docencia, por lo que el objetivo principal de esta construcción es que el I.E.S Gran Vía tenga un taller adaptado y equipado para poder desarrollar el currículo de ciclo de grado superior de Energías Renovables, además servirá para completar ciertos aspectos en los ciclos que ya se imparten en el centro, tales como:

- Ciclo medio de Instalaciones frigoríficas y climatización
- Ciclo medio de Instalaciones de producción de calor
- Ciclo superior Mantenimiento de instalaciones térmicas y fluidos
- Ciclo superior Proyecto de Edificación

- Ciclo Superior Proyecto de obra Civil
- Ciclo Medio Obras de Interior y Rehabilitación

Para poder desarrollar todo lo indicado en los puntos anteriores a la labor docente, la distribución de las instalaciones se realizará mediante boxes, realizando las instalaciones interiores (suelo radiante, distribución de ACS, etc.) de forma individualizada en cada uno de ellos. Las producciones de calor, ACS, electricidad, etc., se realizarán en zonas delimitadas a cada una de ellas, de esta forma se consigue que los distintos grupos de alumnos puedan trabajar de forma independiente.

Las tomas de datos también se realizan de forma independiente en cada box, aunque el control centralizado se realiza en una zona destinada para estos trabajos.

## CONCLUSIONES

Con la construcción del taller y las instalaciones que lo integran cumplimos con los objetivos fijados para poder impartir las clases de taller en unas condiciones que aseguren el cumplimiento de los currículos de los distintos ciclos formativos que se imparten en el centro, además se cumple con el objetivo de edificio de consumo nulo.

## REFERENCIAS

- Currículm ciclo formativo energías renovables. Consellería de Educación y Ciencia Comunidad Valenciana.
- Currículm ciclo formativo Instalaciones frigoríficas y climatización. Consellería de educación y ciencia Comunidad Valenciana
- Currículm ciclo formativo Instalaciones de producción de calor. Consellería de educación y ciencia Comunidad Valenciana
- Currículm ciclo formativo Mantenimiento de instalaciones térmicas y fluidos. Consellería de educación y ciencia Comunidad Valenciana
- Documentación técnica AlderVenticontrol
- Documentación técnica Panasonic, Daikin, Ariston, Vaillant, Saunier Duval
- Documentación técnica Schneider electric
- Documentación técnica Circutor
- Documentación técnica aerogenerador Bornay de 1,5KW y equipos de regulación
- Documentación técnica Célula de combustible AJUSA 1Kw
- Documentación técnica equipos e Inversores fotovoltaica SMA, Solener, Steka, ABB, Victron
- Documentación técnica fotovoltaicos Solaico, GM, Artesa, Eurener
- Documentación técnica REPSOL, Ferroli, Junkers, Fagor
- Documentación técnica paneles y equipos solares térmicos Termicol, Saclima y Orkli.
- Documentación técnica Caldia, Watts. Potermicetc
- Documentación técnica sistemas demóticos KNX España: como Schneider, Siemens, etc.
- Documentación técnica BaxiRoca y Dash
- Documentación técnica Eurocasa
- Documentación Técnica Atecyr
- Documentación técnica IDAE



## EL EDIFICIO CINE: HACIA UN ENTORNO DE ENERGÍA CERO

**Rubén Cereijo González**, Responsable de Servicios Energéticos, Norvento

**Fernando Barreiro Ferro**, Servicios Energéticos, Norvento

**Daniel Blanco Moa**, Servicios Energéticos, Norvento

**Resumen:** El edificio Cine es un complejo industrial y de oficinas que Norvento está construyendo en Lugo. Cuenta con una superficie de unos 4000 m<sup>2</sup> y con capacidad para 200 trabajadores. El edificio Cine estará físicamente desconectado de la red y la totalidad de sus necesidades energéticas se cubrirán con energías renovables, lo que lo convierte en un edificio de Energía Cero. Para ello cuenta con una microrred híbrida que incorpora distintas tecnologías de generación y de acumulación de energía. El concepto de sostenibilidad del Cine va más allá de lo estrictamente energético, e incluye aspectos como la gestión del agua o el bienestar de sus ocupantes. El Cine ha obtenido ya la certificación provisional BREEAM en grado de Excepcional durante su fase de proyecto.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Energías Renovables, Microrredes, Energía Cero, Sostenibilidad, BREEAM, Off-Grid, Acumulación de Energía

### INTRODUCCIÓN

El edificio Cine (Centro de Innovación Norvento Enerxía) es un complejo industrial y de oficinas de unos 4000 m<sup>2</sup> y con capacidad para 200 trabajadores que el grupo Norvento está actualmente construyendo en Lugo. Su puesta en funcionamiento tendrá lugar después del verano de 2016.

Este edificio estará físicamente desconectado de la red eléctrica y de gas. El 100% de sus necesidades energéticas –eléctricas y térmicas– se cubrirán con energías renovables, convirtiéndolo en un edificio de Energía Cero. El hecho de que un edificio de estas dimensiones y con unos requerimientos energéticos tan exigentes sea capaz de funcionar autoabasteciéndose con energías renovables y sin el respaldo de la red supone un hito en el desarrollo de los edificios sostenibles y lo convierten en un proyecto de referencia en este campo.



Figura 1. El edificio Cine

El funcionamiento aislado de la red será posible gracias a la implementación de una microrred con el mix óptimo de tecnologías de generación y acumulación, gestionadas por el sistema de control avanzado OG+, capaz de coordinar en tiempo real generación, acumulación y consumo.

El CIne se ha concebido además como una instalación de ensayo y demostración: en el futuro nuevas tecnologías de generación o acumulación podrán ser fácilmente integradas en la microrred para ser probadas y validadas en un entorno real, sustituyendo o complementando a las tecnologías preexistentes. Así, el CIne será una instalación dinámica, capaz de evolucionar a lo largo del tiempo para reflejar el desarrollo tecnológico.

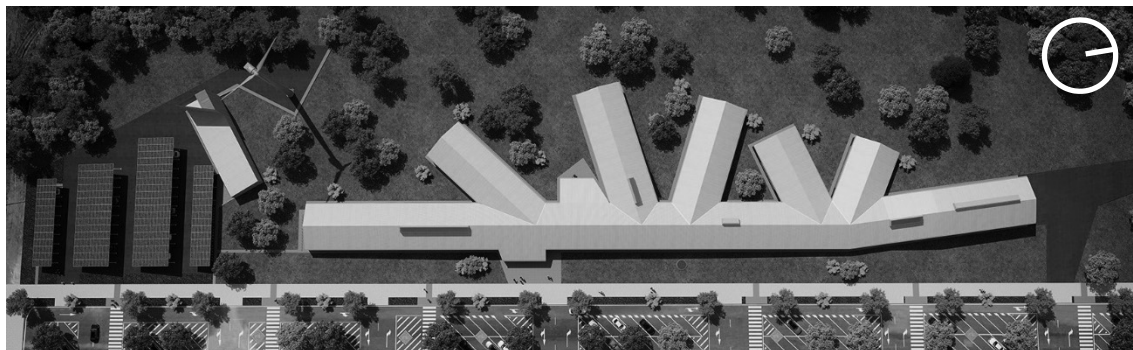
El concepto de sostenibilidad del CIne va más allá de lo estrictamente energético. Durante el proceso de diseño y desarrollo del proyecto se han tenido muy en cuenta aspectos como el bienestar de sus ocupantes, la gestión del agua o el ciclo de vida de los materiales empleados. Como reflejo de este compromiso el edificio CIne se encuentra en proceso de certificación según el estándar de sostenibilidad BREEAM, habiendo alcanzado ya el grado de Excepcional durante su fase de proyecto.

El edificio CIne es la demostración de que las energías renovables tienen la capacidad y madurez tecnológica suficiente para dar respuesta a las demandas energéticas de consumidores complejos de escala industrial en un modelo de generación distribuida.

## EL PROYECTO

### Presentación y planteamiento

Norvento es un grupo gallego con más de treinta años de experiencia en la promoción, desarrollo, ingeniería y explotación de proyectos de energías renovables y eficiencia energética. Actualmente está en pleno proceso de construcción de su edificio CIne en el Parque Empresarial de As Gándaras, en Lugo. En él, Norvento concentrará toda su actividad tecnológica y de desarrollo de negocio, que hasta el momento está diseminada en varias sedes.



*Figura 2. Disposición en planta del edificio CIne*

El CIne es una construcción de planta baja, de unos 4000 m<sup>2</sup> de superficie y capacidad para 200 trabajadores, en una parcela de unos 20.000 m<sup>2</sup> con orientación N-S. Dispone de una edificación auxiliar de 230 m<sup>2</sup> —el edificio de instalaciones— donde se concentran la mayor parte de instalaciones técnicas del edificio, y especialmente aquéllas relacionadas con su autoabastecimiento energético.

Con el diseño arquitectónico del CIne, obra del arquitecto Franciso Mangado, se ha buscado crear un entorno de trabajo acogedor, muy integrado con su entorno y en el seno de un edificio estéticamente atractivo, pero amable y cómodo para sus ocupantes.

Todos los aspectos energéticos del proyecto han sido concebidos, diseñados y desarrollados por Norvento, que también ha llevado a cabo la dirección de obra y project management.

Además, como futura sede corporativa, durante este proceso se ha tenido muy presente su valor como instrumento para la transmisión de los valores y la cultura corporativa de Norvento. El reflejo de dichos valores se manifiesta en el compromiso del proyecto con la sostenibilidad, la eficiencia energética y las energías renovables.



Figura 3. Vistas de la fachada exterior y del interior de uno de los módulos del edificio

## Demanda energética

El primer paso para desarrollar un edificio sostenible es minimizar la demanda energética. Las actuaciones que en ese sentido se han implementado en el edificio CIne son las mostradas en la Tabla I.

#	Actuaciones sobre la demanda
1	Orientación: Se ha diseñado la forma del edificio para maximizar la exposición al sur, teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por la forma de la parcela.
2	Ventanas y lucernarios: Las numerosas ventanas y lucernarios se han diseñado para maximizar el aporte de luz solar natural eliminando el riesgo de deslumbramiento. Los vidrios y carpintería empleados son de bajo factor solar y con rotura de puente térmico para mantener al mínimo las pérdidas de energía, reduciéndose un 40% la conductividad térmica de los elementos.
3	Sistemas de iluminación: Toda la iluminación artificial del edificio está formada por luminarias LED. Además, se dispone de un sistema de control de iluminación que permite maximizar el aprovechamiento de la luz natural.
4	Recuperación de calor: Se han implementado sistemas de recuperación de calor que permiten recuperar hasta un 20% de la carga térmica del aire de ventilación y hasta un 35% de la energía utilizada para el acondicionamiento de la sala de servidores.
5	Sistemas de aislamiento Los cerramientos se han diseñado para minimizar las pérdidas de energía, poniendo especial cuidado en el dimensionamiento de las capas de aislamiento. Se ha conseguido una reducción en la conductividad térmica del 35% en la cubierta y del 70% en la fachada. Además, y como se explica en el apartado correspondiente, la solución de fachada se ha realizado en madera de eucalipto, que ofrece mejor comportamiento térmico que otras soluciones alternativas.

Tabla I. Actuaciones para minimizar la demanda

Para dimensionar adecuadamente los sistemas de generación y acumulación se llevó a cabo una detallada simulación informática, modelizando en un software de elementos finitos las soluciones constructivas implementadas, las condiciones climáticas históricas y el régimen de uso previsto para el edificio. Como conclusión, se elaboró un perfil horario tipo de demanda, según muestra la Figura 4.

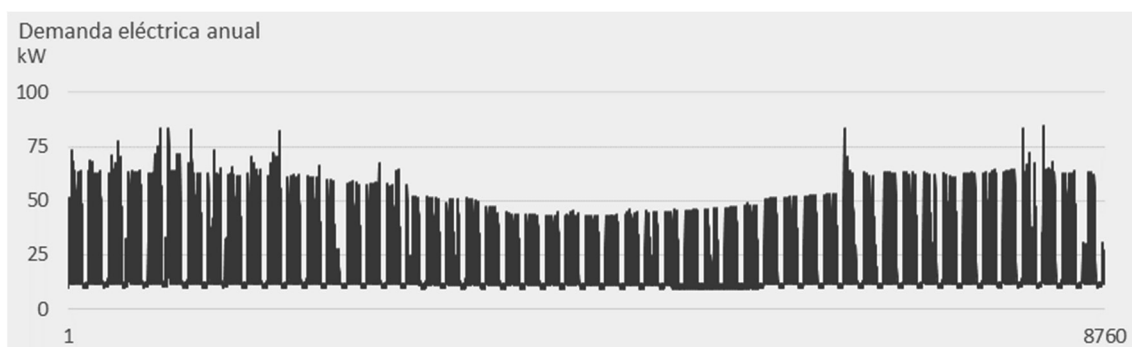


Figura 4. Demanda eléctrica anual

## Recursos renovables disponibles

Para cuantificar los recursos renovables disponibles en el emplazamiento se instaló durante más de dos años una torre anemométrica de 36 m de altura equipada con anemómetros y un piranómetro. Los datos recopilados durante el periodo de medida permitieron contrastar y validar los datos proporcionados por las bases de datos existentes. Como conclusión se ha elaborado un perfil horario de recurso eólico y fotovoltaico para varios años tipo. La Figura 5 muestra el perfil agregado de producción eólica y fotovoltaica. También se realizó un test de respuesta térmica del terreno, con resultado muy favorable.

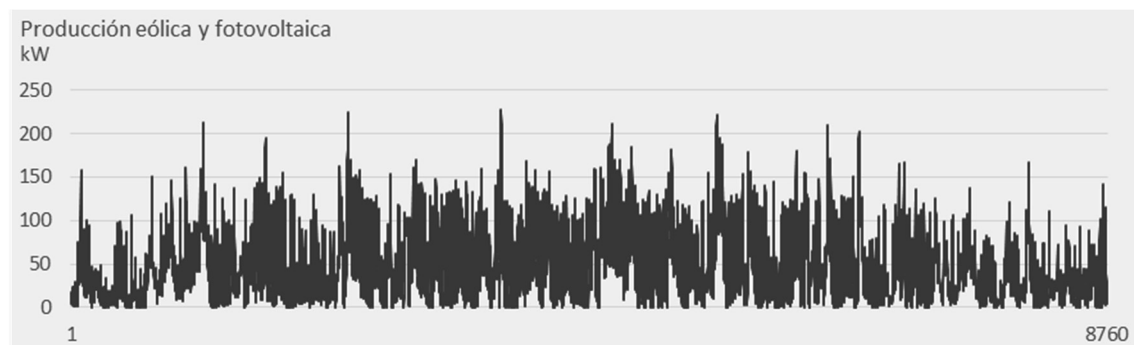


Figura 5. Producción agregada eólica y fotovoltaica

## Sistemas de generación y acumulación

A partir de las curvas tipo de demanda y de recursos disponibles se dimensionaron los sistemas de generación y acumulación de energía. En la Tabla II se muestran las distintas tecnologías implementadas.

#	Sistema
1	Energía eólica: Se cuenta con un aerogenerador nED100, de 100 kW. Es un aerogenerador desarrollado y fabricado por Norvento, especialmente diseñado para aplicaciones de generación distribuida y autoconsumo.
2	Energía fotovoltaica: Se han instalado 165 kWp en las cubiertas del aparcamiento.
3	Baterías: Se dispone de un sistema de acumulación eléctrica de baterías de litio de 350 kWh y 200 kW. La finalidad del sistema es maximizar el aprovechamiento de las energías renovables y mantener la regulación de tensión y frecuencia de la microrred.
4	Energía geotérmica: La climatización –calor y refrescamiento– del edificio se realiza a través de un sistema de suelo radiante, alimentado por dos bombas de calor geotérmicas de 52 kWt cada una.
5	Acumulación térmica: Se dispone de un sistema de acumulación térmica por agua, formado por dos depósitos de agua caliente de 20 m <sup>3</sup> a 90 °C y un depósito de agua fría de 5 m <sup>3</sup> a 12 °C. Los depósitos de agua caliente están equipados con 50 kW de resistencias eléctricas que permiten acumular en forma de calor la energía eléctrica excedente.
6	Biodiésel: Se cuenta con un sistema de cogeneración de 50 kWe y 90 kWt para apoyo del sistema de climatización, más un sistema de respaldo de 120 kWe.
7	Vehículo eléctrico: La instalación estará equipada con cinco estaciones de carga de vehículos eléctricos, con posibilidad de ampliar en el futuro hasta veintiocho unidades. Estas estaciones están disponibles en el aparcamiento para los usuarios del edificio y la propia flota de vehículos de la empresa.
8	Sistema de control de la microrred: La instalación dispondrá del sistema de control avanzado OG+, que permitirá coordinar en tiempo real generación, acumulación y consumo.

Tabla II. Explicación de las principales soluciones de sostenibilidad energética implementadas en el CIne

## Otras actuaciones de sostenibilidad

Aparte de las actuaciones de sostenibilidad energética expuestas a lo largo de los apartados anteriores, en el CIne se ha implementado una serie de actuaciones en sostenibilidad no energética. Algunas de las más representativas se muestran en la Tabla III.

#	Actuación
1	Aprovechamiento de agua de lluvia y aguas grises: El edificio CIne está equipado con un sistema de recolección de agua de lluvia y reutilización de aguas grises, capaz de cubrir toda la demanda de descarga de los inodoros, que asciende al 55% de la demanda total del edificio.
2	Fachada de madera: Para el edificio CIne se ha desarrollado, en colaboración con el Centro Tecnológico CIS Madeira, una fachada de madera de eucalipto. Galicia es uno de los mayores productores de eucalipto del mundo, y este proyecto ha supuesto una oportunidad para poner en valor esta madera local, empleándola en una nueva aplicación de alta exigencia funcional y alto valor añadido.

Tabla III. Actuaciones de sostenibilidad no energética

## RESULTADOS

Como resultado de la implementación de las actuaciones expuestas a lo largo de este documento se ha logrado que el edificio CIne sea capaz de cubrir toda su demanda energética con energías renovables. En la Figura 6 se muestra un esquema de los flujos de energía previstos.

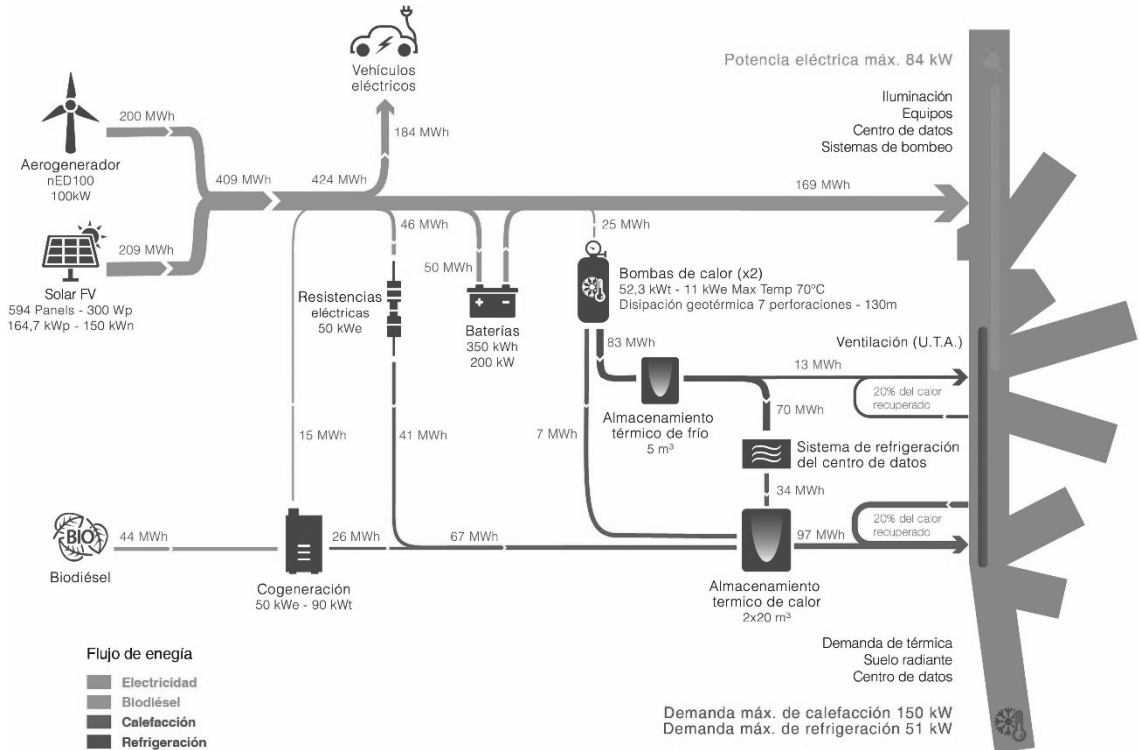


Figura 6. Flujos de energía en el edificio CIne

La Figura 7 muestra el balance energético de los distintos elementos de la instalación en una semana cualquiera de un año tipo. La gráfica permite apreciar el equilibrio entre las aportaciones de los sistemas de generación, la demanda y los sistemas de acumulación.

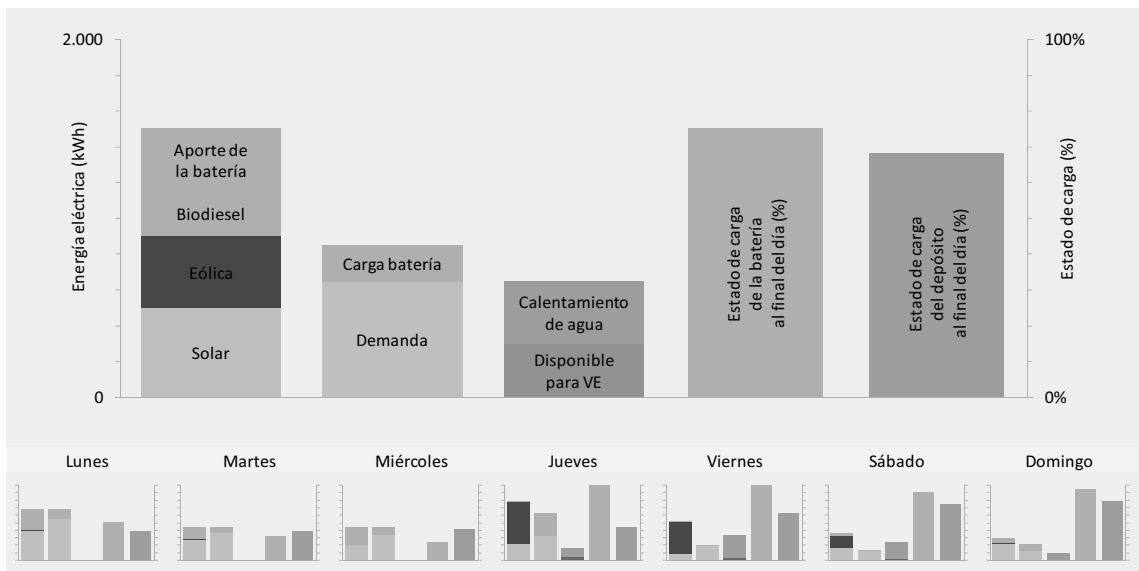


Figura 7. Balance energético de una semana tipo

Como se puede ver en la Figura 8, las actuaciones de limitación de demanda implementadas en el edificio CIne lo llevan más allá de los requerimientos establecidos por el estándar Passivhaus. Además, toda la demanda energética del edificio se cubre con energías renovables, lo que significa el ahorro de más de 160 toneladas de gases de efecto invernadero al año. El sistema de carga de vehículos eléctricos permitirá cubrir más del 90% de las necesidades energéticas de la flota de la empresa.

Aparte de estos resultados sobre la sostenibilidad energética del proyecto, los sistemas de recogida de agua de lluvia y reciclaje de aguas grises permiten cubrir la totalidad de la demanda de agua de descarga para inodoros.

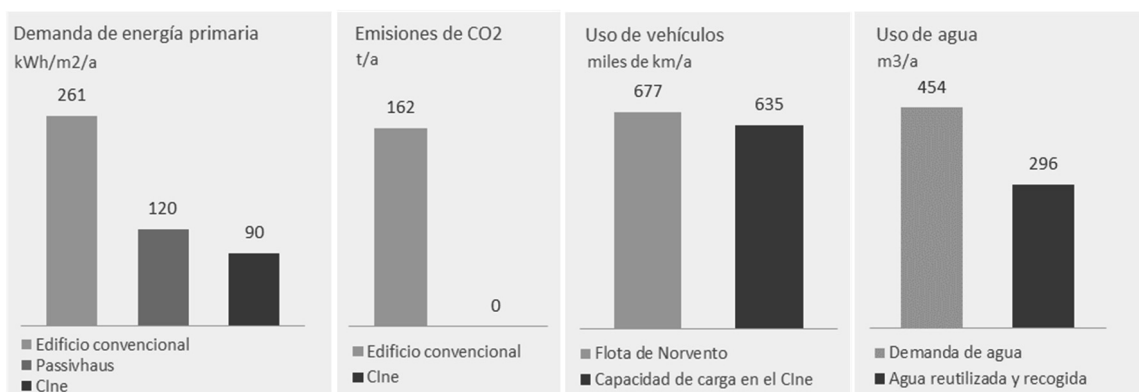


Figura 8. Algunos parámetros de sostenibilidad del edificio CIne

El edificio CIne ha conseguido ya la certificación provisional BREEAM en grado de Excepcional durante su etapa de proyecto y aspira a conseguir la definitiva.

## RECONOCIMIENTOS

El proyecto OG+ ha sido subvencionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y ha contado con el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad en el programa Innterconecta. Norvento colabora en ese proyecto con las empresas Genesal Energy, Elinsa e Isotrol.

Durante el proceso de certificación BREEAM Norvento ha contado con el asesoramiento de Exeleria.

# PANELES SOLARES HÍBRIDOS DE SEGUNDA GENERACIÓN, MÁS ENERGÍA SOLAR CON MENOS SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

**Isabel Guedea**, CEO-Directora General, EndeF Engineering

**Alejandro del Amo**, CTO-Director Técnico, EndeF Engineering

**Montserrat Dominguez**, Responsable de Marketing y Comunicación, EndeF Engineering

**Gonzalo Brun**, COO-Director de Operaciones, EndeF Engineering

**Resumen:** Los paneles solares híbridos producen electricidad y calor. Estos paneles presentan una desventaja, el bajo rendimiento térmico (debido a las elevadas pérdidas de calor existentes). A lo largo de este ensayo, se ofrecen diversas formas aumentar considerablemente la eficiencia térmica, aportando una solución final óptima, denominada Cubierta Transparente Aislante (CTA) con gas neutro. Con la aplicación de esta cubierta se evita que haya pérdidas de calor al ambiente y se logra un aumento del rendimiento térmico de panel híbrido mediante un gas inherente. El panel solar híbrido con CTA y gas neutro presenta una serie de ventajas competitivas para el mercado únicas.

**Palabras clave:** Panel Solar Híbrido, Electricidad y Calor, Cubierta Transparente Aislante

## INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES

Desde el comienzo del desarrollo de la tecnología solar, se han diferenciado dos tipologías de paneles: los módulos fotovoltaicos que generan electricidad y los colectores térmicos que calientan agua. De la combinación ambas tecnologías surgen los paneles híbridos. Se entiende por panel solar híbrido al panel solar que es capaz de transformar la irradiación solar en electricidad y calor de forma simultánea, y que superpone ambas tecnologías en un mismo panel. El panel híbrido es comúnmente conocido como PVT, de sus siglas en inglés (Photovoltaic/Thermal). A su versión

de concentración se le denomina CPVT (Concentrating Photovoltaic/Thermal), y cuando se utiliza para integración arquitectónica, se denomina BIPVT (Building Integrated Photovoltaic/Thermal).

Desde una perspectiva global, el incremento sustancial del precio del petróleo potenció que su desarrollo se produjese en la década de los 70. Sin embargo, su desarrollo está motivado por tres conceptos diferentes que convergen hacia esta misma solución tecnológica. Por un lado, se perseguía conseguir mayores ahorros económicos mediante la integración solar en los edificios, ya que el aporte fotovoltaico tenía un rendimiento muy bajo. Por otro lado, los sistemas autónomos en los que el sistema de ventilación pudiese ser abastecido con placas fotovoltaicas, conllevó el aprovechamiento de este calor residual. Y por último, se trató de mejorar el rendimiento eléctrico a partir del efecto refrigerador que tiene el aprovechamiento del calor. Estos tres conceptos caminaban hacia un mismo objetivo, los paneles híbridos.

Analizando con mayor profundidad el concepto del que parte la tecnología híbrida, toda la irradiación incidente, un 5% es reflejado, entorno a un 15% es convertido en electricidad y el 80% restante, es disipado al ambiente en forma de calor. De toda la irradiación absorbida, la proporción que se convierte en electricidad no siempre es del 15%, sino que depende de la tecnología de célula utilizada, siendo desde un 5%, para silicio amorfo, hasta un 52% conseguido recientemente en células multicapa utilizadas en concentración. Este calor que, en un módulo fotovoltaico es disipado al ambiente, puede ser aprovechado para otras aplicaciones mediante diferentes sistemas de intercambio de calor, fluidos, geometrías, etc.

Esta tecnología híbrida presenta importantes ventajas como: reducción de la superficie necesaria para generar la misma energía que paneles térmicos y fotovoltaicos por separado, la valorización de los dos recursos generados consigue menores periodos de amortización, importantes rendimientos, tecnología

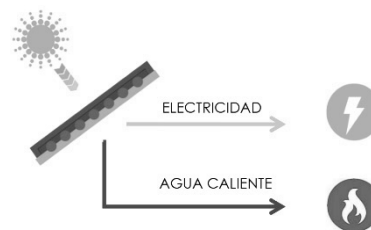


Figura 1. Panel solar híbrido – PVT

limpia, no produce ruidos, reduce más emisiones que el resto de tecnologías solares por separado, bajo mantenimiento, etc. Pero, sin embargo, también presenta desventajas que tienen que ser resueltas como: refrigeración no uniforme del módulo fotovoltaico, tecnología incipiente y por lo tanto necesita maduración, una reducción en sus costes, mejorar su integración arquitectónica y un mal dimensionamiento o mantenimiento puede tener problemas de sobrecalentamiento en los meses de verano en climas cálidos, etc.

## Eficiencia térmica y eléctrica de las diferentes tipologías

En la fase de diseño de instalaciones híbridas, dependiendo de las demandas existentes (electricidad y calor), se debe seleccionar la tipología de captadores a utilizar. Para ello, existen dos parámetros que definen la relación de calor y electricidad que genera cada captador. Así, la relación entre la energía eléctrica generada y la irradiación disponible (o rendimiento eléctrico,  $\alpha_w$ ) se representa en el eje de las ordenadas y la relación entre el calor generado y la irradiación (o rendimiento térmico,  $\alpha_t$ ) se representa en las abscisas.

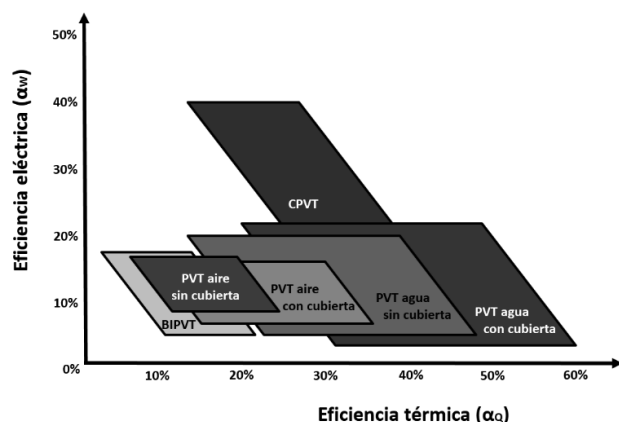


Figura 2. Relación de la fracción de energía eléctrica y térmica de cada tipología de captador

En este mapa de tipologías sólo se han representado las tipologías más generales. Cuando se analiza el funcionamiento de estos paneles se observan principalmente dos limitaciones: el escaso rendimiento fotovoltaico (limitado por los avances que va sufriendo dicha tecnología) y el bajo rendimiento térmico (debido a las elevadas pérdidas de calor existentes). En este segundo problema coinciden todas las revisiones bibliográficas revisadas en este trabajo. Por ello, este desarrollo trata de aportar diferentes soluciones que se podrían unificar en lo que se ha denominado *Cubierta Transparente y Aislante* (CTA).

En este mapa de tipologías sólo se han representado las tipologías más generales. Cuando se analiza el funcionamiento de estos paneles se observan principalmente dos limitaciones: el escaso rendimiento fotovoltaico (limitado por los avances que va sufriendo dicha tecnología) y el bajo rendimiento térmico (debido a las elevadas pérdidas de calor existentes). En este segundo problema coinciden todas las revisiones bibliográficas revisadas en este trabajo. Por ello, este desarrollo trata de aportar diferentes soluciones que se podrían unificar en lo que se ha denominado *Cubierta Transparente y Aislante* (CTA).

## Segmentos de mercado de las diferentes tipologías

El informe realizado en 2007 por la Agencia Internacional de la Energía (IAE) en su Task 35 ofrece una perspectiva según las posibilidades que ofrecen los paneles híbridos, representado en la *Tabla I*:

	Coste del módulo	Fiabilidad	Mercado potencial	Integración en edificios	Economía del sistema	Estética
PVT liquido con vidrio			++	+	+	
PVT liquido sin vidrio		+	+	+	+	+
PVT aire con vidrio	+			+	+	
PVT aire sin vidrio	+	++		+	+	+
BIPVT aire	++	++		+	+	+
CPVT	+				+	

Tabla I. Perspectiva de la tecnología híbrida (fuente: IEA task 35)



Este estudio, además ofrece una relación entre los diferentes segmentos del mercado y cada una de las tipologías híbridas existentes, resumido en la Tabla II. En esta, los principales mercados futuros están representados con un +++, y los nichos de mercado ++ y +, según su relevancia.

Mercados	Tipo de Aplicación	PVT líquido con vidrio	PVT líquido sin vidrio	PVT líquido sin vidrio termodinámicos	PVT aire con vidrio	PVT aire sin vidrio	BIPVtaire	CPVT
Consumidores	Agua Caliente Sanitaria	+++						
	Calefacción	+		+++	+			
	Agua caliente colectiva	++						++ +
	Calefacción colectiva	++						+
	Piscinas		+++					
Terciario	Agua caliente colectiva	++						++
	Calefacción colectiva	+		+				+
	Calefacción oficinas	+		++	+++	+++	++ +	
	Refrigeración solar				+	+	++	++
	Piscinas públicas	++	++					
Agricultura	Secadero solar				+	+		
	Agua caliente	+	+					
Industria	Calor para procesos industriales	+	+					+
	Calor para calefacción industrial			+		+	+	
	Refrigeración solar							+

Tabla II. Principales mercados para cada tipología de panel híbrido (fuente: IEA task 35)

Según sus conclusiones los paneles híbridos son una tecnología prometedora con gran posibilidad de penetración en el mercado solar térmico, incluidas las aplicaciones de agua caliente sanitaria. Tiene especial importancia los mercados de edificios residenciales multivivienda debido a su escasa superficie disponible. A medio y largo plazo, tiene un gran potencial en calefacción solar en especial en casas de bajo consumo energético ya que pueden cubrir una gran parte de la energía consumida. A largo plazo, las aplicaciones más relevantes son la industria, agricultura y refrigeración solar. Para asegurar su

penetración en el mercado, según este informe del task 35 de la IEA, hay que mejorar la eficiencia, estandarización de normativas, rendimiento óptico, rendimiento térmico y su fiabilidad a largo plazo.

## DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN

Dentro de las diferentes tipologías existentes de paneles refrigerados por agua, PVT/w, y sus aislamientos posterior y frontal, se pueden clasificar en tres grupos:

- **PVT-0:** corresponde a un módulo fotovoltaico al cual se le adosa un recuperador de calor que no está aislado térmicamente del ambiente por su cara posterior. Este diseño está concebido para refrigerar al máximo las células fotovoltaicas no siendo interesante el calor recuperado. El objetivo de este modelo es maximizar la generación eléctrica mediante la refrigeración de las células. Un ejemplo de este modelo serían los módulos termodinámicos híbridos. Estos últimos, en vez de ser refrigerados por agua, lo hace mediante un refrigerante (como un ciclo de bomba de calor).
- **PVT-1:** corresponde a los paneles híbridos que tienen adosado un recuperador de calor por la cara posterior y a su vez está aislado térmicamente del ambiente. Su objetivo es aprovechar parte de calor pero para aplicaciones de baja temperatura, en climas cálidos u obtener un panel económico.
- **PVT-2:** corresponde con un PVT-1 al cual se le adosa una CTA que aísla térmicamente el panel también por la cara frontal. El objetivo de este diseño es aumentar la energía generada por unidad de superficie ya que se minimizan las pérdidas de calor al ambiente. Como ejemplo, se proponen cuatro soluciones que se estudiarán a continuación. A partir de este concepto surge lo que en este trabajo se define como “Cubierta Transparente y Aislante” (en adelante, CTA). Ésta consiste en añadir en la cara frontal del panel fotovoltaico una cámara que cumpla dos objetivos: evitar las

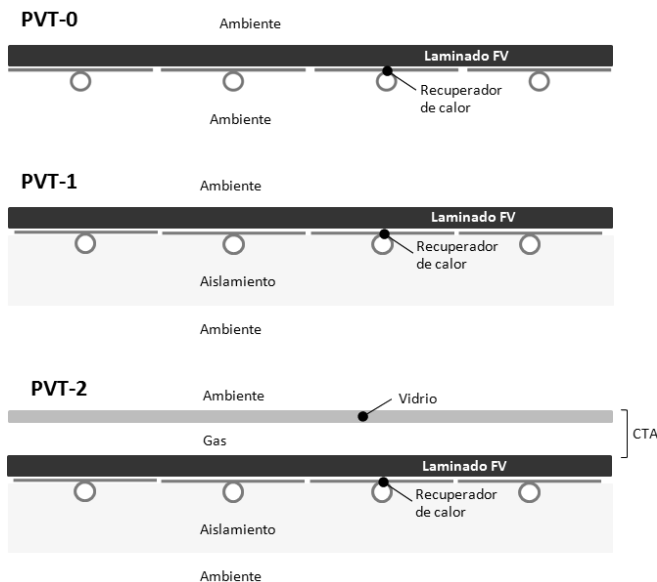


Figura 3. Clasificación de paneles PVT/w según su aislamiento

pérdidas de calor al ambiente que tiene el panel por esta cara y ser lo más transparente posible. De esta forma, el calor que no es disipado al ambiente es transferido al fluido que circula por el interior del recuperador, aumentando el rendimiento térmico del panel. Para evitar el sobrecalentamiento del panel, se aumenta el caudal de diseño adecuándolo al rango de temperaturas en el que se desea trabajar.

Esta cubierta puede tener diferentes características, y en este análisis se van a comparar 4 tipologías propuestas por los autores que se detallan a continuación:

- **CTA-Aire:** consiste en utilizar aire en la cámara comprendida entre el módulo FV y el cristal que está en contacto con el exterior
- **CTA-TIM:** Parte del diseño anterior de CTA-Aire, incluyendo una cámara TIM (Transparent Insulating material) en la cámara de aire. Este material consiste en pequeñas retículas cilíndricas de un material transparente, que tapadas por una de sus aperturas, impide el movimiento del aire en su interior creando una cámara aislante.
- **CTA-Vacío:** consiste en hacer el vacío en la cámara, utilizando unos separadores que impidan la reducción del espesor de la cámara.
- **CTA-GN:** parte igualmente del diseño de CTA-Aire, pero el aire de la cámara es sustituido por un gas inerte como el argón, xenón, criptón, etc.

A continuación se puede ver una sección constructiva de las cuatro tipologías de panel descrito, donde el panel fotovoltaico hace referencia al laminado (compuesto por: Tedlar, EVA, oblea fotovoltaica, EVA y cristal) y sobre él, se representa cada CTA.

## RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

El PVT-CTA-Vacío es la tipología que mejor comportamiento tiene de las estudiadas. Sin embargo, la mejora con respecto al Argón no es tan significativa como a priori parecería pensar. Esto se debe a que las pérdidas por convección se han conseguido reducir lo suficiente como para que las pérdidas por radiación sean las predominantes. Si lo comparamos con captadores de tubo de vacío, estos consiguen alcanzar valores de  $a_1$  de en torno a 1,7 W/m<sup>2</sup>K, y en el PVT-CTA-Vacío se llega hasta el 2.53 W/m<sup>2</sup>K. La diferencia entre ambas tecnologías se debe a que el nivel de vacío que se puede hacer es mucho mayor que en los planos.

De las tipologías analizadas en este apartado, el PVT-CTA-Vacío es el más complicado de fabricar y de garantizar las condiciones iniciales durante su vida útil. Adicionalmente, constructivamente tendría que disponer unos separadores que, en este estudio, no se ha analizado cómo influiría en la irradiación incidente sobre las células fotovoltaicas. Se pueden resumir todas las alternativas analizadas en la siguiente tabla:

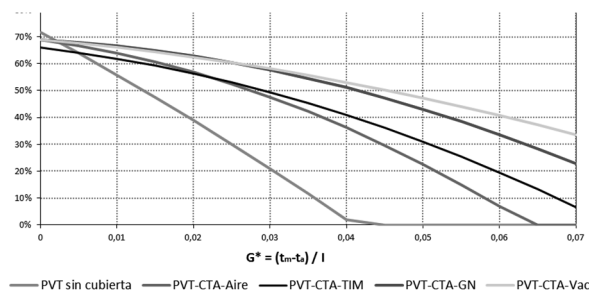


Figura 4. Comparativa de curvas de rendimientos térmicos para los paneles estudiados

	PVT-1	PVT-CTA-AIRE	PVT-CTA-TIM	PVT-CTA-GN	PVT-CTA-Vacío
$\eta_o$	0,72	0,69	0,66	0,69	0,69
$a_1$ (W/m <sup>2</sup> K)	15,32	3,9	3,34	2,59	2,53
$a_2$ (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,053	0,01	0,007	0,0376	0,012

Tabla III. Parámetros de la curva de rendimiento térmico del modelo teórico para diferentes PVT

## DISCUSIÓN

A partir de los datos se puede concluir que:

- El PVT-1 es el captador con mejor rendimiento óptico, pero rápidamente decrece su rendimiento conforme aumenta su temperatura de trabajo
  - El PVT-TIM tiene peor rendimiento óptico, pero mejora su parámetro  $a_1$  con respecto al PVT-CTA-Aire, lo cual significa que a partir de una  $G^*$  de 0,02 su rendimiento es superior.
- Con valores de rendimiento térmico superiores a estos casos analizados están el modelo que utiliza un gas neutro y el modelo que utiliza vacío. Aunque este último tiene mejores rendimientos, no son tan significativos comparados con la dificultad que exige su fabricación y garantía de estanqueidad durante su vida útil.

## CASO PRÁCTICO



En el caso de estudio tipo hotel se ha seleccionado el Hotel Azul, ubicado en Barcelona. El hotel dispone de 39 habitaciones con un total de 78 usuarios diarios. La ocupación de las habitaciones durante el año 2014 ha sido un 100%, y al haber habitaciones que no se han ocupado todas sus camas, la ocupación real sobre todos los usuarios 95%, es decir 74 usuarios diarios. La ocupación de las habitaciones durante el año 2015 ha sido del 100%, la ocupación real sobre usuarios ha sido del 95%, es decir 74 usuarios diarios.

Adicionalmente, hay un consumo de agua caliente en el servicio de cafetería donde sólo se ofrecen desayunos. Para abastecer los consumos de climatización, el hotel dispone de una sala de calderas con dos calderas de gas para los consumos de ACS y Calefacción, y una enfriadora para abastecer las demandas de frío.

A partir de estos consumos proporcionados por el cliente se dimensiona una instalación compuesta por paneles híbridos PVT-CTA-GN Con el objetivo de cubrir la mayor demanda posible con la superficie disponible. Para ello, el calor de los paneles se destina a ACS y la electricidad generada se consumirá en régimen de autoconsumo.

El siguiente esquema hidráulico representa el modo de conexión propuesto. Esta configuración permite que los paneles trabajen a menor temperatura (mayor rendimiento) sirviendo como un precalentamiento al agua que reciben las calderas.

El dimensionado de la superficie de paneles se ha realizado en base a la superficie máxima disponible (35 paneles), por lo que en ningún momento del año se supera el 100% de la demanda lo cual significa que no existirán momentos de sobrecalentamiento y que las temperaturas de trabajo de los paneles serán relativamente bajas por lo que trabajarán con buen rendimiento durante todo el año. Este comportamiento es lógico ya que la aportación solar se realiza antes del apoyo auxiliar con el objetivo de obtener ahorros y que la caldera en vez de recibir agua a temperatura de red, la vea precalentada por el circuito solar. Como se observa, el 100% de la generación fotovoltaica se auto consume ya que la demanda es notablemente superior a la generación.

	E	F	M	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D	ANUAL
Demanda ACS (kWh/mes)	5.996	5.311	5.650	5.244	5.304	5.021	5.073	5.189	5.133	5.419	5.468	5.996	64.804
Energ. Term colectores (kWh/mes)	2.570	2.939	3.624	3.806	4.158	4.402	4.999	4.680	4.046	3.512	2.676	2.458	43.870
Fracción solar Térmica (%)	43%	55%	64%	73%	78%	88%	99%	90%	79%	65%	49%	41%	68%
Aporte Energ. Caldera (kWh/mes)	3.425	2.372	2.026	1.439	1.146	620	75	509	1.087	1.907	2.791	3.538	
Consumo Caldera (kWh/mes)	4.030	2.790	2.384	1.693	1.348	729	88	599	1.279	2.243	3.284	4.162	

Tabla IV. Tabla resumen de demanda térmica, aporte solar térmico y demanda de caldera para Hotel Azul

	E	F	M	A	My	Jn	Jl	A	S	O	N	D	ANUAL
Consumo Eléctrico (kWh/mes)	6.140	5.543	7.435	9.326	11.218	13.812	15.655	16.201	14.248	12.139	7.123	6.465	125.305
Prod. Eléctrica PVT-CTA-GN (kWh/mes)	562	711	1.117	1.193	1.448	1.509	1.535	1.345	1.056	844	574	498	12.392
Fracción solar FV (%)	9%	13%	15%	13%	13%	11%	10%	8%	7%	7%	8%	8%	10%

Tabla V. Tabla resumen de consumo eléctrico y aporte solar fotovoltaico para Hotel Azul

## CONCLUSIONES

El panel solar híbrido con CTA y gas neutro es una gran opción con futuro en el mercado. Ofrece buenos rendimientos; es óptimo para integrar en edificios debido a la reducción de la superficie de captación generando la misma energía que paneles térmicos y fotovoltaicos; reduce sus emisiones y los periodos de amortización; su tecnología es limpia; no produce ruidos y además, requiere un bajo mantenimiento.

# VIVIENDA EECC GUADALIX, VENTILACIÓN DE CONFORT ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR

**Ander Echevarría**, Director Técnico y Comercial, 100x100madera

**Manuel Daniel Camero Hernanz**, Director Investigación y Desarrollo, Solucciona Energía

**Alberto Rodríguez Bravo**, Ingeniero Industrial, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación

**Santiago Pascual Solà**, Ingeniero Industrial, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación

**Domingo González**, Ingeniero Técnico, Responsable Prescripción Zona, Saunier Duval

**Resumen:** 100x100madera es una empresa Española especializada en la construcción de edificios sostenibles, construyendo viviendas saludables, confortables y eficientes desde el punto de vista energético. Su interés por la mejora continua les ha llevado a construir edificios de consumo casi nulo en todo el territorio nacional, avanzándose a la aplicación de la Directiva Europea 2010/3. En esta comunicación se presenta que sí es posible construir Edificios de Consumo Casi Nulo confortables, saludables, donde el sistema activo que garantiza el confort y la calidad del aire interior, alimentado exclusivamente por un sistema de energía solar fotovoltaica.

**Palabras clave:** Vivienda Consumo Casi Nulo, Climatización, Ventilación Mecánica Controlada, Recuperación Calor, Energía Solar Fotovoltaica, Aerotermia, Salud, Confort, Calidad Aire Interior

## INTRODUCCIÓN

La presente comunicación muestra una solución de climatización activa, que permite una disminución importante en costes de instalación de climatización, sin renunciar al confort, a través del acoplamiento del sistema de climatización en el circuito de ventilación forzada de la vivienda. Este sistema ha sido instalado en la vivienda-showroom que la empresa 100x100madera ha construido en la localidad de Guadalix de la Sierra en Madrid.

El sistema desarrollado garantiza la calidad del aire interior y confort térmico adaptado al clima de verano e invierno de nuestro país. El desarrollo se basa en el acoplamiento del sistema de climatización, basado en aerotermia, dentro de la red de conductos de ventilación mecánica de la vivienda, lo cual además de dar lugar a disminución en costes de instalación, evita la instalación de otros sistemas de emisión de frío-calor. Adicionalmente, este sistema, produce un elevado confort en las viviendas, llegando a aportar el aire frío o caliente necesario a cada una de las estancias. Por otro lado, se ha implementado un sistema de energía solar fotovoltaica para producir energía eléctrica, para alimentar el sistema de aerotermia, además de otros consumos de la vivienda. De este modo se ha logrado una reducción del consumo eléctrico para climatización, haciendo que el mismo sea casi nulo, consiguiendo un consumo medio mensual en un año de 21,40€ en climatización y ACS.

## DESCRIPCIÓN

El sistema de climatización de la vivienda consta de distintas partes diferenciadas que comentaremos a continuación; pero además debemos comentar las características en sí de la vivienda objeto de estudio, así como el sistema de monitorización de distintos parámetros como son la temperatura interior y exterior de la vivienda, la humedad y consumo eléctricos. A continuación se muestran los distintos sistemas:

- Detalle constructivos de la vivienda
- Sistema de monitorización
- Sistema de climatización con aerotermia
- Sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor
- Sistema de energía solar fotovoltaica



Figura 1. Vivienda EECN 100x100madera - Guadalix de la Sierra

## Detalles constructivos de la vivienda

Para que un edificio sea de consumo casi nulo es necesario un buen trabajo desde el punto de vista del diseño del edificio y su envolvente. En este caso la vivienda se ha diseñado y construido siguiendo los criterios del estándar PassivHaus, lo que ha permitido disminuir la demanda de calefacción y refrigeración por debajo de los 15 kWh/(m<sup>2</sup> año).

Los criterios básicos se basan en mantener una envolvente térmica uniforme, unas ventanas de altas prestaciones con protección solar si es necesario, envolvente estanca continua, evitar puentes térmicos y ventilación mecánica, con recuperación de calor allí donde sea necesario

## Monitorización

Con el objetivo de poder valorar las distintas actuaciones y variaciones tanto en el control como en los propios elementos que conforman el sistema de ventilación y climatización, se ha procedido a monitorizar el edificio, obteniendo de forma continua valores tanto higrotérmicos como son la temperatura y humedad, como la calidad del aire interior por concentración de CO<sub>2</sub>.

Estos valores son registrados por unas sondas colocadas en el edificio y cuyas lecturas son enviadas a un receptor donde se almacenan, permitiéndose su visualización a través de un software especial que nos permite la interpretación de los resultados.



Figura 2. Sondas monitorización condiciones higrotérmicas

## Aerothermia

El sistema de aerotermia instalado en la vivienda es una bomba de calor Genia Air 5 de la marca Saunier Duval. Este sistema es el encargado de producir calor o frío para dos usos, por un lado obtener el agua caliente sanitaria para su uso en la vivienda; y por otro, obtener permite la climatización de la vivienda a través de calentamiento o enfriamiento del fluido presente en el circuito de climatización.

Además de la bomba de calor exterior, el sistema está compuesto por un acumulador de agua de 100 L modelo WE 100 de la marca Saunier Duval, donde se acumula el agua caliente sanitaria; y un equipo Genia Alone integrado en el circuito de climatización que permite impulsar agua caliente o fría para hacer a pasar por una batería de agua intercalada en el sistema de ventilación. De este modo, somos capaces de controlar la temperatura del aire que entra en la vivienda.

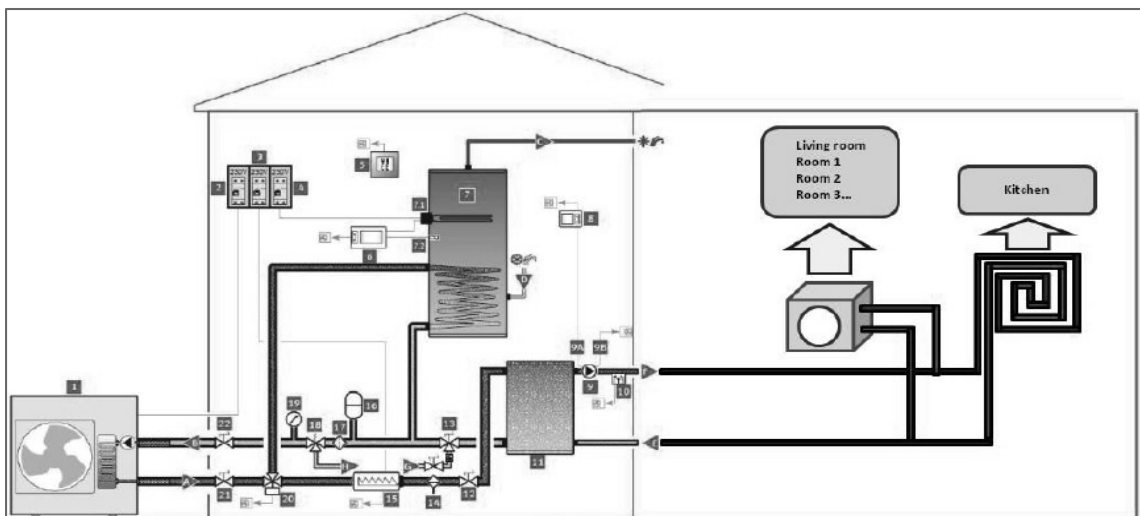


Figura 3. Esquema funcionamiento Aerotermia

## Ventilación

El sistema de ventilación de alta eficiencia VMC DF Siber Sky 3, permite intercambiar la energía del aire que es expulsado de la vivienda con el aire que se introduce en la misma, para dar lugar a la renovación del aire. En invierno, cuando se extrae aire caliente de la vivienda, se recupera gran parte del calor que contiene este, cediéndolo al aire que entra desde el exterior. De igual modo, en verano el aire más frío del interior de la vivienda, enfría el aire que entra más caliente desde el exterior de la misma, además con la activación del “by-pass” o también conocido como “free-cooling”, conseguimos un refrescamiento adicional nocturno, cuando las condiciones lo permiten. De este modo, se producen importantes ahorros energéticos acompañados de confort y salubridad, que proporcionar el aire limpio y renovado.

El uso de una batería de agua, permite el acoplamiento entre el sistema de ventilación para garantizar la calidad del aire y el sistema de climatización de la vivienda. La batería se intercala en el circuito de insuflación que va desde el recuperador a los locales secos de vivienda, por ella pasa el aire renovado procedente del exterior, que ya ha recuperado parte de la energía del aire que extraemos. Simultáneamente, podemos hacer circular agua caliente o fría por la batería desde la aerotermia, de manera que permite calentar o enfriar más el aire que entra a la vivienda, consiguiendo un doble efecto, por un lado la renovación del aire de la misma y por otro, si logramos que la temperatura del aire de entrada a la casa sea mayor o menor a la temperatura de confort en la misma en invierno y verano, respectivamente, conseguimos una apoyo o incluso cubrir la carga necesaria para climatizar la vivienda.

## Sistema de energía solar fotovoltaica

El sistema de energía solar fotovoltaica está situado en el tejado de la vivienda con orientación Sur. El sistema consta de 8 módulos fotovoltaicos de 230 W de potencia de la marca Trina Solar y un inversor de carga marca Riello de 2 Kw. Este sistema nos permite obtener energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos. Esta energía eléctrica es transformada por el inversor de continua a alterna y permite su utilización para alimentar tanto el sistema de aerotermia como el de ventilación mecánica así como otros componentes eléctricos de la casa.



Figura 4. Instalación fotovoltaica autoconsumo

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha podido constatar en esta vivienda que la ventilación mecánica con recuperación de calor, con apoyo puntual de atemperamiento del aire de impulsión por aerotermia, ayuda a mantener la temperatura estable y uniforme en toda la vivienda tanto en verano como en invierno con calidad del aire interior.



Para presentar su comportamiento en verano se muestra la monitorización de un mes, donde podemos apreciar que el interior de la vivienda se mantiene estable (23-26°C), incluso en condiciones exteriores extremas con temperaturas mínimas superiores a 20°C en los meses de y máximas superiores a los 42°C.

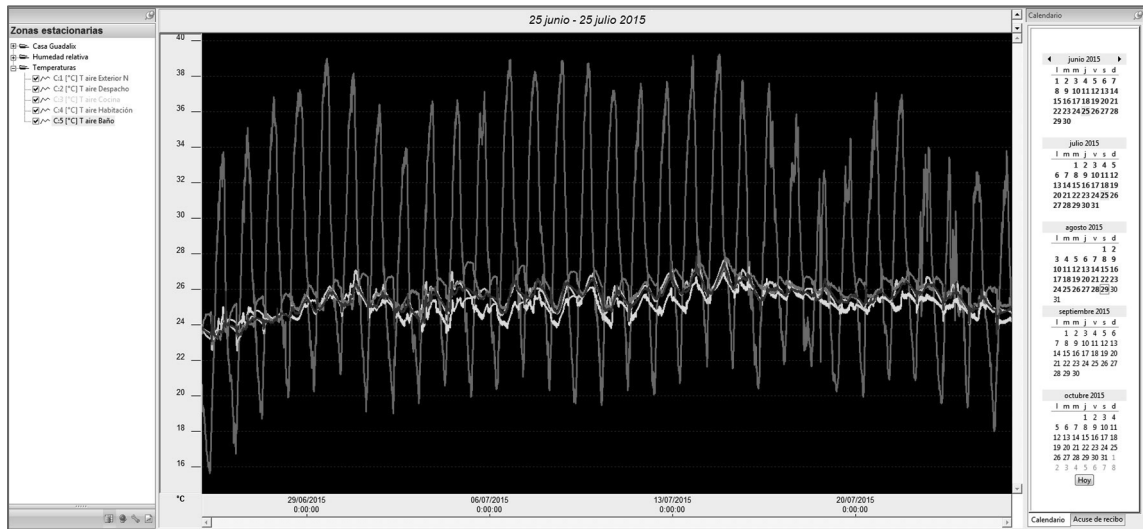


Figura 5. Monitorización vivienda en verano

Entre el 24 y el 28 de febrero de 2016 la temperatura exterior bajo hasta los -6 °C y puntualmente superó 12°C, en el interior de la vivienda la temperatura mantuvo entre 19 y 24°C.

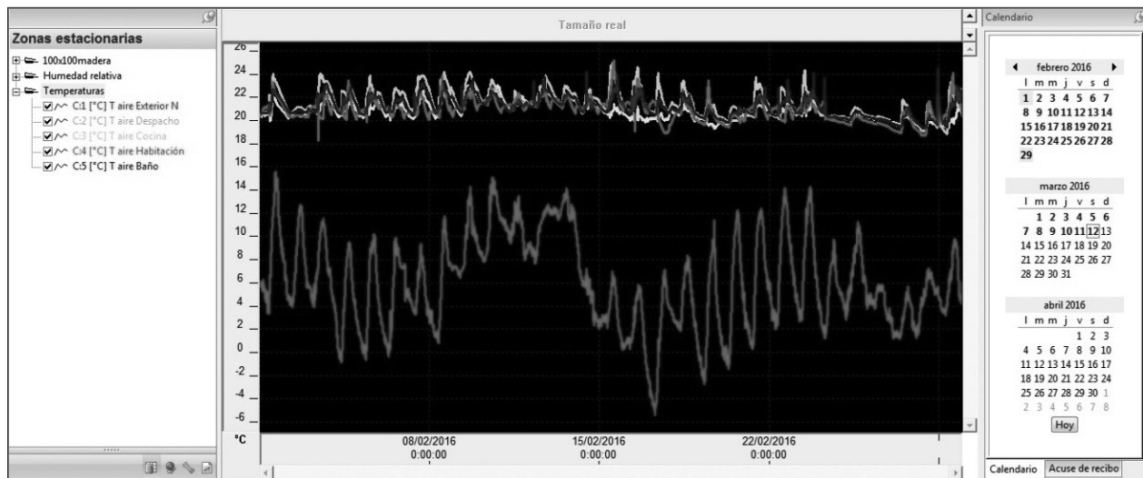


Figura 6. Monitorización vivienda en invierno

Las mediciones en cuanto a la calidad del aire interior han sido excelentes, donde la concentración de CO2 se encuentra dentro de los parámetros Bueno y Muy Bueno con una concentración media anual de 600 ppm, garantizando una alta calidad del aire interior. De hecho se ha conseguido el certificado UNE 171330 sobre Calidad Ambiental en Interiores, con un resultado de 475 ppm de media en toda la vivienda.

## CONCLUSIONES

Se ha podido constatar que es posible conseguir condiciones de confort durante el uso en viviendas EECN, con confort térmico en el interior de la vivienda para altas y bajas temperaturas exteriores, en concreto en la zona climática de la Sierra de Madrid donde se ubica la vivienda. Además de cumplir con las exigencias de la actual normativa CTE DB HS3, en cuanto a Salubridad y calidad del aire interior.

En los Edificios de Consumo Casi Nulo, como en este caso, gracias al correcto diseño y construcción de la vivienda, hacen que la vivienda sea prácticamente estanca a los movimientos de energía entre el interior y el exterior del edificio, por ello las cargas necesarias para calefacción y climatización son extremadamente bajas. En este tipo de viviendas donde la estanqueidad al aire es tan importante el control sobre de la ventilación es necesario. El Sistema de Ventilación diseñado y dimensionado para mantener la calidad del aire interior es suficiente para dar respuesta paralelamente a la calidad del aire interior y las necesidades de calefacción y refrigeración.

El 80% de la energía necesaria para el sistema de climatización y ventilación de la vivienda se obtiene de un sistema de energía solar fotovoltaica.

Para finalizar, comentar que en futuros estudios y proyectos se plantea el desarrollo de sistemas constructivos inspirados en requisitos EECN pero adaptados a un clima más templado como es el caso de España. En este caso, al contrario de lo que ocurre en países nórdicos, el sistema de refrescamiento de la vivienda, desarrollado en este trabajo, es esencial como sistema activo que nos permita obtener la refrigeración necesaria durante los meses de verano.

## REFERENCIAS

- Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Salubridad, apartado HS3. Calidad del aire interior, Marzo 2006. España.
- Parlamento Europeo, 2010, DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Bruselas, Bélgica.
- Feist W., Requeriments for a quality-approved Passive House, Passivhaus Institut, Darmstadt, Alemania.
- UNE 171330, sobre Calidad Ambiental en Interiores

# ESTUDIO DE LA FACHADA VENTILADA FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA INNOVADORA DE INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN PAÍSES DE LA REGIÓN MENA

**David Martín Jiménez**, Departamento de I+D+i, Onyx Solar Energy

**Elena Rico Rodríguez**, Departamento de I+D+i, Onyx Solar Energy

**Teodosio del Caño González**, Director Técnico, Onyx Solar Energy

**Juan Luis Lechón**, Departamento Técnico, Onyx Solar Energy

**Resumen:** En esta comunicación se presentan los resultados y conclusiones más relevantes del proyecto REELCOOP, correspondiente al Séptimo Programa Marco europeo y coordinado por la Universidad de Oporto, donde la empresa Onyx Solar junto con otros socios ha desarrollado una metodología para predecir y analizar el comportamiento de las tecnologías de integración fotovoltaica en edificios (BIPV) en países de la región MENA (Oriente Medio y Norte de África). Esta metodología cubre varios escalones, desde simulaciones numéricas llevadas a cabo con el modelo TRNSYS hasta el diseño optimizado, implementación y monitorización de prototipos de fachada ventilada a escala reducida en la Universidad de Reading (Reino Unido) y a escala real en un edificio demostrativo situado en la Universidad de Yasar, Izmir (Turquía).

**Palabras clave:** BIPV, Fachada Ventilada Fotovoltaica, c-Si, Scale-Up, REELCOOP, MENA

## INTRODUCCIÓN

El porcentaje de energías renovables en relación al total de generación eléctrica se espera que incremente hasta un 40% en 2020 con objeto de cumplir los objetivos de la UE en cuanto a consumo de energía procedente de renovables (20% del consumo total), valor que se planea incrementar aún más (hasta 66% en 2030 y 100% en 2050) de acuerdo con el *European Energy Council* (EREC, 2010). Las tecnologías que se prevé que tendrán una mayor tasa de crecimiento de 2020 a 2050 son la solar Fotovoltaica y solar de concentración.

El *SET-Plan* de la UE (European Commission, 2007) estableció como prioridades tecnológicas para el año 2020 demostrar el grado de preparación de cara a mercado de las tecnologías mencionadas, tanto a gran escala como a pequeña escala y como recursos descentralizados. Esto quiere decir que se planea cubrir las demandas de consumo eléctrico no solamente con una solución en particular sino con varios sistemas de generación operando en conjunto tanto a pequeña como a gran escala.

En general, para hacer frente a todos los objetivos marcados en cuanto a generación renovable, tanto a nivel europeo como a nivel mundial, es necesario un gran esfuerzo de difusión de las tecnologías propuestas. Esto incluye la participación de países en regiones con elevados recursos potenciales para el desarrollo de las energías renovables, como la región MENA. Por tanto, debe hacerse especial hincapié en promover actividades de I+D+i encaminadas al desarrollo de estas tecnologías en estas regiones.

## EL PROYECTO

El objetivo general del proyecto REELCOOP (7PM Grant Agreement No. 608466., 2013) es mejorar significativamente la cooperación en investigación y creación de conocimiento en cuanto a generación energética renovable, involucrando socios de países mediterráneos (MPC) y desarrollando nuevos sistemas y métodos para estos fines. Los sistemas propuestos están siendo desarrollados por organizaciones europeas en colaboración con socios MPC y testeados bajo condiciones reales en la región MENA, estableciendo de este modo una red de cooperación entre estos países socios.

Dentro de este enfoque general, uno de los objetivos del proyecto es el diseño y la construcción de un sistema fotovoltaico integrado en una fachada ventilada. Para conseguir esto, se ha evaluado

experimentalmente el comportamiento eléctrico y térmico de las tecnologías fotovoltaicas de silicio cristalino (c-Si) y dye-sensitized solar cells (DSC). El comportamiento de la fachada ventilada fue evaluado utilizando simulación numérica y experimental mediante la integración de módulos fotovoltaicos en una zona de ensayo localizada en la Universidad de Reading. Después de la verificación de la fiabilidad del modelo numérico utilizando resultados experimentales, éste se utilizó en el diseño y disposición de un prototipo a escala real de fachada ventilada que fue instalado en el campus de la universidad de Yasar. Para identificar la mejor configuración del sistema de fachada se investigaron 24 escenarios diferentes. Finalmente, considerando la eficiencia eléctrica y los parámetros térmicos del sistema en cada escenario, se propuso la solución más apropiada para la instalación del prototipo real en Izmir, Turquía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

De acuerdo con los objetivos mencionados, en esta sección se resume el proceso de **desarrollo, pruebas y validación del prototipo a pequeña escala instalado en la Universidad de Reading**. En primer lugar, se fabricaron las unidades correspondientes de vidrio fotovoltaico templado y doble laminado 4mm/4mm de dimensiones 1600mm x 750mm con tecnología de c-Si en las instalaciones de Onyx Solar para ser posteriormente instaladas en el prototipo de fachada ventilada y monitorizadas por la Universidad de Reading.

Las unidades mostraron una potencia pico de 155Wp bajo condiciones STC (Standard Test Conditions). Este valor fue considerado como referencia para las pruebas posteriores en Reading. La Universidad de Reading diseñó un sistema de medición eléctrica basado en micro-inversores con objeto de realizar un seguimiento del rendimiento de generación eléctrica utilizando diferentes configuraciones de la cámara de aire del prototipo de fachada. Se instalaron seis módulos de c-Si y se estudió experimentalmente el comportamiento térmico y eléctrico del sistema. En paralelo se desarrolló un modelo numérico para evaluar los mismos parámetros. Finalmente, el modelo desarrollado para la simulación se verificó mediante los resultados experimentales.

## Diseño y fabricación de módulos de vidrio fotovoltaico

Los sistemas de integración fotovoltaica BIPV requieren diversas modificaciones en cuanto a la configuración final de los módulos atendiendo a aspectos arquitectónicos. Estas modificaciones suponen poder trabajar con los módulos como si se tratara de elementos de vidrio arquitectónico convencional, lo cual hace más sencilla su integración con sistemas estructurales y de fijación convencionales. Además, utilizando configuraciones vidrio-vidrio se consiguen propiedades de transmisión lumínica y una mayor estabilidad mecánica del conjunto. De esta manera se descartaron para esta parte del proyecto los sistemas basados en marcos de aluminio convencionales, mejorándose además de forma considerable la estética del conjunto. El grado de transparencia final depende de la distancia entre células y de la distancia entre éstas y el borde del vidrio. El proceso de fabricación completo de los módulos BIPV para los prototipos siguió fundamentalmente en los siguientes pasos:

**Soldadura automática de células y montaje de series:** Las células fueron interconectadas en series mediante las líneas de soldadura automática. Se trata de un proceso automático de interconexión en condiciones de vacío, optimizando la soldadura del material conductor en las células *-ribbon-* y fijando una temperatura óptima de soldadura. El proceso se lleva a cabo mediante detección de imagen infrarroja y microscópica y medidas del grado de contacto ohmico. De esta manera, los defectos observados en los resultados del proceso de soldadura resultan en un rechazo automático de la serie. No se permite ningún tipo de rotura de célula y la máxima desviación permitida del *ribbon* a las *bus-bar* de las células es de +/- 1mm.

**Interconexión manual de series:** Debido a las dimensiones de las unidades BIPV, es obligatorio conectar las series manualmente. En este sentido, en el procedimiento de interconexión se incluye un chequeo eléctrico y todas las unidades pasan por una nueva inspección visual prestando atención a varios aspectos

como la calidad del *ribbon*, la desviación de las series y la calidad del encapsulante (EVA). Cualquier defecto o desviación respecto a los planos de diseño resultan en un rechazo automático.

**Laminación:** Una vez interconectadas las series, las unidades de vidrio a laminar se introducen en el laminador. Se inserta un perfil metálico en L como marco del perímetro del vidrio, permitiendo una perfecta alineación y minimizando el estrés mecánico del vidrio. La receta de laminación fue personalizada para este proyecto a 20 minutos con un ciclo máximo de temperatura de 145°C y  $10^{-2}$  Torr de presión de vacío. Una vez finalizado el proceso de laminación y enfriadas las unidades se llevó a cabo una nueva inspección visual donde se chequearon aspectos como la perfecta alineación de las células y la ausencia de burbujas de encapsulante. Cualquiera de los defectos mencionados supuso un rechazo del módulo correspondiente.

**Instalación final de cajas de conexión y testeo:** En este paso las cajas de conexión se instalaron en los terminales de *ribbon* y sellaron con silicona PV 804 DC. Para finalizar, se verificó el conjunto de procedimientos mediante una nueva inspección visual y testeo eléctrico final.



Figura 1. Pasos de fabricación y apariencia final de los módulos. Fuente: Onyx Solar

## Diseño y simulación del prototipo a pequeña escala de fachada ventilada

En base a la información técnica preliminar obtenida de los módulos de vidrio fotovoltaico, el rendimiento de la fachada ventilada se simuló en primer lugar bajo diferentes escenarios de montaje. El análisis numérico llevado a cabo con un modelo basado en TRNSYS (University of Wisconsin., 2010) se utilizó para diseñar la configuración de montaje de los módulos más adecuada para el estudio experimental de los mismos en la Universidad de Reading. También se consideró el tamaño de la cavidad de aire entre los módulos fotovoltaicos y la superficie trasera de la fachada existente. De este modo, se estudiaron las medidas de 150mm y 250mm para esta cavidad.

Los resultados de la simulación demostraron que aumentando la distancia de la cavidad de 150 a 250mm se obtiene una media de entre 1.6 y 3.5% de caída de la velocidad del aire en el interior. Esta caída se refleja tanto en la temperatura de la superficie de los vidrios fotovoltaicos (aumentándola) como en la temperatura del aire que escapa de la cavidad por la parte superior de la fachada (disminuyéndola). La temperatura del aire en el interior del hueco aumentó hasta 2.2°C cuando la distancia se aumentó de 150 a 250mm. Además, este aumento en la cavidad tiene influencia en la temperatura del aire que sale por la parte superior de la fachada. Incrementando la profundidad de la cavidad de 150 a 250mm la temperatura del aire que sale por la parte superior se reduce en 2.9 °C. En este caso, la velocidad del aire se reduce, lo que resulta en una menor transferencia de calor por convección entre los módulos y el aire, lo cual es la causa principal del incremento de temperatura de los paneles y el descenso de temperatura en el aire que sale de la cavidad.

La tabla I describe los principales escenarios que se investigaron de manera previa a la instalación del sistema de fachada en Reading y la energía eléctrica generada, para la cual, los resultados de la simulación revelaron que, entre los escenarios estudiados, la configuración de los módulos no tuvo una influencia significativa.

Escenario N°	Configuración módulos	Tamaño de la cavidad de aire	Energía anual total generada (kWh)
1		150	562.2
2		250	562.1
3		150	562.3
4		250	562.1

Tabla I. Escenarios estudiados y resultados en cuanto a generación eléctrica

## RESULTADOS

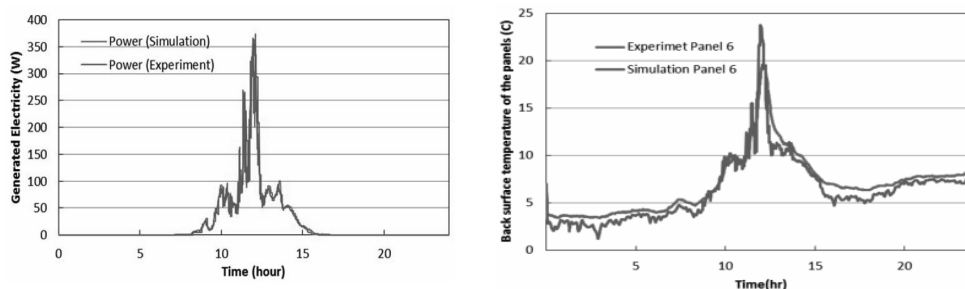
### Resultados experimentales y validación del modelo numérico

En base a los estudios descritos en el apartado anterior y con objeto de investigar el comportamiento térmico y eléctrico de la fachada ventilada fotovoltaica en condiciones reales, se llevó a cabo un estudio experimental en la Universidad de Reading. El experimento incluyó seis módulos de c-Si en dos filas y tres columnas, que fueron instalados en una fachada sur de madera perteneciente a la caseta de pruebas.

El hueco de 150mm entre los módulos y la pared de madera se encuentra ventilado naturalmente, pasando el aire a través de las tres aperturas principales de la fachada (dos en la parte superior e inferior y un hueco horizontal de 10mm entre la primera y segunda fila de vidrios).

El modelo desarrollado para la simulación de la fachada fue validado mediante los resultados experimentales. Comparando la simulación y estos resultados se reveló una buena correlación entre ambas fuentes de datos. En lo que se refiere a la temperatura de la superficie de los módulos, hubo una desviación de 0.8°C de media entre las dos fuentes. Por otro lado, la desviación entre la energía eléctrica real generada y la predicción fue de menos del 6.5%.

El objetivo último de la simulación fue proporcionar la información requerida para el diseño y configuración del prototipo de fachada real en Izmir, Turquía. Para conseguir esto, se necesitó la verificación de la simulación numérica para ser posteriormente usada en la modelización de este prototipo a escala real. Los factores de mayor peso son la energía generada, la temperatura de la superficie de los módulos y la velocidad del aire que pasa a través de la cavidad de aire. Todos estos factores se utilizaron para el proceso de validación. En la siguiente figura (izquierda) se muestra la comparación entre los resultados de la simulación y el experimento. Esta figura muestra una coincidencia bastante cercana entre los resultados de la simulación y los datos reales extraídos con una desviación del 6,5% en la cantidad de energía generada y el valor estimado.



La comparación entre la temperatura en la superficie trasera de los módulos en la simulación y el experimento reveló una buena correlación de resultados. Considerando los seis módulos, existe una media de desviación de 0.8 °C entre las dos fuentes de resultados. La figura 2 (derecha) detalla claramente la diferencia de resultados en cuanto a temperatura de los módulos para el módulo 6. En ella se muestra que la diferencia máxima se da en condiciones de elevada irradiación, donde la predicción es 4°C mayor que los resultados experimentales. Finalmente, la velocidad del aire dentro de la cámara es el factor más complejo a ser tenido en cuenta para la validación de la simulación debido a la naturaleza fluctuante de la velocidad del aire en la cavidad de la fachada. Con objeto de crear una imagen clara y mostrar la tendencia de esta cambiante velocidad, se asocia la función polinómica más adecuada a los resultados experimentales y a los resultados de simulación asociados a uno de los módulos (módulo 5), utilizando el método Least Squares (LS). Teniendo en cuenta esta naturaleza fluctuante del aire en el interior de la cavidad, se llegó a demostrar una correlación razonable entre la simulación y los resultados experimentales para este parámetro.

## Diseño y configuración final del prototipo a escala real

En base a la buena correlación entre la simulación y los resultados experimentales, se utilizó esta misma aproximación para el diseño del prototipo real en Izmir. Teniendo en cuenta las configuraciones de las fachadas de varios edificios candidatos se investigaron 24 escenarios diferentes de configuración para la instalación de la fachada ventilada a escala real en el campus de la Universidad de Yasar, Izmir (Turquía). Considerando factores como la ubicación, análisis climáticos, y características fundamentales para la optimización de la energía generada por el sistema BIPV, se hicieron estimaciones preliminares asociadas a la generación energética anual para varias configuraciones y se eligió la configuración final. Las simulaciones no mostraron especial correlación entre las dimensiones de la cavidad de aire y la generación eléctrica. Sin embargo, el flujo de aire sí se vio afectado por este parámetro y las aperturas en fachada.

Finalmente, en base al estudio realizado, se llevó a cabo la instalación compuesta por 48 módulos de silicio mono-cristalino fabricados por Onyx Solar. Cada módulo contiene 36 células de 6" con una eficiencia nominal del 17,6% y una potencia nominal por módulo de 155Wp. Las células se encapsularon con EVA y dos hojas de vidrio laminado de 4mm de grosor. Los módulos tienen las mismas medidas que las utilizadas en el prototipo de Reading sumando un área unitaria de 1,2 m<sup>2</sup>.

La fachada ventilada está compuesta por 48 módulos con un área total de 57.6m<sup>2</sup> y área efectiva ocupada por células de 40.1m<sup>2</sup>. En total se compone de 4 filas y el hueco de la fachada es de 150mm. La potencia nominal es de 7,44KW. El procedimiento de montaje definido por Onyx Solar permitió una rápida instalación que tan solo se extendió durante 5 días para la fachada y conexiones eléctricas. Se utilizó una caja de conexión por módulo y cuyo cableado se conecta a un inversor trifásico de 7KWp. La instalación se monitoriza online a través de un cable Internet/Ethernet conectado a un puerto de internet. La instalación se finalizó en febrero de 2016 y se monitorizará durante un año completo.



Figura 3. Vista de la fachada ventilada instalada. Unidad de vidrio fotovoltaico. Fuente: Onyx Solar

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo último de los trabajos descritos fue el diseño, construcción y monitorización de un sistema de fachada ventilada fotovoltaica con tecnología de c-Si, con una configuración optimizada en base a estudios experimentales realizados a pequeña escala y simulaciones numéricas. A continuación se resumen las actividades de investigación y conclusiones más importantes relativas a estos trabajos:

- Las unidades de vidrio fotovoltaico para testeo a pequeña escala en Reading fueron fabricadas, instaladas y monitorizadas con éxito en un prototipo de fachada ventilada ubicado en Reading (Reino Unido).
- En este prototipo se instalaron 6 módulos de tecnología c-Si cuyos parámetros térmicos y eléctricos fueron analizados. En paralelo, se desarrolló un modelo numérico para evaluar estos mismos parámetros.
- El modelo desarrollado para la simulación numérica, basado en TRNSYS, fue verificado con los resultados experimentales. Respecto a la temperatura de la superficie de los módulos, hubo una desviación de 0.8°C de media entre las dos fuentes de datos. Por otro lado, la desviación entre la energía eléctrica real generada y la predicción fue menor del 6.5%.
- En base a la buena correlación entre la simulación y los resultados experimentales, se utilizó esta misma aproximación para el diseño del prototipo real en Izmir. Teniendo en cuenta las configuraciones de las fachadas de varios edificios candidatos se investigaron 24 escenarios diferentes de configuración para la instalación de la fachada ventilada a escala real en el campus de la Universidad de Yasar, Izmir (Turquía). Considerando factores como la ubicación, análisis climáticos, y características clave fundamentales para la optimización de la energía generada por el sistema BIPV, se hicieron estimaciones preliminares asociadas a la generación energética anual para varias configuraciones y en base a estas se eligió la configuración final. Las simulaciones no mostraron especial correlación entre las dimensiones de la cavidad de aire y la generación eléctrica. Sin embargo, el flujo de aire si se vio afectado por este parámetro y las aperturas de la fachada.
- Finalmente se llevó a cabo la instalación en Izmir compuesta por 48 módulos de silicio monocristalino fabricados por Onyx Solar. La fachada ventilada está compuesta por 48 módulos con un área total de 57.6m<sup>2</sup> y área efectiva ocupada por células de 40.1m<sup>2</sup>. En total se compone de 4 filas y el hueco de la fachada es de 150mm. La instalación se finalizó en febrero de 2016 y se monitorizará durante un año completo.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido cofinanciado por la Unión Europea mediante el Séptimo Programa Marco (Grant Agreement No. 608466).

Especiales agradecimientos a la Universidad de Reading, la Universidad de Oporto y la Universidad de Yasar, como socios clave involucrados en los trabajos descritos en esta publicación.

## REFERENCIAS

- EREC., 2010, RE-thinking 2050 - A 100% Renewable Energy Vision for the European Union. European Renewable Energy Council, Bruselas.
- European Commission., 2007, A European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan) - Towards a Low Carbon Future, Comission of the European Communities, Bruselas.
- 7PM Grant Agreement No. 608466., 2013, REELCOOP Project. Annex I – “Description of Work”.
- University of Wisconsin., 2010, TRNSYS 17: A Transient System Simulation Program-Weather Data.
- www.reelcoop.com (11 de abril de 2016).



## ¿EXCESO DE ENERGÍA PRODUCIDA? APROVECHAMOS PARA CARGAR EL COCHE ELÉCTRICO – PASSIVHAUS “EISENSTRASSE”

Francesc Soler, Director, Loxone  
Meritxell Esquiús, Marketing, Loxone

**Resumen:** Un ejemplo de Passivhaus que además de incorporar todos los requisitos para considerarse una casa pasiva, tiene instalado el sistema Loxone Smart Home para una integración total y automatización del clima, iluminación, sombreado entre otros dispositivos. En este caso, la Passivhaus consigue generar más energía de la que consume de forma que los resultados en ahorro son realmente relevantes. Gracias al sistema de control es posible gestionar el uso de energía, ya sea dirigiéndola a la estación de carga del coche eléctrico, como a diferentes electrodomésticos de consumo. El control simple era uno de los principales objetivos en el desarrollo del proyecto y se consigue mediante pulsadores multifuncionales que permiten activar escenas y a través de la App de Loxone para un control remoto en cualquier momento y desde cualquier lugar.

**Palabras clave:** Passivhaus, Ahorro Energético, Smart Home, Automatización, Integración, Control Simple

### OBJETIVOS DE AHORRO GLOBAL

La Unión Europea, mediante la directiva de eficiencia energética en edificios (EPBD), insta como objetivo en el 2020 que todos los edificios respondan a un consumo energético casi nulo, siendo sólo de energías renovables la fuente de la poca energía externa que deberán consumir. En el caso de los edificios públicos, este objetivo se adelanta dos años, teniendo que cumplirse en 2018.

Unos objetivos difíciles de cumplir en nuestro país hasta que la administración no lo contemple como un tema necesario e importante. Aún así, los profesionales del sector, conscientes que la construcción debe dirigirse hacia este objetivo, no cesan su trabajo de asesoramiento a los clientes. Construir casas pasivas significa pensar en tres factores principales que permitirán al edificio ser el máximo eficiente energéticamente: aislamiento + orientación + diseño. En el caso práctico de “Passivhaus Eisenstrasse” se expone un proyecto real donde la casa no simplemente no necesita fuente de energía externa, sino que llega a producir más energía de la que consume, haciendo un balance energético positivo.



Figura 1. Vista exterior de Passivhaus “Eisenstrasse”

## PASSIVHAUS “EISENSTRASSE” – CAMINO DE HIERRO

“Camino de hierro” es el nombre literal de esta construcción que se encuentra en Neubruck, Austria. Su misión no es simplemente la de un edificio particular que se autogestiona energéticamente, sino que además es centro de referencia donde se ha ubicado una exposición para mostrar al público su proyecto de construcción.

El principio de las casas pasivas es que la vivienda no requiera de una fuente de energía externa por ejemplo para la calefacción. Se consume tanta energía como la que produce la casa por ejemplo a partir del sistema fotovoltaico. Bien, pues este proyecto va más allá en este concepto, y es que esta casa produce más energía de la que consume, permitiendo así utilizar esta energía para otros fines como por ejemplo la carga del coche eléctrico.

Tiene una calificación de energía de 9,2 kWh/m<sup>2</sup>, muy inferior al consumo habitual de edificios con unas dimensiones similares, que es alrededor de 50-65 kWh/m<sup>2</sup> de energía. El autoconsumo se consigue de forma óptima y los resultados de ahorro son relevantes.

Para que el control de esta casa fuera más cómodo y la gestión de la energía se pudiera programar de forma automatizada e inteligente, se integró el sistema Loxone Smart Home. Gracias a esta tecnología, se pudieron integrar diferentes elementos de la casa como el sombreado o la gestión del clima de forma que se aprovecha al máximo la energía que genera.

### Control inteligente del edificio

Los edificios Loxone Smart Home tienen como factor común el Miniserver, el núcleo inteligente de la instalación. Permite comunicarse con diferentes protocolos e integrar todos los dispositivos de la casa para que funcionen ante unos objetivos conjuntos, ya sean de ahorro, confort o seguridad.



Figura 2. Instalación del Miniserver de Loxone

Las soluciones aisladas no facilitan un control y gestión completos. Uno de los factores más interesantes de producir energía por ejemplo mediante una instalación fotovoltaica, reside en que después se pueda escoger las prioridades de consumo.

### Energía a partir de paneles y barandillas solares

En la casa pasiva “Eisenstrasse” se instalaron paneles solares en el tejado y unas barandillas en el balcón para generar energía eléctrica.

La integración con Loxone permite gestionar cada elemento de consumo para que funcione según la energía generada. Por ejemplo, si hay superávit de energía y en ese momento el coche eléctrico necesita cargarse, se activa la estación de carga; o si se prefiere, se pueden activar electrodomésticos como la lavadora o el lavavajillas, aparatos que consumen energía eléctrica que nos saldrían más rentables.



*Figura 3. Vista de la casa con instalación de paneles solares*

Sin alimentación interna, la energía fluye automáticamente a una batería solar. Cuando la casa está desocupada, todos los equipos eléctricos e iluminación se apagan o se dejan automáticamente sin energía.

Desde la visualización web o la App se puede ver en todo momento el consumo y la producción que está teniendo la casa, a modo informativo o para permitir hacer algún cambio en las prioridades de consumo.

#### ***Control de temperaturas y circulación del aire***

Una de las partes importantes en una Passivhaus es la redistribución del aire y ventilación que se diseña desde un principio para optimizar los recursos.

En esta casa pasiva no hay control individual de las temperaturas por zonas, sino que la casa se encuentra aproximadamente a la misma temperatura siempre. Las ranuras de debajo de las puertas permiten que circule el aire caliente entre habitaciones.

Se instalaron sensores de temperatura 1-wire que aportan la información al Miniserver y éste reacciona en caso de necesitar activar la bomba de calor y ventilación, controlando los niveles de CO<sub>2</sub>.

Además, las grandes superficies en vidrio de las fachadas permiten aprovechar la luz solar para calentar las estancias en invierno.

En caso de que el edificio esté desocupado, el Miniserver regula el sistema de climatización dejándolo en estado de mantenimiento, sabiendo que en cualquier momento que se desee un cambio, puede realizarse remotamente desde la App.

#### ***Unos singulares elementos de protección solar***

Estéticamente, “Eisenstrasse” es una casa que impacta, con su techo en punta y sus líneas en madera, pero aún la hace más interesante saber que cada uno de estos elementos tiene su función.

La fachada exterior tiene unas lamas, como listones de madera, que sirven para realizar el sombreado en la planta inferior. Las lamas se unen según el ángulo del sol de forma que dejan pasar luz pero no los rayos directos cuando no se quiere sobrecalentar la habitación.

### **Sombreado automático**

La casa también incorpora la función de sombreado habitual donde el Miniserver mueve las persianas dependiendo de la temperatura de consigna interior, el sol y la luminosidad. Desde el software se pueden indicar las coordenadas GPS de la casa y así el Miniserver conoce cuando amanece o cuándo debe bajar las persianas porque ya es de noche y queremos incrementar en seguridad.



Figura 4. Sombreado automático activo

### **Antibloqueo incluido**

En caso de que la casa detecta que se ha abierto la puerta hacia el jardín y llega un momento del día en que se activaría el sombreado y las persianas bajarían, mantiene esa puerta con la persiana subida para evitar que nadie quede atrapado al exterior.

### **Optimización de las luces**

La iluminación es un tema importante en la construcción de la casa pasiva. Grandes superficies en vidrio permiten utilizar al máximo la luz exterior para que la utilización de la iluminación artificial sea la más eficiente posible. En caso de días nublados, el Miniserver activa la función de presencia para la iluminación en las habitaciones.

El almacenamiento de escenas facilita que se pueda jugar con las diferentes luces LED RGBW, colores, intensidades, diseños, etc. para que la iluminación sea adecuada en cada momento.

Se pueden activar desde pulsadores, por ejemplo desde Loxone Touch, o desde el Smartphone mediante la Loxone Smart Home App.

### **Control simple como objetivo**

En su metodología de control incorpora el Estándar de Loxone, las recomendaciones de programación para que el control por parte del usuario sea el más fácil posible, sin la necesidad de instalar innumerables pulsadores o pantallas de visualización.

Pulsadores multifunción permiten controlar las escenas de iluminación, las persianas y el audio en cada habitación. Aunque mediante sensores y horarios, estas funcionalidades están automatizadas, siempre cabe la posibilidad del control manual.

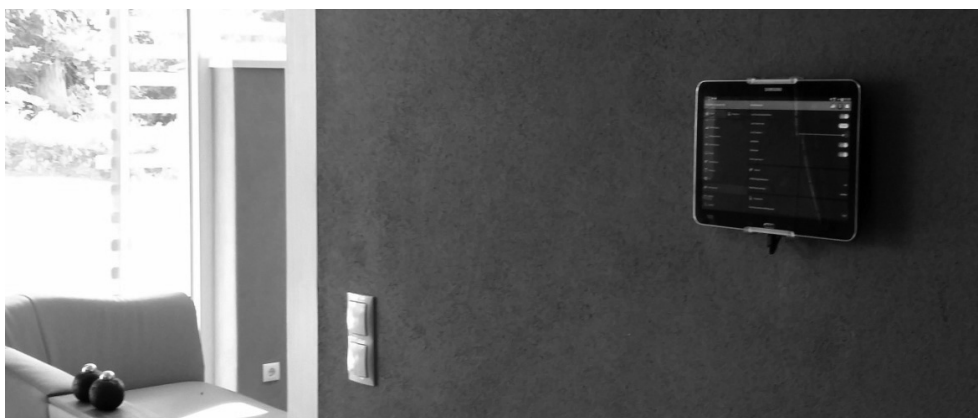


Figura 5. Control desde pulsadores y visualización desde tablet

Desde la App para Android y iOS y desde el navegador web se pueden monitorizar todos los elementos, así como ver el consumo y producción de energía que está teniendo la casa. En cualquier momento y lugar, la App está disponible para controlar el edificio.

### **Funcionalidades extra con este tipo de tecnología**

#### **Servicio meteorológico**

Activar un servicio de previsión meteorológica permite avanzarse ante inclemencias del tiempo que requieran de protección extra.

En el caso del jardín, si hay previsión de lluvia, se desactiva el riego para no malgastar agua o si hay previsión de viento, los elementos de protección solar que puedan dañarse se colocan en posición de seguridad.

#### **Incrementar la seguridad y control de acceso**

Los contactos en ventanas y en la puerta del balcón, además de los detectores de presencia, permiten al Miniserver de Loxone saber si alguien accede en casa sin permiso. Cuando la casa está en modo seguro, si se detecta una entrada, los propietarios son notificados al momento con una llamada telefónica mediante el Servicio de Llamadas.

Esta casa pasiva tiene un régimen de visitas para conocer la instalación, sin embargo, cuando no hay nadie en casa no lo parece desde el exterior. La simulación de presencia deja activa la función del sombreado moviéndose como cuando hay visitantes, así como algunas luces determinadas.

En la puerta de entrada, el vídeo portero permite la gestión en remoto de la puerta, visualizando y actuando desde la App en Smartphones o tablets. La inclusión de llaves electrónicas además permite tener el control de los usuarios que entran, además de asignar diferentes permisos según las necesidades.

Por último, la casa incorpora también detectores de humo en todas las habitaciones de modo que, si hubiera cualquier incidencia al respecto, el propietario recibe una llamada de inmediato para actuar lo antes posible.

#### **Integrar el audio**

La Passivhaus Eisenstrasse tiene 3 zonas de audio: salón, oficina y sótano. Hay dos tipos de altavoces, integrados en el techo y en la superficie de la pared.

La ventaja de tener tres zonas diferenciadas es que puede reproducir música diferente de forma simultánea a las tres. En este caso, al disponer también de una sala de exposición, permite amenizar el espacio para un mayor confort. Integrado en las escenas, simplemente con un pulsador se activa iluminación, audio y si es necesario suben las persianas.



*Figura 6. Vista nocturna de la Passivhaus "Eisenstrasse"*

## CONCLUSIONES

Los principales criterios para construir una Passivhaus consisten en el aislamiento térmico para reducir la demanda energética en invierno y en verano; la ventilación, ya sea natural o mecánica optimizando la recuperación de calor, la renovación del aire y el control de estanqueidad; y por último, pensar en la orientación en el momento de diseñar la casa para aprovechar al máximo las condiciones meteorológicas del espacio.

En este contexto, añadir un sistema que permita una gestión inteligente de los dispositivos permite sacar el máximo partido al edificio, aumentando parámetros como la eficiencia, el ahorro o el confort.

Una completa integración del sombreado, con el sistema de clima, iluminación y sistema fotovoltaico ha conseguido que el edificio de ejemplo "Eisenstrasse" sea un espacio con un pleno control de todos los sistemas, que a su vez funcionan de forma automatizada según las preferencias del usuario.

## BIOMASA CONTENEDORIZADA, SOLUCIÓN DE INTEGRACIÓN DE BIOMASA CUANDO FALTA ESPACIO

Josep Vergés Fort, Técnico formador, Grupo Nova Energía

**Resumen:** Las calderas de biomasa son una buena solución para introducir las energías renovables para calefacción o ACS, con una generación de CO<sub>2</sub> neutra, evitando así el efecto invernadero y mitigando el cambio climático. Pero al requerir más espacio que las instalaciones clásicas, muchas veces son de difícil ubicación en edificios ya construidos. Para solucionar ese problema, se puede realizar la instalación con sistemas modulares prefabricados o con contenedores, que permiten además de su integración total en el entorno, su instalación donde no se podría construir una sala de calderas ordinaria por superación de límites constructivos, dificultad de integración, etc.

**Palabras clave:** Biomasa, Contenedor, Externalización, Caldera Biomasa, CO<sub>2</sub> Neutro, Solución Compacta

### INTRODUCCIÓN

Evidentemente siempre es mejor energía no gastada que cualquier energía incluso renovable. Pero cuando ya se ha hecho todo lo posible, de forma razonable, para reducir al mínimo el consumo de energía, el siguiente punto a analizar es qué energía vamos a utilizar para aportar la necesaria.

Lógicamente la primera opción para plantear su uso son las renovables, cosa que las hace sostenibles en el tiempo y evitan la producción de CO<sub>2</sub> contribuyendo a reducir el cambio climático.

Una de las posibilidades es la Biomasa. Tiene la ventaja sobre la solar o la eólica que se puede disponer de ella cuando la necesitamos, y de forma intensiva si hace falta, pues la producimos y la guardamos para cuando la necesitamos. Es una muy buena solución para producir ACS, calefacción, etc. cuando por ejemplo no hace sol suficiente.

Aunque la Biomasa ciertamente emite CO<sub>2</sub>, este se considera neutro, pues es un círculo cerrado de pocos años, en que con la ayuda del sol el árbol captura CO<sub>2</sub> y produce madera, y al combustionar la madera liberamos otra vez ese mismo CO<sub>2</sub>. Por eso se considera neutro.

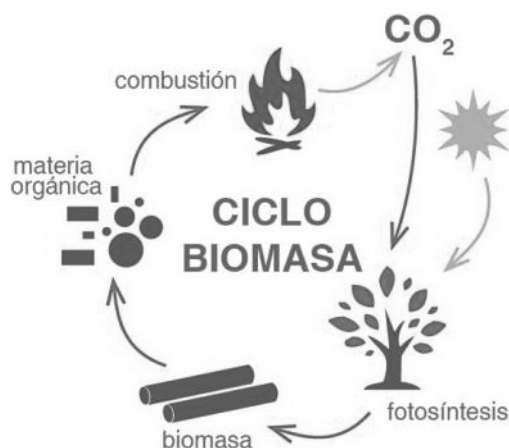


Figura 1. Esquema de liberación de CO<sub>2</sub> producido por combustión de biomasa

Además, si las calderas son de calidad, el rendimiento es muy alto, por encima del 90%, y las emisiones de partículas muy bajas.

Una vez tomada la decisión del uso de biomasa como vector energético en un edificio, el primer punto a resolver es dónde realizar esa instalación.

En un edificio de nueva construcción normalmente no será difícil, pues ya se realiza el diseño del edificio teniendo en cuenta los requerimientos necesarios. Pero muy a menudo en edificios antiguos, o en algunos casos en nuevos, puede haber elementos que dificulten o hagan inviable la instalación de calderas de biomasa.

Las razones más habituales son el volumen necesario del silo y las posibilidades de llenado del mismo, y por otro lado el mucho mayor tamaño de las calderas de biomasa respecto a las fósiles, además de la necesidad en la mayoría de los casos de un depósito de inercia con cierto volumen significativo.

En esos casos en que no es aconsejable o viable la instalación en los términos clásicos en que la caldera y el silo están en espacios interiores y/o integrados en el edificio, y se hace necesario algo externo, es cuando las soluciones contenedorizadas pueden ser una alternativa interesante. Especialmente cuando, por razones legales o de falta de espacio, no se puede construir el espacio necesario.

## SOLUCIONES CONTENEDORIZADAS, LA ALTERNATIVA POSIBLE

Entendemos por soluciones contenedorizadas cuando la caldera, el silo o las dos cosas se ubican dentro de un espacio prefabricado para contener esos elementos.

En instalaciones pequeñas, la solución más común consiste en colocar la caldera, el silo o las dos cosas dentro de un contenedor de tipo marítimo. Se fabrica en las instalaciones del proveedor y se coloca en el lugar definitivo en poco rato, con la ayuda de una grúa, se enchufa y a funcionar.



*Figura 2. Contenedor Biobox con caldera de biomasa, silo y depósitos de inercia*

Tiene la gran ventaja de su rapidez de instalación, sin prácticamente obra in situ (solo hace falta la adecuación de la base y la conexión de los tubos). No necesita proyecto de obra ni ocupa espacio constructivo (se considera provisional), lo que la hace una solución muy interesante en espacios protegidos o con serias limitaciones constructivas como parques naturales, zonas de interés arquitectónico, no disponer de espacio construible por cuota ya consumida, instalación temporal que luego se traslada a otro sitio, etc.



En instalaciones de más envergadura se recurre a unir varios contenedores, ganando así espacio para caldera y/o silo. En este caso también se suelen premontar parcialmente en la medida de lo posible, y luego se ensamblan in situ.

Tanto en un caso como otro, se puede realizar un acabado exterior de manera que en lugar de “aspecto de contenedor” quede integrado en el entorno, con acabados de madera, imitación de piedra, etc.

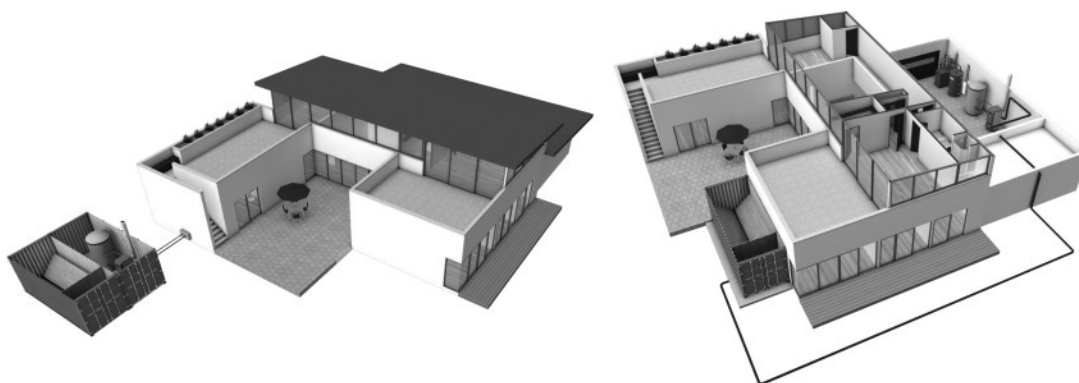


*Figura 3. Diferentes acabados para una perfecta integración arquitectónica*

Otro problema que ayuda a resolver el sistema contenedorizado, es que se pueden hacer registros al exterior del contenedor (siempre que sea accesible) para el mantenimiento de ciertas partes del sistema, permitiendo así que el sistema sea más compacto. Sería para entendernos como una máquina de aire acondicionado, que se quitan los envolventes para acceder a la maquinaria. En una sala de calderas normal se tendrían que mantener unas distancias mayores que a lo mejor no son posibles por falta de espacio.

Otra solución es utilizar módulos prefabricados de hormigón. También tiene la ventaja de la rapidez de montaje sobre la obra tradicional, pues muchos elementos ya se premontan en las instalaciones del proveedor. Y en un momento dado, también facilita el desmontaje y traslado. Y también se puede hacer un acabado integrado con el entorno.

Tanto el contenedor como el modular, se pueden adosar al edificio y así por ejemplo incorporar un silo y dejar la caldera dentro del edificio, o todo (caldera y silo) en el módulo pero fuera. O separado del edificio y ser la instalación completa.



*Figura 4. Muestra de algunas opciones de instalación: sala de calderas externa o solamente silo externo*

Otro formato interesante es el de “roof top” o instalación en tejado, ya sea en contenedor o con cierres ligeros. Si en sótano o plantas no hay espacio, se puede ubicar en el tejado, al igual que se hace con sistemas de aire acondicionado.

Normalmente se hace con pellet, que permite la carga neumática a una altura suficiente que lo haga viable, y se necesita un silo más pequeño comparado con la astilla.

Otra limitación de este planteamiento en tejado es la carga que pueda resistir el tejado, pero precisamente la ventaja del contenedor es que de por sí mismo ya es autoportante, con lo que ya distribuye bastante las cargas sobre el espacio ocupado. De ser necesario se podrán tacos distribuidos para que los pesos apoyen en las vigas del edificio. O incluso colocarlo sobre unas simples vigas puestas de manera adecuada a los soportes del edificio y luego simplemente dejar el contenedor encima.

Como alternativa se puede instalar simplemente la caldera en el tejado visitable, colocar un silo textil o de chapa y luego hacer unos cerramientos ligeros con sándwich. Dependiendo del espacio, dejando espacio interior para mantenimiento, o incluso si es necesario, que estos paneles se abran como puertas de garaje para acceder a la caldera.

## EJEMPLOS REALES DE INSTALACIONES

### Caldera de biomasa instalada en tejado

Caldera de pellet instalada en la azotea de una octava planta, para la producción de ACS en un albergue juvenil del centro de Barcelona.

En este caso se realizó un entramado de vigas para repartir las cargas, se colocó una caldera Froling P4 de 80kW, un silo textil de 5t, y los acumuladores de ACS. Posteriormente, así no interferían con a la grúa al montar, se construyó una cubierta y algún cerramiento parcial dejando otra parte abierta.



Figura 5. Contenedor metálico Biobox en azotea

### Caldera de biomasa en contenedor de hormigón prefabricado

Instalación de una sala de calderas de biomasa dentro de un contenedor de hormigón prefabricado realizada en un centro de discapacitados de Hondarribia, Guipúzcoa.



Figura 6. Imágenes del inicio y fin del contenedor prefabricado de obra Biobox

En este caso se preparó la base, en 2 días se realizó la construcción del edificio con los módulos prefabricados. Y mientras se realizaba el recubierto externo para integrarlo en los edificios del entorno, internamente se montaba la caldera Froling Turbomat de 250kW y el sistema hidráulico. En muy pocos días y sin casi perturbaciones en el entorno la instalación estuvo operativa.

### Caldera de biomasa en contenedor de metálico

Contenedor marítimo con caldera en su interior en conjunto de instalaciones municipales en Santa Pau (Girona). Esta instalación funciona como un mini District Heating que abastece al colegio de primaria, la guardería y el centro de día.



Figura 7. Contenedor metálico Biobox para caldera con silo de obra

Como no se disponía casi de espacio construible, se aprovechó una zona de acceso con espacio sobrante para ubicar allí el contenedor con la caldera Froling T4 de 130kW. La mínima cantidad de espacio construible se utilizó para la construcción del silo, en este caso de hormigón prefabricado, y la parte de la caldera en contenedor, que no cuenta como construcción. Estando lógicamente las dos partes adosadas.

## LA REGENERACIÓN URBANA: ADECUACIÓN DE EDIFICIOS, MEJORA TÉRMICA Y ENTORNO

Ana Isabel Menéndez Suárez, Gerente, Efinco

**Resumen:** De todos es sabido que el centro de las ciudades ofrece una excelente oportunidad para la regeneración urbana, puesto que las infraestructuras ya están creadas y los esfuerzos han de centrarse en adecuar los espacios libres y los edificios a las nuevas demandas de los usuarios. El reto que nos ofrece la ciudad es conseguir devolver estos edificios (en muchas ocasiones en estado ruinoso) a una nueva vida útil que se adecúe a los requisitos del Horizonte 20, pero manteniendo todo el encanto y la personalidad que les han dado los estilos arquitectónicos y los años. Nuestra propuesta pasa por analizar la rehabilitación de dos inmuebles situados en el madrileño barrio de Salamanca; Hermosilla 106 y Ayala 44, claros ejemplos de la oportunidad de regeneración llevados a la práctica.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Regeneración, Energía, Planificación, Eficiencia, Estrategias Pasivas, Sostenibilidad, Estrategias Activas

### HERMOSILLA 106 Y AYALA 44: EJEMPLOS DE REGENERACIÓN URBANA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL BARRIO DE SALAMANCA (MADRID)

Lo primero que se piensa cuando leemos regeneración urbana en el Barrio de Salamanca, es que este tipo de actuaciones siempre se llevan a cabo en zonas residenciales con poder adquisitivo, pero lo que realmente queremos transmitir es que en todos los barrios céntricos de ciudad, existen oportunidades para adecuar inmuebles en desuso y devolverlos convertidos en todo un ejemplo de EECN y no como un proyecto de I+d+i, sino como casos reales de las actuaciones, mejorando el barrio, generando negocio y aumentando el valor del inmueble de forma exponencial.



Figura 1. Vista aérea Ayala 44



Figura 2. Vista aérea Hermosilla 106

Estos dos inmuebles gestionados por la compañía **Mayers**, pueden ser unos excelentes ejemplos de distintas actuaciones a llevar a cabo en la regeneración de urbana de las ciudades.

- **Ayala 44** es un proyecto donde se adquiere el edificio, se rehabilita de un modo integral y se vuelve a poner en el mercado con su considerable revalorización. En este caso, debido a la catalogación de la fachada se mantiene en su totalidad así como su estructura, rehabilitándose por el interior y obteniendo una **calificación energética A**.
- **Hermosilla 106** es un proyecto donde el inmueble original no tiene una protección especial, por lo que se le permite la demolición total con la limitación, que el nuevo edificio, ha de tener unos

acabados y características estéticas similares a las existentes. Con soluciones diferentes se consigue alcanzar una calificación energética A.



Figura 3. Estado actual Hermosilla 106



Figura 4. Estado actual Ayala 44

Antes de apostar por una **mejora energética** ambos inmuebles ya se encontraban totalmente vendidos, pero siempre ha existido una preocupación por los aspectos relacionados con la energía y la sostenibilidad, con soluciones que ofrecen mejora energética “a posteriori” de la venta y no como reclamo para la misma.

Se pone de manifiesto que la eficiencia energética es más una **actitud hacia la mejora continua** de inmuebles, que un tema de marketing y costes. Los cambios para adecuar los proyectos, no han supuesto incrementos representativos en precios y la mejora en confort y ahorro de energía que supondrá para los futuros usuarios, han hecho tomar la decisión de transformarlos en EECN.

## Ayala 44: Una rehabilitación energética de edificio catalogado

Se trata de un edificio anteriormente perteneciente a la Seguridad Social y que ha sido adquirido para rehabilitarlo de forma integral, manteniendo toda su estructura y cerramientos, adecuándolo a los nuevos propietarios, incluye también bajos comerciales.

El proyecto contenía retos importantes, puesto que la fachada debía mantener toda su estética exterior y por lo tanto, la continuidad en los aislamientos y el tratamiento de los puentes térmicos resultó todo un reto.

Además, por ser en Madrid los requisitos de climatización y ACS apoyados en fuentes de energía renovable como la solar han resultado muy complejos de solucionar, puesto que la falta de espacio en cubierta y la orientación y los edificios adosados de mayor altura, impidieron llevar a cabo la justificación del aporte de la energía solar, teniendo que optar a otras alternativas.

### Soluciones Constructivas

Un estudio climático del entorno nos permite conocer las necesidades del inmueble a largo de todo el año y prever la mejor solución constructiva para evitar pérdidas de energía no deseadas.

La rehabilitación a llevar a cabo se ha basado en:

Minimizar la existencia de puentes térmicos, mediante el cálculo individual de cada uno de ellos. Aislamientos por el interior de las viviendas para preservar el aspecto exterior del edificio con una

estudiada reducción de espesores en fachada para garantizar la mayor superficie útil. Forjados aislados por la parte superior e inferior en cada planta que minimizan puentes al exterior y entreplantas.



Figura 5. Punteo térmico esquina saliente



Figura 6. Punteo térmico esquina entrante

- Carpinterías de madera con vidrios de altas prestaciones con cámaras interiores de gas argón, con una transmitancia en su conjunto de 1,52 w/m<sup>2</sup>k, mejorando la eficiencia de los huecos acristalados pero manteniendo la estética original.
- Todo el inmueble irá con ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor de alta eficiencia por vivienda, que permitirá una calidad del aire interior excepcional, recuperando el calor del aire viciado que sale al exterior y aportándolo al aire limpio que se introduce en la vivienda. Al llevar filtros a la entrada y salida del aire nos permite tener un mayor confort limitando la entrada de polución de la ciudad a la vivienda.
- Sistema de climatización con refrigeración a través de fancoils de techo y calefacción mediante suelo radiante a baja temperatura que permitirá un reparto más equilibrado del calor a lo largo de todas las viviendas. El sistema de generación de energía será a través de bomba de calor aerotérmica de alta eficiencia, al no poder instalar por las dificultades mencionadas anteriormente los paneles solares.

### Resultado

Al final, se ha buscado un equilibrio entre los sistemas activos y los pasivos para garantizar unos altos índices de confort interior, un máximo ahorro energético en el mantenimiento del inmueble y unas emisiones de CO<sub>2</sub> mínimas que garantizan una mayor sostenibilidad para el barrio.

La calificación final obtenida ha sido A, uno de los primeros ejemplos del barrio y con seguridad marcará el camino para las próximas rehabilitaciones a realizar en la zona.

Si se ha alcanzado este objetivo en un edificio a rehabilitar con unas condiciones muy rígidas de partida; con espacios y orientaciones dados de antemano, se puede hacer cualquier tipo de actuación en mejora energética sobre el resto de inmuebles en los que las fachadas no están tan condicionadas.

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:**

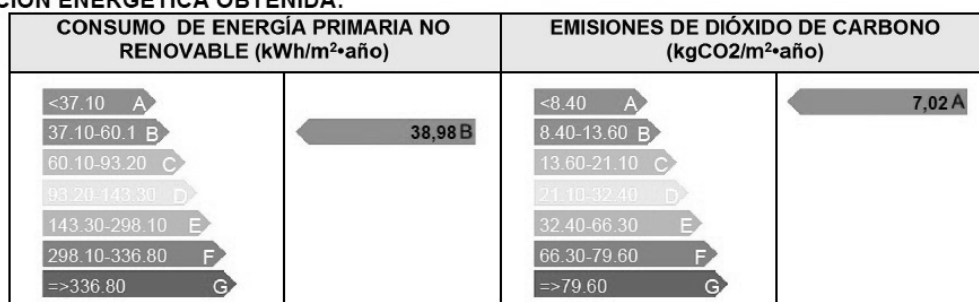


Figura 7. Calificación energética con herramienta HULC. Ayala 44

## Heramosilla 106: EECN para nueva planta

Si hablamos de regeneración urbana, no podemos olvidar aquellos edificios que no teniendo un elevado valor urbanístico han configurado el barrio tal y como se conoce hoy, pero pasados los años su deterioro se ha hecho más patente.

Heramosilla 106 es un ejemplo de integración y adecuación de un nuevo espacio en un barrio ya existente, que una vez construido no afectará a la estética exterior, sin embargo, a nivel interno alcanzará unos altos niveles de calidad y confort con un importante ahorro energético.



Figura 8. Heramosilla 106 y fachadas limítrofes

En este segundo proyecto, el tratamiento no ha sido de rehabilitación, puesto que el edificio se demuele, se ha estudiado como obra nueva teniendo en cuenta que se debía mantener la estética original (ver figura III).

Este proyecto parte con la ventaja de introducir los criterios de mejora de la envolvente en la fase anterior al proyecto de ejecución, tratando todo el edificio como un conjunto integrado. La envolvente será el edificio en su conjunto, incluyendo zonas comunes, puesto que, si se aíslan las viviendas de forma individual se perdería mucho más espacio útil el coste de ejecución resultaría mucho más elevado y técnicamente más complejo.

La orientación de este inmueble resulta mucho más ventajosa que en el caso anterior, pudiendo disponer de superficie en la cubierta para aprovechar la energía solar, además dispone de una buena orientación al sur.

### Soluciones Constructivas

El objetivo final ha sido realizar un aislamiento de la envolvente que no condicionara los metros cuadrados útiles, pero permitiera una reducción de la demanda final de energía en climatización importante, garantizando de este modo un confort interior durante todo el año y buscando el aporte de energía necesario, con equipos más simples que no requieran grandes instalaciones, ni complejos mantenimientos.

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

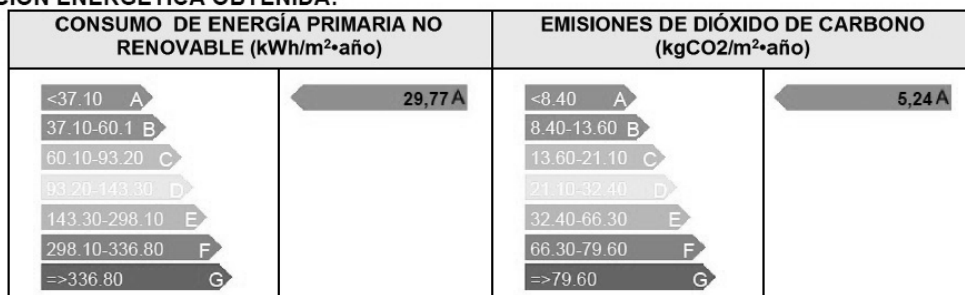


Figura 9. Calificación energética con herramienta HULC. Hermosilla 106

Entre las soluciones aportadas cabe comentar como más destacables:

1. Reducción de puentes térmicos estudiados de manera independiente a través del TERM en; esquinas salientes y entrantes, pilares, huecos de ventana (jambas y dinteles), forjados (encuentros con cubierta, con fachada exterior, frente de forjado) para las dos fachadas diferenciadas; la fachada principal y fachada de patio interior.
2. Aislamiento por el interior con dos capas de lana mineral; una continua en cerramiento y otra entre montantes en el trasdós interior. Los pilares de estructura son retranqueados para permitir el aislamiento en sus caras exteriores y continuarlo por el interior forrándolo, para evitar puentes térmicos.
3. La carpintería en este caso será de aluminio con vidrios de altas prestaciones con control de factor solar, con una transmitancia del conjunto de 1,34 w/m.
4. Para garantizar la renovación óptima de aire en las viviendas se instalará ventilación mecánica de doble flujo para el conjunto del edificio con una instalación centralizada. Estos equipos poseen filtros a la entrada y salida que hacen que el aire entre en excelentes condiciones (retienen partículas de polvo y polen) y precalienta el aire exterior que entra, ahorrando en gasto de calefacción.
5. Instalación de climatización mediante sistema doble; *suelo radiante* para la calefacción, permitiendo una difusión más homogénea del calor a lo largo de toda la vivienda, evitando sensación de *pies fríos*. E instalación en techos de refrigeración mediante fancoils, puesto que el frío tiende a estratificar hacia abajo refrescando de manera más rápida.
6. Los equipos de producción serán de alta eficiencia a través de bombas de calor aerotérmicas que aprovechan la temperatura del aire para generar energía y apoyados con sistemas de energía solar para el ACS, ambos fuentes de energía renovables.

### Resultado

Como cabe esperar el resultado de comportamiento energético de este inmueble es excelente, el estudio desde la fase de diseño ha permitido adecuar soluciones de forma más integrada y al mismo tiempo optimizar los recursos económicos.

El resultado final, ha sido un nuevo edificio para el barrio con una **calificación energética A** que cumple con la integración, sustituyendo a un edificio muy deteriorado. Obteniendo un nuevo inmueble con un alto índice de ahorro energético y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> muy superior al de los edificios existentes en el entorno, aportando una mayor sostenibilidad del barrio y a la ciudad evitando el aumento de la contaminación en la ciudad.

### Resumen y comparativa de resultados

Ambos inmuebles tienen tan solo en común que se encuentran dentro del mismo barrio, pero el resto de soluciones son distintas. Rehabilitación y planta nueva son los aspectos sobre los que se van a actuar



dentro de la regeneración de barrios y ambos casos es factible adecuar los inmuebles a EECN como se ha demostrado.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	29,77 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	A
		14,43		4,36	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	-
		10,98		-	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) <sup>1</sup>					

Tabla I. Consumo global energía primaria no renovable Herмосilla 106

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	45,27 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	A
		32,53		5,31	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	-
		7,43		-	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) <sup>1</sup>					

Tabla II. Consumo global energía primaria no renovable Ayala 44

Obviamente, los resultados dentro de cada inmueble nunca serán iguales. Estamos hablando de edificios con un elevado confort tanto frente al frío como al calor, pero si nos fijamos en el consumo de energía primaria no renovable los consumos varían en Ayala 44 estamos en letra B y en Herмосilla es una A y si se busca un tercer ejemplo tendrá otro resultado, lo que se trata es de optimizar cada proyecto para integrarlo dentro del barrio produciendo sinergias.

La regeneración urbana es posible en todos los niveles del barrio, obra nueva y rehabilitación encaminados siempre a la consecución de EECN.

A partir de este punto, quedaría identificar con un concepto claro que se entiendo por esta tipología de edificios y seguir el camino de la mejora, introduciendo cada vez más inmuebles que lastren las futuras actuaciones dentro de los barrios y ciudades.

# REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL CENTRO CÍVICO DE CAN PORTABELLA DE BALANCE ENERGÉTICO NETO

Josep Bunyesc Palacín, Dr. Arquitecto, Josep Bunyesc

**Resumen:** Se plantea rehabilitar y ampliar el edificio existente en Can Portabella del S.XIX que funciona como edificio para actividades sociales del barrio de Sant Andreu de Barcelona. Está obsoleto a nivel de instalaciones equipamientos durabilidad y de flexibilidad de espacios. Se amplía su superficie y se rehabilita la parte existente manteniendo fachadas y el primer forjado. Los criterios para esta intervención y mejora se basan en el uso de materiales de bajo impacto ambiental y la reducción del consumo de recursos por este motivo se mantiene todo lo posible del existente, y la parte ampliada reconstruida es con estructura de madera y aislamientos naturales. Se aumentan las aberturas para la captación solar pasiva en invierno y se instalan protecciones solares a las aberturas. A nivel de instalaciones se reducen al mínimo con un sistema de clima de bomba de calor aire agua para frío y calor. Usa sistema de ventilación con recuperación de calor y bypass para refrigerar en verano por la noche. En la cubierta se instalan paneles fotovoltaicos, 40m<sup>2</sup> para generar la energía que el edificio necesita consumir a lo largo de todo el año. De esta forma un edificio con una demanda de unos 14kWh/m<sup>2</sup> se ve nutrido por su cubierta solar de esta energía que necesita.

**Palabras clave:** Rehabilitación Energética, Balance Neto, Madera Estructural, Aislamientos Naturales, Cierre de Ciclos, Generación Fotovoltaica, Eficiencia Energética

## INTRODUCCIÓN

El actual edificio del S.XIX reconvertido varias veces desde la época industrial hasta edificio de equipamiento del barrio. Era un centro cívico con varias deficiencias estructurales y de actualización de normativas de los espacios. Se propone rehabilitarlo y al mismo tiempo ampliarlo para tener más espacio de talleres, salas polivalentes y abrir al espacio público el jardín que envuelve el edificio que hasta el momento permanecía cerrado.

## ESTRATEGIA ARQUITECTÓNICA

Se conservan las fachadas del edificio existente y el forjado del techo de planta baja, del cual quedan vistos los revoltones manuales y viguetas metálicas existentes a modo de falso techo y protección del forjado nuevo de madera estructural. En ésta parte del edificio se mantiene algún arco y pilares de fundición originales que conservan y dan continuidad al aspecto original del edificio de la época industrial de finales del S.XIX.



Figura 1. Planta primera del edificio

La parte de estructura de nueva construcción se construye con madera, contralaminada o entramado ligero según la situación.

Se recupera el patio original central creando un vacío a la parte sur de la segunda planta que permite convertir el patio central en un lucernario con entrada de luz lateral para maximizar el aporte en invierno y limitarlo con su voladizo en verano. Este patio permite tener luz natural en el centro del edificio y una relación visual general que permite entender el edificio justo al entrar.

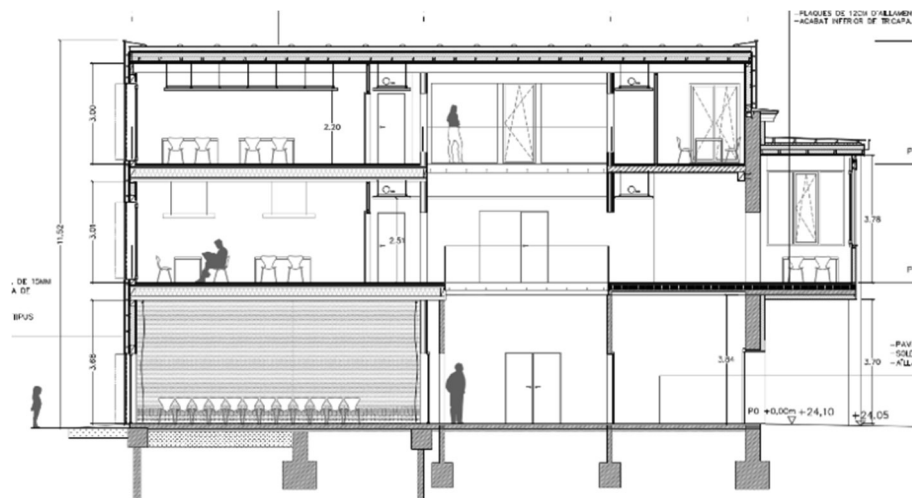


Figura 2. Sección longitudinal

Se mantienen las aberturas existentes a excepción de la central en la fachada sur que se amplia para aumentar el aporte solar pasivo en invierno.

Todas las aberturas tienen su sistema de control solar regulable en el exterior con persianas orientables o porticones con la chapa troquelada del resto de la fachada ventilada de la parte ampliada.



Figura 3. Relación entre la parte existente y la parte construida de nuevo y ampliada (izquierda) y sala de actos con estructura integra de madera contralaminada aparente (derecha)

## ESTRATEGIA CONSTRUCTIVA

La nueva estructura de muros de fachada es de madera de entramado ligero con su aislante en el interior de 16cm. En la parte rehabilitada se aíslan los muros de mampostería de piedra de 45cm de grosor por el exterior con un aislamiento de fibra de madera de 12cm y con un mortero de acabado transpirable. Esto le garantiza una estabilidad térmica importante por el hecho de guardar en la parte interior la gran masa del muro existente que regulará los saltos térmicos día-noche y los usos intermitentes de aportes internos.



*Figura 4. Espacio central de circulaciones con el atrio y lucernario con anillo de instalaciones vistas con paneles de absorción acústica*

Los muros de carga nuevos, en el interior, también son de madera contralaminada vistos y con RF90 gracias a su grosor que actúa como autoprotección a la carbonatación.

Los forjados son de madera maciza laminada o contralaminada con chapa flotante acústica por la parte superior y un linóleo de acabado.



*Figura 5. Interior de una de las salas de planta primera e imagen de los 12 cm de fibra de madera como aislante perimetral exterior de la fachada existente*

La cubierta, también de madera, con aislamiento de algodón reciclado de 24cm a la parte superior con acabado de chapa ventilado.

Toda la parte estructural de madera es de grosores considerables, ya que en algunos lugares como el salón de actos salva luces de 8,5 metros. Es por eso que suma más de 150m<sup>3</sup> de madera. Además, en su totalidad capturan más CO<sub>2</sub> en su interior que todo el proceso de obra y sus materiales utilizados, siendo esta obra de rehabilitación una intervención a nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> positivo. Así, cada kilogramo de madera puesto en obra guarda 1,5kg de CO<sub>2</sub> en su interior.

Los cerramientos son de madera con vidrios bajo emisivos y oscilobatientes.

## INSTALACIONES ACTIVAS

Con las instalaciones se intentan mantener los mismos criterios, ya que el edificio funciona lo máximo posible a nivel pasivo. Hoy en día, esto no es evidente en un edificio de uso público con la normativa actual.

Durante el proyecto aparece la propuesta de que el edificio sea de balance neto. Gran oportunidad para llevarlo a cabo con el presupuesto estándar de origen.

La estrategia es destinar al sistema fotovoltaico todo el presupuesto que rebajamos de instalaciones convencionales por el simple hecho que el edificio, al ser muy eficiente, no necesita gran maquinaria.

La demanda energética de calefacción y refrigeración es inferior a  $14\text{kWh/m}^2$  al año. La potencia máxima del sistema de clima con unos  $10\text{kW}$ , lo cual es suficiente para todo el edificio. Estas instalaciones son más propias de un edificio unifamiliar que de un terciario de  $800\text{m}^2$ . Aquí está el margen de ahorro para poder instalar  $40\text{m}^2$  de paneles fotovoltaicos en la cubierta que subministraran más de  $12.000\text{kWh}$  anuales que supera la estimación de demanda del edificio.

El sistema de clima es mediante una bomba de calor que contiene el fancoil más pequeño del mercado en cada sala de  $1.600\text{W}$  aproximadamente.



*Figura 6. Cubierta fotovoltaica*

Un sistema de ventilación con recuperación de calor está instalado con dos sectores, uno al edificio y el otro a la sala de acotos independiente para que solo ventile cuando está en uso con sonda de  $\text{CO}_2$ . En el sistema de ventilación se prepara un bypass para ventilar y refrigerar el edificio con freecooling durante las noches de verano.

Se prepara un manual simplificado para los usuarios para que sepan, según la época del año y la orientación de la sala que utilizan, que estrategias bioclimáticas para el confort interior pasivo tienen que utilizar, ya que un buen uso será importante para garantizar más producción que consumo de energía al cabo del año.



*Figura 7. Vista de la fachada este con unos paneles fotovoltaicos en la coronación del edificio*

Para reducir el consumo, por ejemplo, se instala un ascensor que funciona a través de la energía generada por las baterías que contiene, de manera que solo consume 500W de manera puntual para su uso. Se adopta esta medida por ser, normalmente, un gran consumidor puntual de energía. Así pues, se puede regular y aprovechar mejor la energía fotovoltaica producida in situ.

El edificio no necesita agua caliente sanitaria dado su uso.

La iluminación es con leds en todas las zonas del edificio y con reguladores de intensidad. En cambio, solo en algunas zonas hay tiras leds de muy bajo consumo y buen rendimiento del color con detectores de presencia.

En la terraza se instala un depósito de recuperación de agua de la lluvia con grifo directo para regar las plantas de la terraza sin usar bombeo.

Estas cualidades energéticas permiten poder certificar el edificio como PASSIV PLUS. Y es un Zero Energy Building con la base de un edificio existente profundamente rehabilitado.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Demostramos en este ejemplo construido para una administración pública, el Ayuntamiento de Barcelona, que es una realidad poder transformar un edificio existente en un edificio que genera más energía de la que consume a lo largo del año con el presupuesto de bases estándar para la tipología de edificio del cual se tenía el encargo.

Es un ejemplo de ampliación y rehabilitación extrapolable a casi la totalidad de los edificios construidos en el país y una prueba de que los edificios de energía positiva no son un sueño sino una realidad, incluso partiendo de la rehabilitación de un edificio existente del S.XIX.

## AGRADECIMIENTOS

Al distrito de Sant Andreu en Barcelona i a BIMSA que han confiado en la propuesta desde el inicio y han apostado para llevar a cabo una propuesta ejemplar para muchos otros casos en situaciones similares.

## CASO TECTUM: PRIMERA AEROTERMIA EN BLOQUE DE VIVIENDAS EN ASTURIAS

Aser Moris Rodríguez, Ingeniero Industrial, Moris Arroes

**Resumen:** El caso Tectum trata del primer proyecto que se ha realizado en Asturias para un bloque de viviendas en el cual se aporta toda la calefacción y la producción de agua caliente sanitaria mediante únicamente una bomba de calor Aire – Agua o Aerotermia de Vaillant modelo geoTHERM VWL 171/3 S llevada a cabo el diseño e instalación por Moris Arroes. El bloque de viviendas es una rehabilitación del edificio existente, el cual aumenta su valor añadido debido a la mejora lograda en su calificación energética. Además, se llevan a cabo medidas para tener la instalación monitorizada a nivel de consumos y regulación para disponer de información sobre los costes e identificar las formas de mejora. Contadores de energía en viviendas, sala de calderas, bomba de calor, módulos de producción de agua caliente y regulación de temperaturas en función de temperatura ambiente para calefacción.

**Palabras clave:** Aerotermia, Bloque de Vivienda, Calefacción en Edificios Inteligentes, Alta Eficiencia en Calefacción

### INTRODUCCIÓN

El bloque de viviendas a estudiar necesitaba alcanzar una calificación energética B para que el proyecto fuese viable, con instalaciones de gas natural con calderas de condensación solo se llegaba a la letra C, y la otra opción inicialmente valorada que era la caldera de pellets ocupaba demasiado espacio, el cual al estar en el centro de la ciudad de Gijón, significaba un gran coste. Se buscaba una solución que necesitase poco espacio y que además resultase más eficiente que el gas natural. Así se llega a la solución de optar por una opción que hasta ese momento no se había llevado a cabo en Asturias para bloque de vivienda, la bomba de calor aire agua, Aerotermia. Resultando una opción que aporte mejoras económicas para la propiedad, mejoras medioambientales al disminuir emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía primaria y mejoras tecnologías ya que después de este proyecto ya se están realizando otros con Aerotermia.

### PROYECTO

El bloque de viviendas esta en Gijón en la calle Merced, el bloque de viviendas está compuesto por 5 viviendas con una que está en el bajocubierta, que contabilizan un total de 226 m<sup>2</sup> para calefactar. La instalación está definida para usar radiadores como emisor final, ya que el suelo radiante en este caso tiene una muy compleja instalación. Un distintivo de Tectum, empresa promotora asturiana, es que sus construcciones no están pensadas para la venta de la vivienda sino para el alquiler de la misma, por lo que cobra vital importancia poder aportar las mejores calidades y menores costes posibles al posible arrendado, aumentando el valor añadido percibido por el cliente final. Debido a esto los niveles de aislamientos proyectados aumentan considerablemente los mínimos exigidos por el CTE del 2006 así como la necesidad de que la construcción pueda llegar como mínimo a una calificación energética B.

### CÁLCULO NECESIDADES Y SIMULACIÓN 3D

Para comenzar con el análisis de posibilidades térmicas para esta edificación, se han de definir las necesidades de calefacción y agua caliente que tendrán las viviendas a nivel individual y nivel colectivo para poder analizar también las opciones de centralización para la producción de agua caliente sanitaria. Para llevar a cabo este cálculo se utiliza el software informático CYPE en la versión 2013. En el programa lo que se hace es intentar reproducir al nivel de detalle toda la edificación, definiendo cada uno de los cerramientos que forman la envolvente térmica. Las condiciones generales para el cálculo son: emplazamiento Gijón, temperatura exterior de diseño 1.20°C, temperatura media exterior anual 13.35°C,

temperatura del terreno 6.40°C, porcentajes de mayoración de carga: N 20%, E 10%, O 10%, S 0%, y con una mayoración de cargas en invierno por intermitencia de 8.0 %

Teniendo como resultados de la simulación que la vivienda demanda en su momento máximo 16.807,20 W, con una media de 41,4 W/m<sup>2</sup>. Estos resultados resultan un poco distintos a los esperados para un bloque de viviendas en los que la demanda estaría cerca de los 60W/m<sup>2</sup>. Esta variación provocada por el aumento del aislamiento abre totalmente el abanico de posibilidades para la instalación térmica del bloque de viviendas.

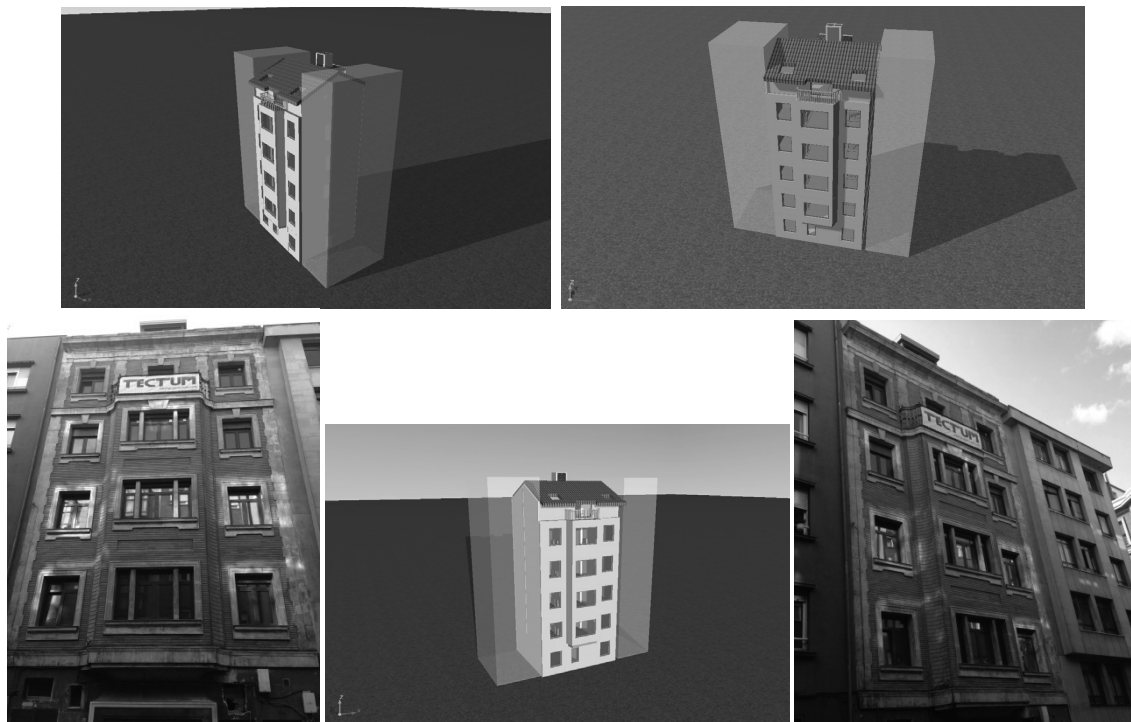


Figura 1. Vivienda Original y Simulación

## OPCIONES, CONDICIONANTES, APORTACIÓN SOLAR

Una vez definida la demanda del bloque de viviendas ya se puede analizar qué solución es la más adecuada en la balanza técnica- económica. En principio no habría ninguna opción que no se pudiera llevar a cabo aunque si es cierto que a nivel técnico y económico al ser una vivienda ya existente, la opción geotérmica perdería atractivo, al disponer de poco espacio y con una cimentación ya ejecutada. Por otro lado, se dispone de acometida de gas natural con lo cual se podría prescindir de la opción de gas propano que requeriría espacio para el depósito y además resulta más caro. De forma análoga también se puede eliminar la opción con gasóleo. La instalación de folio eléctrico, aunque tiene un coste de inversión muy pequeño, empeoraría mucho la calificación energética de la vivienda, además supondría unos costes excesivos, al ser la forma más cara de calefactar cualquier vivienda. Con estas alternativas ya apartadas del proceso de selección, solo quedarían viables: caldera de pellets, caldera de gas de condensación y bomba de calor Aerotérmica.

La caldera de pellets tiene a su favor que facilitaría obtener una alta eficiencia energética para la vivienda, calificación A. Pero en contra tiene que no se dispone de espacio suficiente para la instalación del silo, con lo cual para llevarlo a cabo habría que disminuir la superficie del bajo comercial, con el coste económico que esto conlleva, con lo que se decide abandonar esta opción.



La caldera de gas con condensación y apoyo de energía solar térmica es la opción más convencional que se tiene en el mercado, la opción de un sistema centralizado de calefacción y ACS o individual, además de tener mejores rendimientos que las otras alternativas de combustión. El aspecto negativo de esta opción sería que la calificación energética máxima sería una C, y la más normal sería una D.

La bomba de calor aire agua o Aerotermia sería la última alternativa viable, frente al gas tiene ventajas como un coste anual menor, una mejora en la calificación energética, llegando a B, se necesita muy poco espacio, no se necesita ninguna chimenea y es la opción más limpia al no necesitar combustiones. La inversión inicial sería ligeramente superior pero amortizable en el medio plazo. Con esta alternativa se pueden dejar de instalar los paneles solares térmicos al poder justificarse la aportación renovable de la instalación mediante el documento del IDEA “Metodología de Cálculo para considerar las BC renovables”.

**SPF= COP nominal x FP x FC**

**COP nominal:** obtenido en condiciones de ensayo => certificado por el fabricante

Datos técnicos Unidad Interior	Unidad	VWL 61/3 S	VWL 81/3 S	VWL 101/3 S	VWL 141/3 S	VWL 171/3 S
Potencia calorífica <sup>1</sup>	kW	6,4	8,4	10,3	15,4	18,1
Coefficiente de rendimiento COP <sup>1</sup>		4,3	4,5	4,3	4,4	4,3

**FP:** factor de ponderación que tiene en cuenta las distintas zonas climáticas

**Tabla 4.1: Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de caloren función de las fuentes energéticas, según la zona climática.**

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

**FC:** factor de corrección que tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP de ensayo. Las temperaturas de trabajo para calefacción será 40°C.

**Tabla 4.2: Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.**

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Para los FP y FC se ha utilizado el documento “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas”. Asturias supone un 30% de la demanda de ACS con renovables. Ese 30% de aporte renovable lo podemos aportar con calefacción o con ACS.

**SPF= 4,3 x 0,75 x 0,87= 2,80 >> 2,5 BC Renewable**

Como lo que quiere la propiedad, Tectum, es tener un inmueble de alto valor añadido esta opción es la que mejor se adapta a las necesidades y a los condicionantes de la propiedad.

## INSTALACIÓN DE AEROTERMIA Y RADIADORES

Al final se opta por la opción de bomba de calor aire agua con instalación de radiadores. La instalación calefacción y producción de agua caliente sanitaria se hará centralizada de forma que a la entrada de cada vivienda se instalarán contadores de energía para cuantificar los consumos de cada vivienda y contadores de agua para contabilizar el número de litros de ACS consumidos.



Figura 2. Instalación Unidades Exteriores Bomba de Calor

La bomba de calor seleccionada es geoTHERM VWL 171/3 S del fabricante Vaillant. La bomba de calor tiene dos unidades exteriores y una unidad interior, la conexión entre ambas se hace con una mezcla de agua y anticongelante. La unidad interna se conecta con un depósito multienergía ALLSTOR de 1000 litros de capacidad de Vaillant, con dos entradas de calor: una más alta para el agua caliente sanitaria y otra más abajo para la calefacción, en función de la demanda y la temperatura exterior se adaptará la temperatura de impulsión en la salida de la bomba de calor, 40 °C para calefacción y 45°C para el ACS.

En las salidas del depósito se tendrán las posibilidades de calefacción y de ACS. La salida para calefacción ira a una bomba de circulación de alta eficiencia y adaptación de caudal según demanda que alimentará cada vivienda cuando el termostato de cada una de ellas de señal y abra la zona a calefactar. La salida de ACS ira a un módulo instantáneo de producción de ACS con capacidad para producir hasta 45 litros de ACS por minuto.

Los emisores de calor en las viviendas serán radiadores, pero estarán dimensionados para un salto térmico de 30º, no para saltos térmicos de 50ºC ó 60 ºC. Con lo que se considera que cada elemento del 600 nos proporciona 61 W en vez de los 152 W que aporta cuando se trabaja con salto térmico de 60ºC.

## ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN

Desde luego el aspecto económico es uno de los aspectos que más influyeron en la viabilidad del proyecto. A continuación se presentan los costes anuales que conllevarían cada una de las tecnologías para la calefacción y ACS, en las condiciones de 21ºC de Septiembre a Mayo durante 12 horas y 18ºC el resto del día. Como se puede observar la opción más económica nivel de uso es la geotermia pero la inversión inicial sería desproporcionada y de muy difícil ejecución. A continuación ya tendríamos la bomba de calor aire agua, la caldera de pellets y la caldera de gas de condensación. Con lo que desde el punto de vista del coste anual la bomba de calor es la mejor opción.

Demandas anuales	Calefacción	ACS	Aportación Solar ACS	Costo Anual	Emisión CO <sub>2</sub>	Energía Primaria
	<b>32.883 kWh.</b>	<b>8.232 kWh.</b>				
Eléctrico	5.820 €	728 €	30%	6.549 €	16.404 kg	101.184 kWh
Gas Natural	2.852 €	576 €	30%	3.428 €	10.360 kg	49.132 kWh
Gas Propano	3.610 €	685 €	30%	4.295 €	10.443 kg	49.502 kWh
Gasóleo	3.697 €	719 €	30%	4.415 €	12.786 kg	48.597 kWh
Pellets	1.896 €	435 €	0%	2.331 €	740 kg	45.760 kWh
<b>BOMBAS DE CALOR</b>	<b>Calefacción</b>	<b>ACS</b>	<b>Apoyo</b>	<b>Total</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>E. Primaria</b>
Geotermia	1.319 €	351 €	Eléctrico	1.670 €	2.972 kg	18.336 kWh
	7.451 kWh.	1.982 kWh.	2 kWh.	<b>Apoyo Máx.</b>	1,0 kW.	5 h.
Aeroterminia	1.637 €	380 €	Eléctrico	2.017 €	4140 kg	25.535 kWh
	10.376 kWh.	2.714 kWh.	0 kWh.	<b>Apoyo Máx.</b>	-----	0 h.

Tabla I. Costes, emisiones y energía primaria de las tecnologías disponibles

Para poder analizar la inversión de forma global también se ha de tener en cuenta la inversión inicial necesaria. En el caso de la caldera de gas de condensación con apoyo de energía solar térmica la inversión sería de aproximadamente 20.500 € mientras que la inversión en aeroterminia ascendería a 31.991 €. Conociendo los costes anuales de consumo que son de 3.428 € para la caldera de gas y de 2.017 € para la bomba de calor y que el incremento medio del precio del combustible es del 6% para el gas natural y del 8% para la electricidad. Se puede determinar que la sobreinversión de la bomba de calor se amortiza frente al gas en 6,87 años. Provocando un ahorro en 10 años de 4.780 €, además de la mejora en la calificación energética de una letra D a una B.

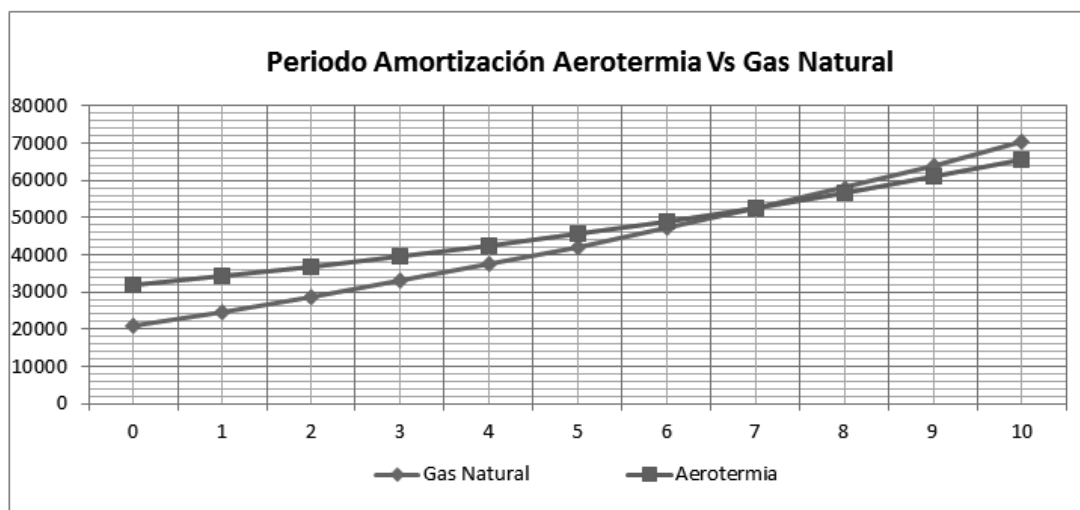


Figura 3. Periodo de Amortización de la bomba de calor frente a centralización con gas natural

Para la verificación de todos estos resultados se instalan contadores de energía eléctrica y térmica en diferentes puntos de la instalación: entrada a viviendas, sala de calderas, cuadro eléctrico de alimentación

a sala de calderas y elementos comunes de la centralización, como módulo instantáneo de agua caliente sanitaria, bomba de recirculación y bomba de calefacción, válvulas de 3 vías motorizadas

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

La calificación energética obtenida con la vivienda alcanza la B, como se aprecia en la etiqueta, esto principalmente se debe a todas las medidas llevadas por parte de Tectum en el aislamiento de la vivienda, a la bomba de calor Vaillant que alcanza un alto COP y al esquema de funcionamiento proyectado por Moris Arroes que logra maximizar los rendimientos mediante la diferenciación de temperaturas para calefacción y ACS. Se logran frente a la emisión de 23,0 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> del edificio de referencia a los 9,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> del edificio objeto.

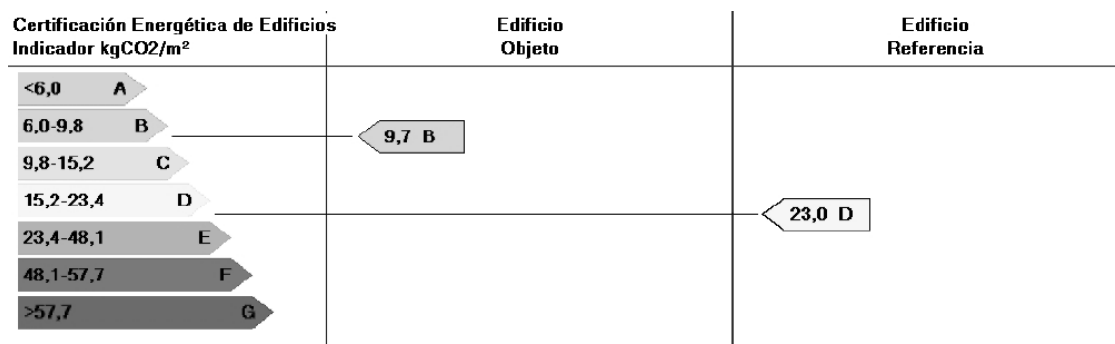


Figura 4. Resultados de Calificación Energética

## CONCLUSIONES

TECTUM, que valora el valor añadido y que piensa en el medio y largo plazo se ha podido proyectar y llevar a cabo una instalación muy diferente a lo convencional, que alcanza niveles de eficiencia mucho más altos y que realmente se adapta a las necesidades de la edificación. Moris Arroes y Vaillant han llevado a cabo un análisis completo que nos ha permitido desde la simulación 3D conocer el proyecto al detalle, lo que hace poder prever los costes de uso de las instalaciones y no solo con el uso de COP puntual sino con una aproximación al COP estacional, que es el que realmente define el rendimiento de la bomba de calor. Valorando todas las alternativas es como realmente se logra ver cuál de ellas se adapta mejor al edificio en estudio y en este caso es la bomba de calor aire agua. Además, se continúa la monitorización de toda la instalación para cuantificación de consumos.

# REHABILITACIÓN DE EQUIPAMIENTOS PÚBLICOS MUNICIPALES CON CRITERIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO

**Gil Lladó Morales**, Técnico de energía, Àrea Metropolitana de Barcelona  
**Ana Romero Calix**, Jefa de sección de Sostenibilidad y Educación, Àrea Metropolitana de Barcelona  
**Julia Hereza Atienza**, Àrea Metropolitana de Barcelona  
**Micheel Wassouf**, Director, Energiehaus  
**Berta Pujol**, Colaboradora

**Resumen:** la Dirección de Servicios Ambientales del AMB ha realizado un estudio de rehabilitación de edificios públicos municipales con criterios de consumo de energía casi nulo (nearly Zero-Energy Buildings) en tres escuelas de sus municipios, tras un proceso de identificación y selección de edificios candidatos, con el objetivo de crear un modelo de escuelas nZEB. En estos momentos de falta de definición de los criterios nZEB en nuestro país, el estándar Passivhaus ha sido reconocido en alguna ocasión por fondos FEDER, como estándar asimilable a nZEB a efectos de concesión de dichos fondos. Se valoran tres alternativas de rehabilitación energética para cada edificio: la rehabilitación para cumplir el estándar Passivhaus certificable, una propuesta de Passivhaus adaptado al clima mediterráneo y otra para adquirir la cualificación energética B. En dicha valoración se han incluido los gastos del proyecto y la dirección de obra teniendo en cuenta las diferentes ayudas destinadas a la rehabilitación energética de edificios públicos disponibles actualmente. Se han obtenido interesantes resultados de reducción de demanda de calefacción (86-89%), consumo de gas (72-80%) y emisiones de CO<sub>2</sub> (55-75%), así como una mejora de la salubridad del aire interior y del confort térmico, además de una razonable amortización de la inversión. Como resultado al estudio, dos de las escuelas estudiadas, llevarán a cabo la obra de rehabilitación durante 2016-17.

**Palabras clave:** Ahorro Energético, Eficiencia Energética, Energía Casi Nula, Estándar Passivhaus, Rehabilitación NZEB

## INTRODUCCIÓN

Con el fin de promover la competitividad, la sostenibilidad y la seguridad del suministro energético, la Comisión Europea ha elaborado una serie de políticas y medidas. En el marco legislativo actual, la Directiva Europea 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios, establece como objetivo para el 31 de diciembre de 2020 que todos los edificios nuevos tengan un consumo de energía casi nulo. Para edificios públicos este objetivo se adelanta dos años, a 31 de diciembre de 2018.

En España, el sector de la edificación es uno de los que consume mayor cantidad de energía generando alrededor de dos tercios de las emisiones de CO<sub>2</sub>, de ahí la importancia de implementar la normativa a edificios ya existentes con el fin de mejorar su eficiencia y avanzar hacia una transición energética sostenible. Actualmente existen diversas ayudas tanto europeas como estatales para que administraciones y privados puedan llevar a cabo estas rehabilitaciones, por ejemplo, los fondos FEDER de la Comisión Europea y el programa PAREER CRECE del IDAE.

Des del Àrea Metropolitana de Barcelona se quiere impulsar esta iniciativa mediante la creación de un modelo metropolitano de escuelas nZEB (nearly Zero-Energy Buildings), favoreciendo además, la oportunidad de transmitir a la población más joven valores de respeto al medio ambiente. Es por eso que el estudio presentado muestra la viabilidad técnica y económica de tres alternativas de rehabilitación energética en tres escuelas de sus municipios, siguiendo el estándar Passivhaus.

## ESTUDIO PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA CON CRITERIOS NZEB

El estudio tiene como objetivo valorar la viabilidad técnica y económica de la rehabilitación de tres centros educativos de diferentes municipios del territorio metropolitano cumpliendo criterios de estándar Passivhaus y, de este modo, convertirlos en edificios de consumo casi nulo.

El estándar Passivhaus es un modelo de construcción alemán de demanda energética realmente baja pero con un gran confort térmico y acústico, garantizando una buena calidad del aire interior del edificio. Estas características hacen que dicho estándar sea el adecuado para ser utilizado en colegios ya que tienen una elevada ocupación interna, no tienen equipos de refrigeración y necesitan altos requerimientos sobre la salud y el confort.

Sus estrategias de diseño se basan en la compactidad, orientación y protección solar, en el aislamiento térmico y la ausencia de puentes térmicos, en la alta calidad de las ventanas, una ventilación controlada con un alto nivel de hermeticidad, una ventilación adecuada en verano y una ventilación adicional nocturna.

En los últimos 10 años se ha comprobado la eficacia de éste estándar en clima mediterráneo gracias a la monitorización de diferentes edificios españoles.

## Los tres casos de estudio

El Departamento de Enseñanza de la Generalitat de Catalunya gestiona 2.323 centros educativos con una superficie media de 3.128 m<sup>2</sup>. El consumo energético de los centros correspondientes a la provincia de Barcelona (354 centros) se estudió en el Plan de Acción para la Energía Sostenible promovido por la Diputación de Barcelona. De dicho estudio se observa que los consumos medios están dentro de un rango bastante amplio (68-122 kWh/m<sup>2</sup>·año) y que la contribución térmica supone entre un 63 y 87%.

El estudio realizado se ha centrado en determinar la viabilidad de rehabilitar tres centros educativos siguiendo criterios de emisión casi nula:



### Escuela Margalló

Municipio: Castelldefels

Superficie: 2.700 m<sup>2</sup>

Año de construcción: 1997

Existencia de aislamiento en la envolvente: Sí

Consumo energético: 146 kWh/m<sup>2</sup>·a



### Escuela El Garrofer

Municipio: Viladecans

Superficie: 3.300 m<sup>2</sup>

Año de construcción: 1974

Existencia de aislamiento en la envolvente: NO

Consumo energético: 89 kWh/m<sup>2</sup>·a



**Escuela Cascabell**

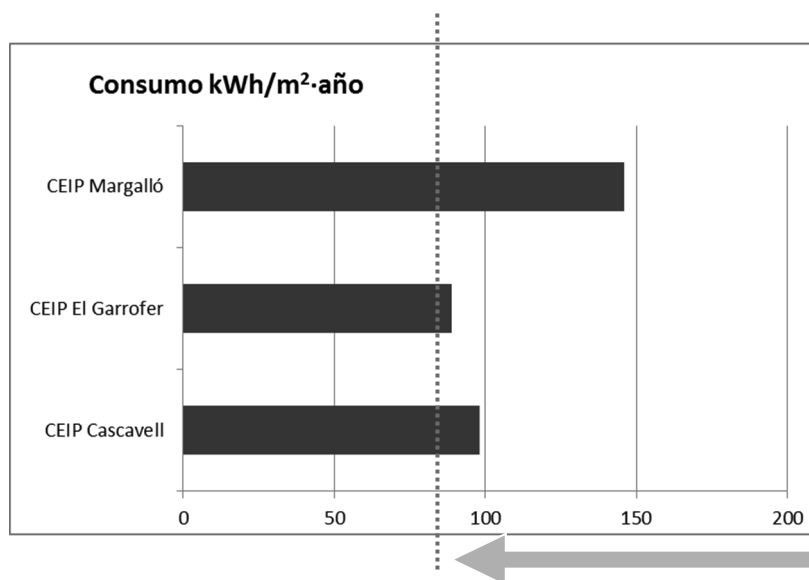
Municipio: Sant Adrià del Besòs

Superficie: 2.700 m<sup>2</sup>

Año de construcción: 1980

Existencia de aislamiento en la envolvente: Sí

Consumo energético: 98 kWh/m<sup>2</sup>-a



85kWh/m<sup>2</sup>-año. Consumo medio de los centros educativos del litoral en la provincia de Barcelona

Figura 1. Diagrama del consumo medio anual de los centros educativos estudiados

En cada edificio se han propuesto tres alternativas de rehabilitación energética: la rehabilitación para cumplir el estándar Passivhaus adaptado al clima mediterráneo, para cumplir el estándar Passivhaus certificable y para alcanzar una cualificación energética B

Criterio de certificación		Requerimiento
Calefacción	Demanda de calefacción	≤ 15 kWh/m <sup>2</sup> a
	Carga de calefacción	≤ 10 W/m <sup>2</sup>
Refrigeración	Frecuencia de sobrecalentamiento (26°C)	≤ 10 %
Energía primaria	(calefacción, refrigeración, ACS, ventilación, iluminación, aparells elèctrics)	≤ 120 kWh/m <sup>2</sup> a
Hermeticidad	Resultado del ensayo a presión n <sub>50</sub>	1,0 renovaciones/h

Tabla I. Requerimientos específicos para cumplir con el estándar Passivhaus adaptado al clima mediterráneo

En cualquiera de los tres casos de alternativas, se cumplen las condiciones para conseguir la máxima ayuda dentro del Programa PAREER CRECE del IDAE.

**Calidad del aire en el interior de los edificios**

Debido a que los edificios de estudio son centros educativos, es importante que exista una buena calidad del aire interior de los mismos. El elemento clave para asegurar dicha calidad es el control de la ventilación del edificio, por lo tanto, es necesario tener en cuenta cual puede ser el origen de sus fuentes

contaminantes. Éstas son la contaminación del aire exterior, el CO<sub>2</sub> procedente de la actividad metabólica de los ocupantes, las emisiones de componentes orgánicos volátiles totales de los materiales y equipamiento, emisiones de gas radón del terreno, y los componentes orgánicos volátiles microbianos principalmente debido al moho.

## METODOLOGÍA DE CÁLCULO

En la primera fase del estudio, se han realizado visitas a las instalaciones con el fin de realizar un análisis exhaustivo de los edificios y poder medir distintos parámetros de interés para el cálculo del balance energético.

### Análisis y balance energético

#### *Estado actual de la envolvente, las instalaciones y la calidad del aire interior*

En estas visitas se ha podido comprobar el estado y las características técnicas de la estructura de los centros, encontrando puentes térmicos, la ausencia de aislamiento térmico y problemas de estanqueidad al aire i al agua. Para conocer la estanqueidad de los edificios se han realizado dos ensayos Blower Door en cada uno de los centros de estudio, con el fin de determinar la ventilación no controlada del edificio.

Se ha analizado también, la calidad del sistema de calefacción y de iluminación a partir de visitas y reuniones con los técnicos de mantenimiento y el profesorado. En referente a la medición de la calidad del aire, ésta se ha realizado con un equipo Wöhler el cual permite registrar la temperatura, la humedad y la concentración de CO<sub>2</sub> en el espacio de estudio.

#### *Estado actual de la demanda y el consumo*

Con el objetivo de analizar el balance energético del edificio y las condiciones de confort, se ha utilizado la herramienta de cálculo PassivHause ProjektierungsPaket (PHPP), desarrollada por el Instituto Passivhaus alemán. Se trata de una herramienta semi-dinámica que permite simular el comportamiento energético del edificio.

### Análisis del coste económico y financiero

Se ha descrito la estimación presupuestaria y la posible contribución del Programa PAREER CRECE del IDAE teniendo en cuenta sus costes propios y los gastos del proyecto y dirección de obra. Con los valores obtenidos del cálculo del ahorro económico se ha determinado la amortización de cada una de las opciones según la norma ISO 15686-5.

## RESULTADOS OBTENIDOS

### Optimización del balance energético

#### *Mejoras en el sistema de ventanas y de ventilación*

Carpinterías existentes	Carpinterías nuevas
Ventanas existentes de aluminio: Uf=5,7/m <sup>2</sup> K, Ug=5,8 W/m <sup>2</sup> K, g=0,6	Ventanas de aluminio tipo Passivhaus: Uf=1,3W/m <sup>2</sup> K, Ug=1,0 W/m <sup>2</sup> K, g=0,38
Vidrio doble con separadores de plástico tipo TGI	Vidrio simple
Instalación directa sobre pared de obra	Optimización del Puente térmico mediante instalación con marco sobre aislado




	Balance energético	Estado Actual	Con la sustitución
	Pérdidas por transmisión	73.322 kWh/a	14.254 kWh/a
	Ganancias de calor por radiación solar	11.415 kWh/a	7.657 kWh/a

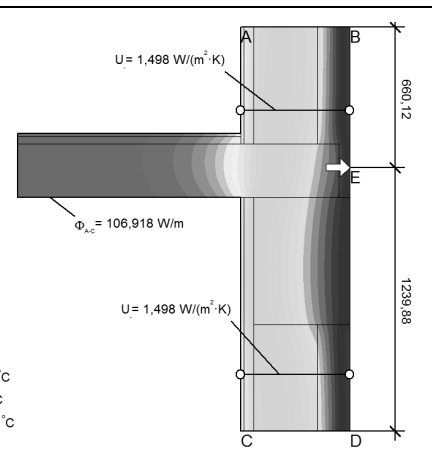
Tabla II. Carpinterías en la escuela El Garrofer para cumplir Passivhaus adaptado y el balance energético resultante

Estado Actual	Mejoras
Ventilación natural: 0,4 renovaciones/h	Ventilación controlada de doble flujo: 9,4 m <sup>3</sup> /h
Muy baja hermeticidad: 17 renovaciones/h	Alta hermeticidad: 1 renovación/h

Tabla III. Mejoras que se obtendrían al instalar un sistema de ventilación controlada de doble flujo en El Garrofer

**Mejoras en la envolvente térmica**

Estado Actual	Mejoras
Fachada sin aislamiento	Sistema SATE, EPS 10 cm en fachada
Cubierta sin aislamiento	Aislamiento cubierta, EPS 12 cm
Puentes térmicos:	Optimización de puentes térmicos

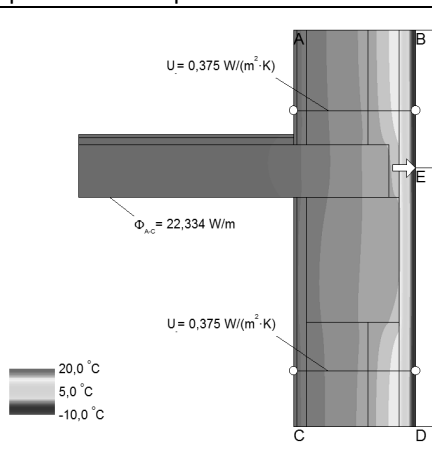


U = 1,498 W/(m<sup>2</sup>·K)

$\Phi_{Ac} = 106,918 \text{ W/m}$

U = 1,498 W/(m<sup>2</sup>·K)

$\Psi_{AEC} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{106,918}{30,000} - 1,498 \cdot 0,660 - 1,498 \cdot 1,240 = 0,717 \text{ W/(m·K)}$



U = 0,375 W/(m<sup>2</sup>·K)

$\Phi_{Ac} = 22,334 \text{ W/m}$

U = 0,375 W/(m<sup>2</sup>·K)

$\Psi_{AEC} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{22,334}{30,000} - 0,375 \cdot 0,660 - 0,375 \cdot 1,240 = 0,032 \text{ W/(m·K)}$

Tabla IV. Características y mejoras que se obtendrían al rehabilitar la envolvente térmica en El Garrofer

El estándar Passivhaus es muy exigente en verano para el clima mediterráneo, hecho que hace que no resulte posible conseguir dicho estándar para las escuelas El Garrofer y Cascavell únicamente con sistemas pasivos. Por este motivo se ha propuesto una adaptación incrementando 1°C la temperatura del aire interior respecto el estándar certificable (26°C en vez de 25°C durante un tiempo de uso inferior al 10%). En el caso del CEIP Margalló, se consigue llegar a cumplir el estándar Passivhaus certificable únicamente con sistemas pasivos. A continuación se muestra un resumen de resultados:

Demanda calefacción	Consumo gas	Consumo electricidad	Emisiones CO <sub>2</sub>
↓ 89%	↓ 80%	↓ 10%	↓ 55%
Coste rehabilitación (PEC): 274 €/m <sup>2</sup>		Amortización en condiciones de confort: 15,5 años	

Tabla V. Mejoras de la rehabilitación Passivhaus adaptado al clima mediterráneo del CEIP Garrofer

Demanda calefacción	Consumo gas	Consumo electricidad	Emisiones CO <sub>2</sub>
↓ 86%	↓ 72%	↑ 4%	↓ 75%
Coste rehabilitación (PEC): 334 €/m <sup>2</sup>		Amortización en condiciones de confort: 18,5 años	

Tabla VI. Mejoras de la rehabilitación Passivhaus certificable del CEIP Margalló

Demanda calefacción	Consumo gas	Consumo electricidad	Emisiones CO <sub>2</sub>
↓ 88%	↓ 80%	↓ 4%	↓ 56%
Coste rehabilitación (PEC): 273 €/m <sup>2</sup>		Amortización en condiciones de confort: 15 años	

Tabla VII. Mejoras de la rehabilitación Passivhaus adaptada al clima mediterráneo del CEIP Cascavell

## CONCLUSIONES

La eficiencia energética y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> es un objetivo estratégico de los países miembros de la Unión Europea. Además, la renovación de las escuelas es también una preocupación global ya que permite convertirlas en edificios modélicos en cuestión de confort, salubridad del aire y consumo energético. De este modo, una rehabilitación para conseguir un consumo casi nulo proporciona herramientas a los equipos docentes para transmitir valores de respeto al medio ambiente a los alumnos, y que estos puedan aplicar los conceptos adquiridos en sus hogares.

El estudio permite identificar las deficiencias energéticas y de confort de los edificios analizados y, de este modo, examinar su capacidad de mejora basándose en el estándar de consumo casi nulo Passivhaus.

Una actuación de este tipo comportaría múltiples beneficios, tanto directos como indirectos. Por un lado se consigue prevenir las patologías que pueden desencadenarse en edificios enfermos, mejorar el confort de los usuarios, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, incrementar el ahorro económico a largo plazo y así, reducir su dependencia energética. Por el otro, también se consigue contribuir a la mejora del rendimiento escolar de los alumnos y del equipo docente, así como favorecer a la pedagogía en materia del ahorro energético y el bajo consumo.

Con las ayudas del programa PAREER-CRECE, actualmente en vigor, las actuaciones propuestas de rehabilitación energética dan una amortización de la inversión inicial inferior a 20 años. Teniendo en cuenta una vida útil de 50 años, es recomendable aprovechar estas condiciones económicas para conseguir edificios conforme a la futura normativa de la Unión Europea, del tipo nZEB (nearly Zero-Energy Buildings).

A nivel de administración local, los tres municipios donde se encuentran los centros educativos estudiados están suscritos al Pacto de Alcaldes (PAES), por lo que están comprometidos con una ambiciosa reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto hace que considerar su rehabilitación para conseguir un consumo casi nulo, colabore a cumplir los objetivos locales y europeos antes planteados.

# CASO TECTUM 2.0: PRIMER BLOQUE DE VIVIENDAS REHABILITADO EN ASTURIAS CLASE A CON BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA PARA CALEFACCIÓN Y ACS

Aser Moris Rodríguez, Ingeniero Industrial Superior, Moris Arroes

**Resumen:** Grupo Tectum, especialista en la gestión de viviendas destinadas al alquiler, ha llevado a cabo su segundo proyecto de rehabilitación integral de un bloque de viviendas en Gijón apostando por la eficiencia energética; el primero, situado a escasos metros y habitado desde mayo de 2015, fue pionero al calefactar el inmueble mediante la primera instalación de bomba de calor aire-agua. La ingeniería y la instalación han sido asumidas en ambos casos por la empresa Moris Arroes, en colaboración con el estudio de arquitectos ovetense de Julio y María Valle. Tras el éxito comercial y funcional de la primera experiencia, se ha dado un paso más en la eficiencia energética combinando la instalación de bomba de calor aire-agua con mejoras importantes en las envolventes térmicas del edificio y con sistemas emisores de calor que maximicen su rendimiento; se instalará suelo radiante, con una temperatura máxima de impulsión 35°C, con lo que en la Asturias costera se logra superar el COP 4. La existencia de datos del proyecto anterior permitirá cuantificar las mejoras. Este edificio se convertirá en la primera rehabilitación tipo A en Asturias.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Vivienda, Bomba de Calor, Innovación, Eficiencia, Mercado, Valor Añadido

## INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES

Grupo Tectum, después de tres décadas gestionando viviendas propias en alquiler, decide en 2010 adquirir y rehabilitar un edificio completo en el centro de Gijón para posicionarse en el arrendamiento de alta calidad. En este primer proyecto, iniciado en 2013 y finalizado en 2015, apuesta por la eficiencia energética incluyendo por vez primera en un bloque de viviendas en Asturias una bomba de calor tanto para ACS como para calefacción. Alcanza una calificación energética B.

Una vez constatado el éxito comercial –todo el inmueble había sido alquilado antes incluso de la finalización de los trabajos- y funcional –los ahorros energéticos superan las expectativas-, Grupo Tectum decide en el siguiente proyecto ahondar en la vía iniciada y ofrecer la primera rehabilitación con bomba de calor en bloque de viviendas que llega a la calificación energética A.

## PARÁMETROS GENERALES

El bloque de viviendas está ubicado en Gijón, en la céntrica calle de Cabrales, y compuesto por 5 viviendas, que contabilizan un total de 405 m<sup>2</sup> para calefactar. La instalación está definida para usar suelo radiante como emisor final, ya que en este proyecto, al basarse en la mejor solución a nivel de aislamiento e instalación térmica desde el principio, se logra adaptar el suelo radiante aun siendo rehabilitación. Dado que Grupo Tectum, como empresa promotora, destina sus proyectos al alquiler, cobra vital importancia poder aportar las mejores calidades y menores costes posibles al arrendatario, su cliente final. Debido a lo cual estableció como objetivo prioritario de su segundo proyecto alcanzar la calificación energética A apoyándose en el aumento de los niveles de aislamientos proyectados y en la bomba de calor.

## CÁLCULO DE NECESIDADES Y SIMULACIÓN 3D

Para comenzar con el análisis de posibilidades térmicas para esta edificación, se han de definir las necesidades de calefacción y agua caliente que tendrán las viviendas a nivel individual y nivel colectivo para poder analizar también las opciones de centralización para la producción de agua caliente sanitaria. Para llevar a cabo este cálculo se utiliza el software informático CYPE en la versión 2016. En el programa se intenta reproducir a nivel de detalle toda la edificación, definiendo cada uno de los cerramientos que forman la envolvente térmica. De esta manera se pueden buscar los aislamientos óptimos en la balanza

técnico-económica. Las condiciones generales para el cálculo son: emplazamiento, Gijón; temperatura exterior de diseño, 1.20°C; temperatura media exterior anual, 13.35°C; temperatura del terreno, 6.40°C; porcentajes de mayoración de carga, N 10%, E 7%, O 7%, S 0%; y una mayoración de cargas en invierno por intermitencia de 5.0 %.

Según la simulación, la vivienda demanda en calefacción en su momento máximo 14.134 W, con una media de 39,8 W/m<sup>2</sup>. Estos resultados resultan algo superiores a los esperados para un bloque de viviendas con CTE 2013 en los que la demanda estaría cerca de los 30 W/m<sup>2</sup>. La causa la encontramos en el grado de protección del inmueble. Su fachada principal está catalogada por lo que no se puede actuar en su exterior. Dado este condicionante, no se podrá llegar a la A desde el punto de vista del aislamiento, es decir, de demanda. Habrá que proyectar pues un sistema térmico de calefacción y ACS que sea lo más eficiente posible que compense dicha problemática.

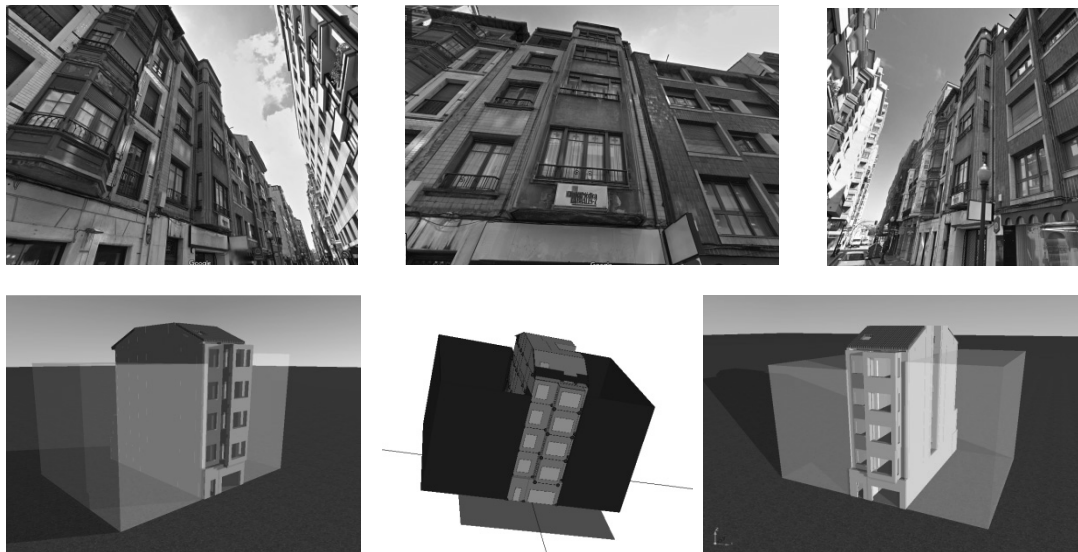


Figura 1. Vivienda Original y Simulación

## OPCIONES, CONDICIONANTES, APORTACIÓN SOLAR

Una vez definida la demanda del bloque de viviendas ya se puede analizar qué solución es la más adecuada en la balanza técnico-económica. En principio, no habría ninguna opción que no se pudiera llevar a cabo aunque sí es cierto que la opción geotérmica perdería atractivo al disponer de poco espacio y con una cimentación ya ejecutada. Por otro lado disponemos de acometida de gas natural con lo cual se podría prescindir de la opción de gas propano que requeriría espacio para el depósito y además resulta más caro. De forma análoga también se puede eliminar la opción con gasóleo. La instalación de folio eléctrico tiene un coste de inversión muy pequeño pero empeoraría mucho la calificación energética de la vivienda; además nos supondría unos costes excesivos de mantenimiento, al ser la forma más cara de calefactar cualquier vivienda. Con estas alternativas ya apartadas del proceso de selección, solo nos quedarían: caldera de pellets, caldera de gas de condensación y bomba de calor Aerotérmica.

La caldera de pellets tiene a su favor que nos facilitaría obtener una alta eficiencia energética para la vivienda, calificación A. Y en contra que no se dispone de espacio común suficiente para la instalación del silo, con lo que habría que disminuir la superficie del bajo comercial, con el coste económico que esto conlleva.

La caldera de gas con condensación y apoyo de energía solar térmica es la opción más convencional que se tiene en el mercado. Nos daría la opción de un sistema centralizado de calefacción y ACS o individual, además de tener mejores rendimientos que las otras alternativas de combustión. El aspecto negativo de esta opción sería que la calificación energética máxima sería una C, y la más normal sería una D.

La bomba de calor aire agua o Aerotermia es la última alternativa viable Frente al gas, tiene un coste anual menor, una mejora en la calificación energética, llegando a A, necesita muy poco espacio, no necesita ninguna chimenea y es la opción más limpia al no necesitar combustiones. La inversión inicial sería ligeramente superior pero amortizable en el medio plazo. Con esta alternativa se pueden dejar de instalar los paneles solares térmicos al poder justificar la aportación renovable de la instalación mediante el documento del IDEA “Metodología de Cálculo para considerar las BC renovables”.

$$SPF = COP \text{ nominal} \times FP \times FC$$

**COP nominal:** obtenido en condiciones de ensayo => certificado por el fabricante.

Modelo	Unidad	VWL 55/2 A	VWL 85/2 A	VWL 115/2 A	VWL 155/2 A	VWL 155/2 A 400V
Clase Eficiencia Energética		A++	A++	A+	A++	A++
Calefacción por suelo radiante (T ida: 35°C, T retorno: 30°C, T seca exterior: 7°C s/EN 14511)						
Potencia máxima de calefacción	kW	7,2	9,5	11,3	16,6	16,6
Potencia nominal de calefacción	kW	4,7	6,6	9,0	14,6	14,6
COP		4,7	4,6	4,4	4,5	4,5

Figura 2. Rendimientos según catálogo de Bomba de Calor

**FP:** factor de ponderación que tiene en cuenta las distintas zonas climáticas.

Tabla 4.1: Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de caloren función de las fuentes energéticas, según la zona climática.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Figura 3. Factor de ponderación del IDEA

**FC:** factor de corrección que tiene en cuenta la diferencia entre la temperatura de uso y la temperatura para la cual se ha obtenido el COP de ensayo. La temperatura de trabajo para calefacción será de 35°C y 45°C en ACS.

Tabla 4.2: Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP.

T# de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Figura 4. Factor de corrección del IDAE

Para los FP y FC se ha utilizado el documento “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas”. Asturias supone un 30% de la demanda de ACS con renovables. Ese 30% de aporte renovable lo podemos aportar con calefacción o con ACS.

**SPF= 4,5 x 0,8 x 1,00= 3,6 >> 2,5 BC Renovable**

**SPF= 4,5 x 0,8 x 0,77= 2,77 >> 2,5 BC Renovable**

Como la propiedad desea disponer de un inmueble de alto valor añadido, esta opción es la que mejor se adapta.

## INSTALACIÓN DE AEROTERMIA Y SUELO RADIANTE

Al final se opta por la opción de bomba de calor aire-agua con instalación de suelo radiante. La instalación calefacción y producción de agua caliente sanitaria se hará centralizada de forma que a la entrada de cada vivienda se instalarán contadores de energía para cuantificar los consumos de cada vivienda y contadores de agua para contabilizar el número de litros de ACS consumidos.

Las bombas de calor seleccionadas son aroTHERM VWL 155/2 A del fabricante Vaillant en cascada. Las bombas de calor sólo tienen una unidad exterior, con lo que la conexión con la sala de calderas será mediante tuberías con agua, sin anticongelante. En la sala de calderas se conecta con un depósito multienergía allSTOR de 1500 litros de capacidad de Vaillant, con dos entradas de calor: una más alta para el agua caliente sanitaria y otra más baja para la calefacción; en función de la demanda se adaptará la temperatura de impulsión en la salida de la bomba de calor, 35 °C para calefacción y 45°C para el ACS.

En las salidas del depósito tendremos las posibilidades de calefacción y de ACS. La salida para calefacción irá a una bomba de circulación de alta eficiencia y adaptación de caudal según demanda que alimentará cada vivienda cuando el termostato de cada una de ellas envíe señal y abra la zona a calefactar. La salida de ACS irá a un módulo instantáneo de producción de ACS con capacidad para producir hasta 45 litros de ACS por minuto.

Los emisores de calor en las viviendas serán circuitos de suelo radiante que estarán dimensionados para un salto térmico mínimo, dando como temperatura máxima de impulsión para calefacción el día más frío de 35°C. La regulación de esta temperatura será mediante sonda exterior con regulación de curva.

## ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN

Desde luego el aspecto económico es uno de los que más influyeron en la viabilidad del proyecto. A continuación se presentan los costes anuales que conllevarían cada una de las tecnologías para la calefacción y ACS, en las condiciones de 21°C de septiembre a mayo durante 12 horas y 18°C el resto del día. Como se puede observar, la opción más económica a nivel de uso es la geotermia pero la inversión inicial sería desproporcionada y de muy difícil ejecución. A continuación tendríamos la bomba de calor aire-agua, la caldera de pellets y la caldera de gas de condensación. Con lo que desde el punto de vista del coste anual la bomba de calor es la mejor opción.

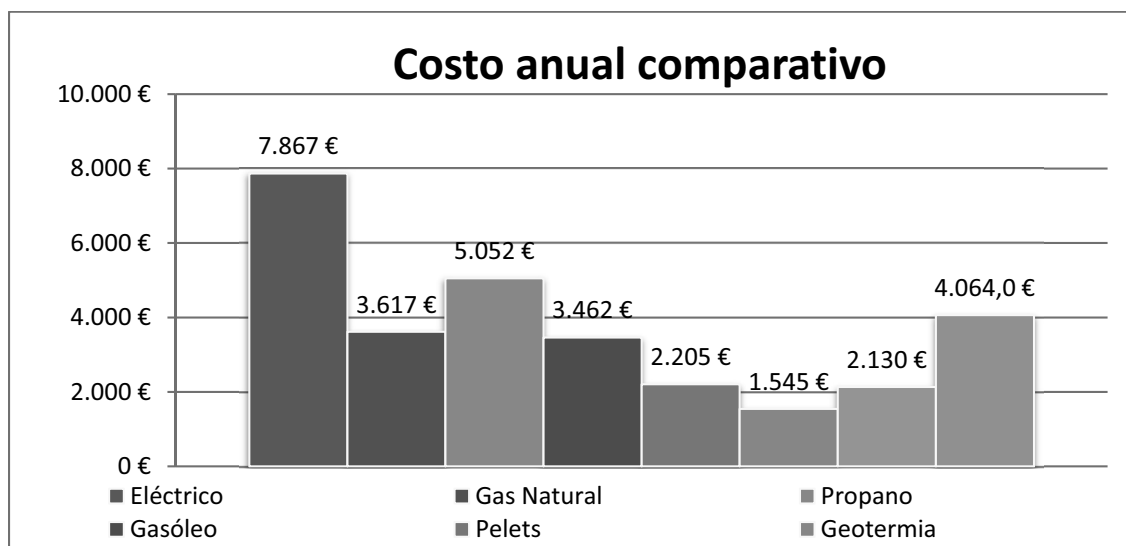


Figura 5. Coste anual comparativo según opciones

Para poder analizar la inversión de forma global también se ha de tener en cuenta la inversión inicial necesaria. En el caso de la caldera de gas de condensación con apoyo de energía solar térmica la inversión mínima sería de aproximadamente 23.500 € mientras que la inversión en aerotermia ascendería a 39.511 €. Conociendo los costes anuales de consumo que son de 3.617 € para la caldera de gas y de 2.031 € para la bomba de calor y que el incremento medio del precio del combustible es del 6% para el gas natural y del 8% para la electricidad se puede determinar que la sobreinversión de la bomba de calor se amortiza frente al gas en 8,03 años. Provocando un ahorro en 10 años de 11.185,61 €, además de la mejora en la calificación energética de un letra D a una A.

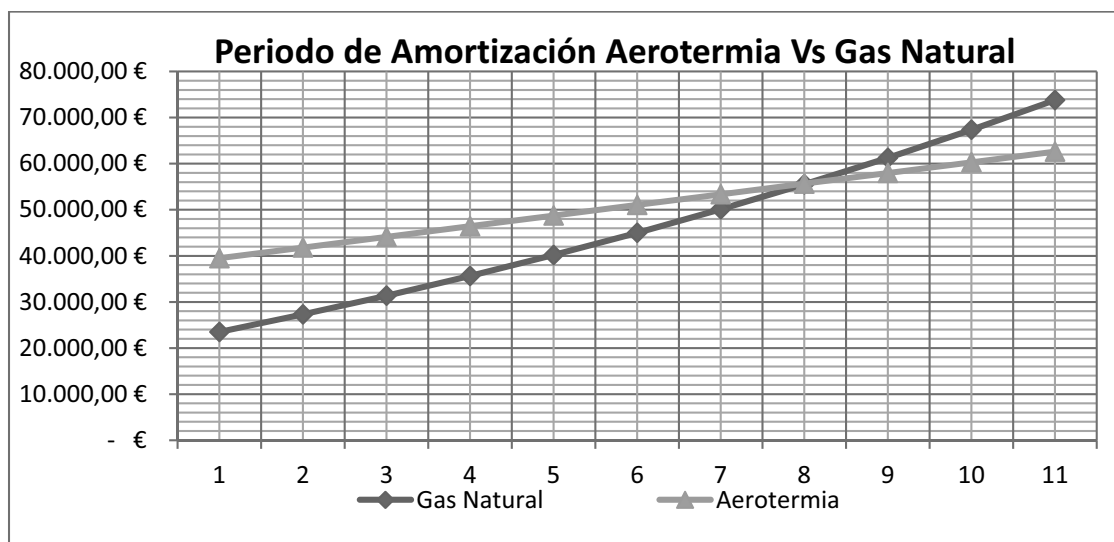


Figura 6. Amortización de Aerotermia frente a caldera de gas de condensación

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

La calificación energética obtenida con la vivienda alcanza la A, como se aprecia en la etiqueta. Esto se debe principalmente al grado de aislamiento del edificio, a la bomba de calor Vaillant con la instalación de suelo radiante que alcanza un alto COP y al esquema de funcionamiento proyectado por Moris Arroes que logra maximizar los rendimientos mediante la diferenciación de temperaturas para calefacción y ACS.

La instalación térmica consigue que se alcance la A, aun partiendo de una D en demanda. Los valores son: demanda de calefacción, 43,6 kWh/m<sup>2</sup>; consumo de energía primaria, 20,5 kWh/m<sup>2</sup>; y unas emisiones de CO<sub>2</sub> de 3,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.

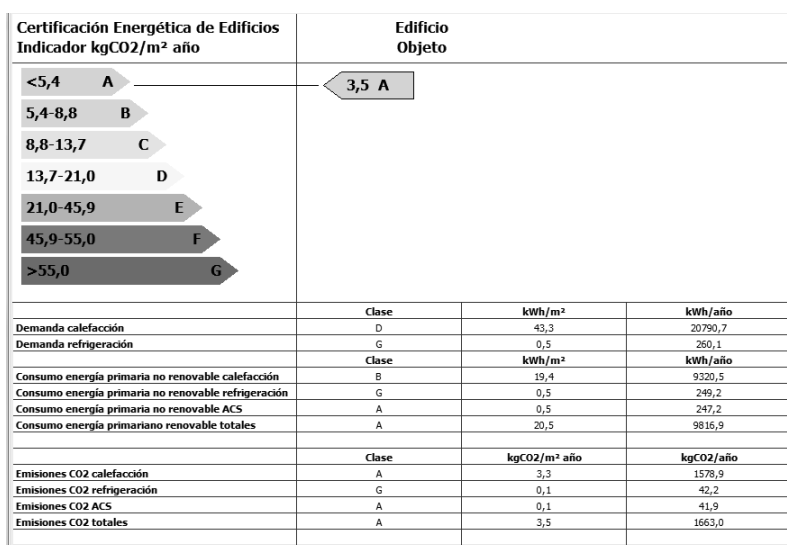


Figura 7. Resultados de Hulc

## CONCLUSIONES

Gracias a la apuesta de Grupo Tectum se ha podido proyectar y llevar a cabo una instalación muy diferente a lo convencional, que alcanza niveles de eficiencia mucho más altos y que realmente se adapta a las necesidades de la edificación. Además, en este caso, supone una continuación en el camino iniciado con la instalación de la primera bomba de calor en bloque de vivienda de Asturias. El resultado obtenido por el promotor es el posicionamiento en el segmento medio-alto del alquiler residencial y la generación de patrimonio con un alto valor añadido sostenible en el tiempo.

A nivel de instalaciones, al tener una instalación similar muy cercana, 300 metros, se podrán valorar las soluciones implementadas en este proyecto, cómo se amortizan y cuáles resultan más rentables.

Moris Arroes ha llevado a cabo un análisis completo que ha permitido desde la simulación 3D conocer el proyecto al detalle, lo que permite prever los costes de uso de las instalaciones y no solo con el uso de COP puntual sino con una aproximación al COP estacional, que es el que realmente define el rendimiento de la bomba de calor. Valorando todas las alternativas es como realmente se logra ver cuál de ellas se adapta mejor al edificio en estudio. Además se continúa la monitorización de toda la instalación para cuantificación de consumos.



# REPUBLIC\_ZEB: REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS PÚBLICOS EN BASE A CRITERIOS NZEB Y NIVELES COSTE-ÓPTIMOS

**Joana Ortiz**, Investigadora, Instituto de Investigación en Energía de Cataluña

**Jaume Salom**, Director del Grupo de Energía Térmica y Edificación, Instituto de Investigación en Energía de Cataluña

**Resumen:** El proyecto RePublic\_ZEB tiene como objetivo promover la rehabilitación energética de los edificios públicos con criterios de edificios de energía casi nula (nZEB). En la comunicación se presenta la metodología adoptada para establecer los criterios técnico-económicos de cada paquete de medidas para alcanzar niveles nZEB, en base a la definición propuesta por el proyecto. Dicha metodología está basada en criterios coste-óptimos, siguiendo la normativa europea EN 15459. A continuación se presentan los resultados obtenidos en dos edificios de referencia, oficinas y hospitales, con el fin de evaluar que paquetes de medidas son necesarios para alcanzar niveles nZEB al rehabilitar dichos edificios así como que niveles de ahorro energético y económico se pueden alcanzar. Por último, se analizan algunas de las limitaciones de la metodología, haciendo algunas sugerencias de como complementar la metodología planteada.

**Palabras clave:** NZEB, Rehabilitación, Coste-Óptimo, Edificios Públicos, Oficinas, Hospitales, Costes Globales

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Directiva 2010/31/UE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD), los Estados Miembros deben diseñar planes de acción nacional para incrementar el número de edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB), así como incluir políticas para estimular la renovación del parque de edificios existentes para reducir su consumo energético.

Un nZEB es un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, en los que la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de energías renovables producida in situ o en el entorno. La UE ha proporcionado una definición genérica, dejando en manos de cada Estado Miembro la definición exacta en función de las condiciones nacionales, regionales y locales. Aelenei et al. (Aelenei et. al, 2015) muestran el nivel de implementación y adaptación de la definición nZEB en varios países, destacando las diferencias entre ellos. Según el Plan Nacional destinado a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo en España (Ministerio de Fomento, 2014), la definición española de nZEB se realizará próximamente siguiendo la línea de modificaciones de la legislación actual y del Código Técnico de la Edificación (CTE) (Ministerio de Fomento, 2013). La definición se basará en una serie de indicadores globales: consumo de energía primaria no renovable y demanda energética de calefacción y refrigeración, los cuales ya se han introducido en el vigente CTE.

## REPUBLIC\_ZEB

En este contexto, el proyecto europeo RePublic\_ZEB ([www.republiczeb.org](http://www.republiczeb.org)) está centrado en las políticas y estrategias económicamente sostenibles para impulsar la renovación de edificios públicos hacia niveles de consumo casi nulo, de acuerdo con la Directiva EPBD. Los objetivos principales del proyecto son dar apoyo a los países participantes para promocionar en el mercado un conjunto de soluciones técnicas coste-óptimas para la renovación de los edificios públicos hacia nZEB. El proyecto RePublic\_ZEB consta de doce socios de la región Sudoriental de Europa. En el caso de España, el proyecto RePublic\_ZEB se centra en la Comunidad Autónoma de Cataluña.

El proyecto RePublic\_ZEB establece una metodología que se puede dividir en tres etapas: definición de los edificios de referencia, definición de las medidas de eficiencia energética (MEE) y análisis coste-óptimo para la rehabilitación de edificios públicos hacia nZEB.

En la primera etapa se ha analizado el parque de edificios públicos de Cataluña. El objetivo de dicho análisis es establecer cuáles son las tipologías prioritarias en el proyecto, así como seleccionar los edificios de referencia de cada una de ellas. Ortiz et. al. (Ortiz et. al, 2016) describen y detallan el análisis realizado del stock de edificios públicos de Cataluña realizado para determinar las categorías prioritarias. En resumen, la selección de las tipologías se ha realizado desde dos puntos de vista: seleccionar las categorías que permiten una mayor replicabilidad debido al elevado número de edificios; y seleccionar las categorías que tienen un mayor potencial de ahorro energético debido a sus elevados consumos energéticos. Siguiendo ambos criterios, se han seleccionado las oficinas y los hospitales como tipologías a evaluar en el marco del proyecto RePublic\_ZEB.

A raíz del diagnóstico de los edificios de referencia que se han seleccionado en cada caso (Figura 1 y Tabla I), se proponen un conjunto de MEE. Estas medidas, pasivas y activas, se caracterizan tanto técnica como económicamente y se evalúan de forma individual y combinada para desarrollar el análisis coste-óptimo (Corrado et. al, 2015). Los costes de inversión de las medidas incluyen el precio de los equipos y los costes asociados a su instalación, los cuales han sido obtenidos a partir de bases de precios públicos (Banc BEDEC-ITeC 2015 y CYPE 2015) A partir del estudio coste-óptimo es posible establecer cuáles son los requisitos nZEB en base a la propuesta desarrollada desde el proyecto RePublic\_ZEB, la cual se presenta a continuación.



Figura 1. Edificios de referencia: Oficinas Calle Sepúlveda, Barcelona (Izquierda); Hospital Joan XXIII, Tarragona (Derecha)

Categoría	Superficie	Año construcción	Propiedades térmicas	Horario ocupación	Instalaciones	Usos energéticos
Oficina	5,000 m <sup>2</sup>	1980-2006	1ra normativa térmica (NBE-CT-79)	12h/día 5días/semana	Bomba de calor	Calefacción Refrigeración Iluminación
Hospital	10,000 m <sup>2</sup>			24h/día 7días/semana	Caldera gas natural Enfriadora	Calefacción Refrigeración Iluminación Agua caliente

Tabla I. Características básicas de los edificios de referencia

## MÉTODO

A partir de la información técnica y económica de cada MEE, es posible realizar la evaluación energética y económica de cada una de las MEE y de sus combinaciones. Para ello, se implementa la metodología establecida por la Comisión Europea en el Reglamento Delegado 244/2012 donde se define cómo calcular los niveles coste-óptimo. Las MEE coste-óptimo son las medidas que proporcionan a largo plazo un mayor ahorro energético con el menor coste, teniendo en cuenta los costes globales. Para implementar dicha metodología, se ha utilizado una herramienta desarrollada por el Politécnico de Torino (Corrado et. al, 2014), la cual realiza el cálculo del rendimiento energético en base a los estándares europeos de las Normas UNE EN, las cuales se engloban en la UNE EN 15603 (UNEa, 2008). Para realizar el balance energético se trabaja con la energía primaria, cuyos factores de conversión se muestran en la Tabla II.

Factor de energía primaria	Electricidad	Gas natural	Biomasa	Solar térmica	Solar PV
No Renovable	2.46	1.19	0.03	0.00	0.00
Renovable	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00
Total	2.46	1.20	1.00	1.00	1.00

Tabla II. Factores de conversión de energía final a energía primaria (IDAE, 2014)

Dicho conjunto de normas incluye la Norma EN 15459 (UNEb, 2008), la cual define como desarrollar la evaluación económica, en base a los costes globales. Los costes globales, realizan un balance económico a largo plazo (30 años, en este caso), incluyendo todos los costes generados en el periodo establecido. Los costes globales incluyen los costes energéticos, de inversión, de mantenimiento, operación y deposición, tal y como se observa en la Figura 2. Una de las particularidades del método es que no solo se consideran los costes de inversión inicial, sino que se deben contabilizar los costes de reposición de los componentes, en función de su vida útil. Este balance económico permite comparar de forma objetiva las diferentes MEE, ya que no sólo tiene en consideración los costes del año 0, sino todos los costes asociados en un periodo largo de tiempo.

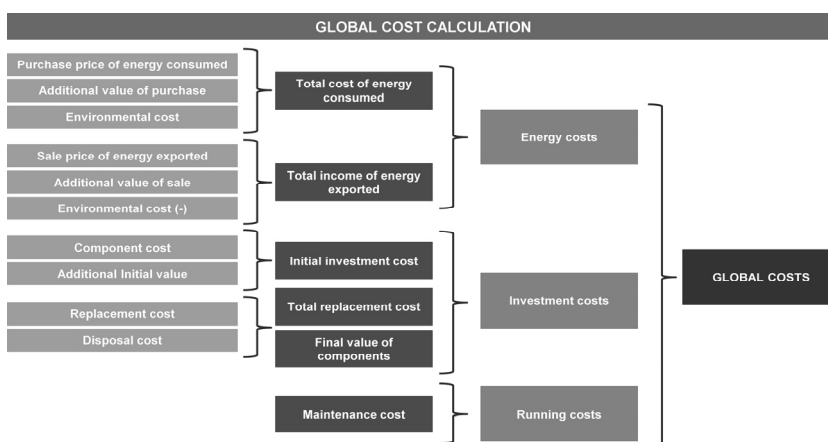


Figura 2. Descripción de los términos que incluye el coste global: costes energéticos, costes de inversión y costes de mantenimiento

Una vez descrito la base de la metodología del análisis coste-óptimo, es adecuado introducir la propuesta realizada des del proyecto RePublic\_ZEB sobre cómo establecer los requerimientos nZEB: “Transformar un edificio público existente hacia nZEB significa aplicar tecnologías de renovación que consigan:

- una mínima cobertura de la energía mediante energías renovables;
- reducir la energía primaria y/o emisiones de CO<sub>2</sub> por debajo del caso óptimo;
- la rehabilitación sea coste-efectiva”.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 y la Figura 4 muestran los resultados obtenidos del análisis coste beneficio para ambos edificios de referencia: edificio de oficinas y hospital, respectivamente. Las gráficas de la izquierda en ambas figuras, representan la relación entre los costes globales y la Energía Primaria no Renovable (EPnr) de los diferentes paquetes de MEE implementados. Se destacan el caso base (CB), el paquete coste-óptimo (CO), seguido de 4 paquetes de MEE adicionales, considerados como nZEB. Además, se muestran los frentes de Pareto, en función del sistema de climatización seleccionado (bomba de calor y caldera+enfriadora para el edificio de oficinas; caldera biomasa y caldera de condensación para el hospital). Por último, el área rayada corresponde a las condiciones sugeridas por el proyecto RePublic\_ZEB para considerar que el edificio ha sido rehabilitado con criterios nZEB (área nZEB, en adelante). Las gráficas de la derecha representan la Energía Primaria Global (EPg) de cada uno de los paquetes de MEE seleccionados, en

comparación con el CB. Se ha diferenciado que fracción de EPg corresponde a Energías Primaria Renovables (EP<sub>r</sub>) y a EP<sub>n</sub>r (verde y azul, respectivamente).

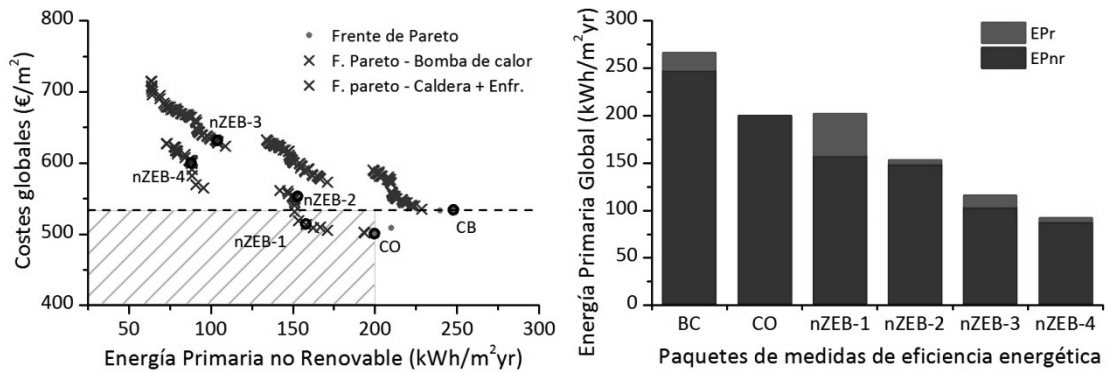


Figura 3. Resultados del análisis coste-beneficio de las MEE aplicadas al edificio de oficina de referencia (CB: caso base; CO: coste-óptimo). Izquierda: Costes globales en relación a la Energía Primaria no Renovable de los paquetes de MEE. Derecha: Comparación de la Energía Primaria Global del CB con los paquetes de MEE: CO, nZEB1, nZEB2, nZEB3 y nZEB4

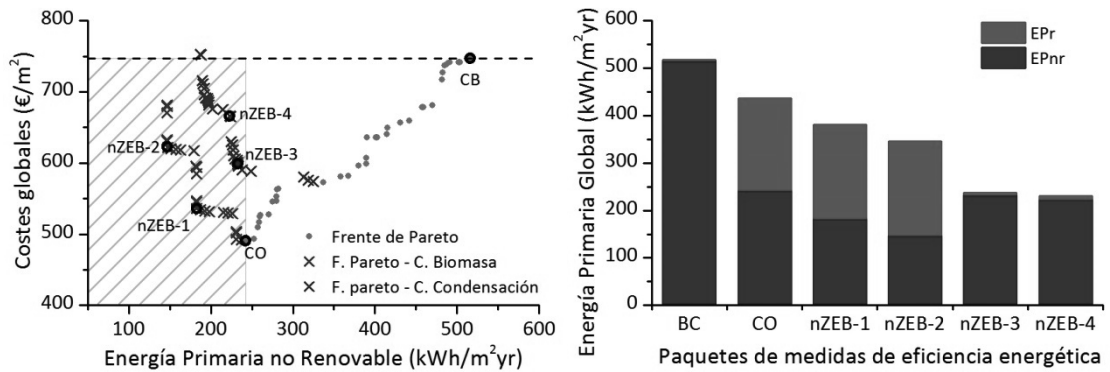


Figura 4. Resultados del análisis coste-beneficio de las MEE aplicadas al hospital de referencia (CB: caso base; CO: coste-óptimo). Izquierda: Costes globales en relación a la Energía Primaria no Renovable de los paquetes de MEE. Derecha: Comparación de la Energía Primaria Global del CB con los paquetes de MEE: CO, nZEB1, nZEB2, nZEB3 y nZEB4

Si analizamos los resultados del edificio de oficinas (Figura 3), se puede observar cómo es posible reducir alrededor del 20% el consumo EP<sub>n</sub>r y un 6% los costes globales mediante el paquete CO. Sin embargo, hay relativamente pocos paquetes de MEE que se sitúen en el área nZEB. En (Ortiz et. al, 2016) se evaluó como la incertidumbre en los costes de inversión pueden hacer variar el área nZEB, y como variaciones de un 20% hacía que prácticamente todos los paquetes de MEE cumplieren con los criterios económicos nZEB. Por este motivo, se han seleccionado paquetes que no cumplen los criterios establecidos por el proyecto RePublic\_ZEB. El paquete nZEB más ambicioso (nZEB-4) permite reducir alrededor del 65% de EP<sub>n</sub>r con un aumento del 12% de los costes globales. Si lo que comparamos es la EP<sub>g</sub>, el paquete CO reduce un 25% y el nZEB4 un 65%. Cabe destacar, que a diferencia del hospital, la aportación de energías renovables para el edificio de oficinas es relativamente baja, por este motivo la relación entre EP<sub>n</sub>r y la EP<sub>g</sub> es bastante lineal.

Para el hospital, la situación es considerablemente más favorable. En este caso, prácticamente todos los paquetes de MEE cumplen los criterios nZEB, por lo que todos los paquetes nZEB son coste-efectivos. El paquete CO reduce un 53% la EP<sub>n</sub>r y un 16% la EP<sub>g</sub>, con un ahorro económico del 34%. La diferencia entre EP<sub>n</sub>r y EP<sub>g</sub> es tan elevada porque la principal medida implementada consiste en cambiar la caldera convencional de gas natural, por una caldera de biomasa y el factor de conversión de energía primaria

renovable de la biomasa es prácticamente 0. En este caso, el paquete de MEE más ambicioso depende de que variable se analice. Para analizar este fenómeno, es interesante conjuntamente la información de la Tabla III donde se describen las MEE que se incluyen en los paquetes CO, nZEB-2 y nZEB-4 para el hospital, en comparación con el CB. El paquete nZEB-2 presenta más ahorro energético desde el punto de vista de la EPnr (alrededor del 70%), siendo un 57% para el nZEB-4. En cambio, si lo que comparamos es la EPg, el paquete nZEB-4 disminuye un 55%, y el paquete nZEB-2 sólo un 33%. El principal motivo es debido al conjunto de medidas que incluyen en cada uno de los paquetes, siguiendo dos estrategias principales diferenciadas: incorporar energías renovables (nZEB-2) o reducir la demanda energética (nZEB-4). Si observamos como varían los costes globales en ambos casos se observa como el nZEB-2 reduce un 17% y el nZEB-4 poco más del 10%.

Medida de Eficiencia Energética (MEE)	Parámetro	Caso Base	Coste-óptimo		nZEB-2		nZEB-4	
		Valor	Valor	Precio	Valor	Precio	Valor	Precio
Aislamiento exterior fachada	$U_p$ (W/m <sup>2</sup> K)	1.26	-	-	-	-	0.22 (12cmEPS)	149.9 (€/m <sup>2</sup> )
Aislamiento solera	$U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	1.57	-	-	-	-	0.13 (5cmXPS)	113.9 (€/m <sup>2</sup> )
Ventana	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	5.70	-	-	-	-	2.15	412.8 (€/m <sup>2</sup> )
Protecciones solares	$\tau_s$	-	0.4 Fijas	86.8 (€/m <sup>2</sup> )	0.4 Fijas	86.8 (€/m <sup>2</sup> )	0.4 Fijas	86.8 (€/m <sup>2</sup> )
Enfriadora	EER	2.3	-	-	4.9	289 663 (€)	4.9	289 663 (€)
Caldera y equipos emisores	COP	0.83	0.9 (Biomasa)	971 804 (€)	0.9 (Biomasa)	971 804 (€)	1.1 (Cond.)	445 451 (€)
Sistema solar térmico	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	150	73 275 (€)
Sistema solar PV	kW <sub>p</sub>	-	-	-	25	66 767 (€)	25	66 767 (€)
Recuperador de calor	$\eta_r$	-	-	-	-	-	0.9	296 789 (€)
Sistema de iluminación	PN (W/m <sup>2</sup> )	18	-	-	10.6 (LED)	118.5 (€/unidad)	-	-
Control de iluminación	-	NO	-	-	Sí		-	-

Tabla III. Descripción técnica y económica del hospital de referencia (caso base) y los paquetes de MEE para el nivel coste-óptimo, nZEB2 y nZEB4

## CONCLUSIONES

Tras el estudio realizado se puede concluir que la metodología propuesta en el marco del proyecto RePublic\_ZEB es consistente con las pautas marcadas por la EU e implementa la metodología de cálculo establecida en los estándares europeos. El análisis coste-beneficio permite comparar de forma objetiva diferentes MEE proporcionando los paquetes que permiten reducir lo máximo la energía consumida con el mínimo coste. Sin embargo, la metodología presenta una serie de limitaciones que deben ser consideradas:

- La incertidumbre en los costes de inversión puede hacer variar considerablemente el área nZEB (Ortiz et. al, 2016). Por lo tanto, el área nZEB se debería definir incluyendo dicha incertidumbre, e incluso las asociadas a los costes energéticos, de mantenimiento, la evolución del mercado y las relacionadas con los parámetros de eficiencia de las MEE (U-value, rendimiento...).
- Si la definición nZEB está basada en EPnr, se pueden dar casos en los que no se actúe de forma significativa sobre la envolvente del edificio, por lo tanto, no se reduzca la demanda energética,

requisito necesario para cumplir la definición propuesta por la UE. Por este motivo se recomienda el uso de indicadores complementarios, como serían la limitación de la demanda energética y la fracción de energía renovable.

- Se observa como la selección de unas tecnologías u otras depende en gran medida de los factores de conversión a energía primaria. Noris et. al (Noris et. al, 2014) analizan este fenómeno comparando los factores de conversión de diferentes países, viendo como las estrategias energéticas de cada país se ven reflejados. Por lo tanto, se considera de vital importancia definir dichos factores siguiendo, no únicamente criterios científicos y técnicos, sino en base a los recursos energéticos y la estrategia desarrollada en cada país para alcanzar los objetivos 20/20/20.

En definitiva, la metodología y la definición para establecer los criterios nZEB para edificios rehabilitados propuestas por el Proyecto RePublic\_ZEB son adecuadas, aunque requieren de unos ajustes para que sea robusta y válida para diferentes categorías edificatorias.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por IEE Project RePublic\_ZEB, Grant agreement no. IEE/13/886/SI2.674899.



## REFERENCIAS

- Aelenei, L., Petran H., Tarrés J., Riva G., Ferreira A., Camelo S., Corrado V., Šijanec-Zavrl M., Stegnar G., Gonçalves H., Magyar Z., Salom J., Polychroni E. & Sfakianaki K., 2015, New Challenge of the Public Buildings: nZEB Findings from IEE RePublic\_ZEB Project, Energy Procedia, Vol 78, 2016-2021
- Corrado, V., Ballarini I. & Paduos S., 2014, Assessment of Cost-optimal Energy Performance Requirements for the Italian Residential Building Stock, Energy Procedia, Vol 45, 443-452.
- Corrado, V., Paduos, S., Radulov L., Borkovi T., Polychroni E., Sfakianaki K., Panevski S., Aelenei L., Camelo S., Rute A., Petran H., Stegnar G., Šijanec-Zavrl M., Tarres J., Ortiz J., González M.L., Hartless R., Zoltan M., Gabor N., Jenó K. & Riva G., 2015, D4.2 Country assumptions for the application of the cost optimal methodology to the case studies (reference buildings and defined efficiency measures).
- IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2014, Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumida en el sector de la edificación en España.
- Noris F., Musall E., Salom J., Berggren B., Jensen S.Ø., Lindberg K. & Sartori I., 2014, Implications of weighting factors on technology preference in net zero energy buildings, Energy and Buildings, Vol 82, 250-262.
- Ministerio de Fomento. Dirección General de Arquitectura Vivienda y Suelo, 2014, Plan Nacional destinado a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo en España.
- Ministerio de Fomento, 2013, Código Técnico de la Edificación.
- Ortiz J., Tarrés J., González, M.L. & Salom, J., 2016, Rehabilitación energética de edificios públicos en base a niveles coste-óptimos y nZEB, CONTART – La Convención de la Edificación, Granada, España.
- UNEa, 2008, EN 15459: Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
- UNEb, 2008, UNE EN 15603:2008. Energy performance of building - Overall energy use and definition of energy.

# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE CENTROS ESCOLARES. ESTRATEGIAS PARA ALCANZAR EDIFICIOS REHABILITADOS DE CONSUMO CASI NULO EN ZONAS CLIMÁTICAS C1, C2 Y D1

**José Manuel Castro Vázquez**, Profesor Asociado, Escuela de Arquitectura de la Universidad Camilo José Cela y doctorando, Escuela de Arquitectura de la Universidad de A Coruña

**Resumen:** La presente comunicación trata sobre las diferentes estrategias de rehabilitación energética en centros escolares de los años 70' para convertirlos en edificios eficientes y equiparlos a las construcciones de consumo casi nulo que se empezarán a construir en 2019 (Directiva 2010/31/UE). La comunicación se desarrolla en paralelo a una tesis doctoral y en el presente artículo se plantea un trabajo comparativo sobre un mismo centro escolar que fue construido en Galicia en tres zonas climáticas distintas. Se analizan las principales deficiencias energéticas y se simula el estado actual obteniendo conclusiones que nos permitan plantear las estrategias de rehabilitación energética más coherentes a cada clima. Finalmente, se analiza la viabilidad económica de cada una de estas propuestas para dictaminar cuáles son las acciones más eficientes tanto energética como económicamente.

**Palabra clave:** Rehabilitación Energética, Eficiencia Energética, Estrategias de Rehabilitación, Centros Escolares

## INTRODUCCIÓN. CASOS DE ESTUDIO

Durante los años 70' en España se realizó un importante proceso constructivo de centros escolares debido principalmente a la necesidad de acabar con el elevado déficit de colegios de primaria e infantil que existía. Se desarrollaron proyectos conjuntos por regiones entre los que destaca el Plan de Urgencia de Galicia de 1971<sup>1</sup> con el que se construyeron un total de 73 centros de educación. Para acometer rápidamente estas construcciones se realizaron "proyectos tipo" que repitieron el mismo edificio en ciudades con climas muy diferentes tal y como se muestra en el ejemplo de este artículo.

La rehabilitación de centros escolares es una prioridad debido a sus elevados consumos y escaso confort para alumnos y profesores. Son construcciones ubicadas en barrios consolidados donde funcionan como equipamientos que no puede ser sustituidos o trasladados a otras zonas de la ciudad porque dejarían sin servicio a los barrios, por lo que la solución más económica y eficiente es la rehabilitación.

Se escoge un centro escolar (figura 1) de PB+II repetido en tres zonas climáticas distintas: A Coruña (C1), Ourense (C2) y Lugo (D1). Presenta una tipología de centro longitudinal estructurado entorno a un atrio central que organiza las aulas en dos orientaciones opuestas (A Coruña y Lugo N-S y Ourense NE-SO).

Los tres centros tienen las mismas características constructivas: Fachada:  $U=0,81\text{W/m}^2\text{°K}$ ; Cubierta:  $U=2,31\text{W/m}^2\text{°K}$ ; Solera:  $U=1,48\text{W/m}^2\text{°K}$ ; Forjado ext.:  $U=2,44\text{W/m}^2\text{°K}$  y Huecos:  $U=5,77\text{W/m}^2\text{°K}$ .



Figura 1. Imagen exterior centro escolar

## DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL ESTADO ACTUAL

### Deficiencias energéticas

Se inspeccionaron energéticamente los edificios y se realizaron termografías que han permitido detectar tres puntos críticos repetidos y que son necesarios tratar en una rehabilitación energética.

- Puentes térmicos.
- Falta de estanqueidad al aire de los cerramientos.
- Mal uso de las instalaciones por parte de los usuarios.

El puente térmico más típico en edificios de esta antigüedad es el frente de forjado y pilar sin aislar. El cerramiento de fachada tiene una composición (½pie caravista + 3cm EPS + ½pie LHD + enlucido) donde el aislamiento por la manera en que se construía se ve interrumpido entre los forjados y pilares generando el puente térmico mencionado y produciendo pérdidas por transmisión térmica (figura 2).

Otro puente térmico son las caras inferiores de los forjados en contacto con el exterior, las cuáles están sin aislar provocando flujos de calor del interior hacia el exterior (figura 3). Esta circunstancia genera en el interior que los usuarios tengan sensaciones de disconfort como “pies fríos” o “asimetrías de temperatura” importantes en una misma aula.

A través de las termografías se detecta uno de los mayores problemas de confort para los usuarios que se acentúa en climas más adversos como Lugo y Ourense; se trata de la falta de estanqueidad de las carpinterías. Esta patología es debida a la antigüedad de los huecos y al sistema de apertura (ventanas correderas) a través de los cuáles se filtra de manera continua el aire.

En la figura 4 se produce una entrada de aire frío constante desde el exterior a una temperatura media de 10°C (temperatura operativa interior 21°C). La falta de estanqueidad genera un elevado consumo energético y una falta de confort para los usuarios provocando corrientes de aire que bajan la temperatura de las estancias. También se ha detectado falta de estanqueidad en cajas de persianas.

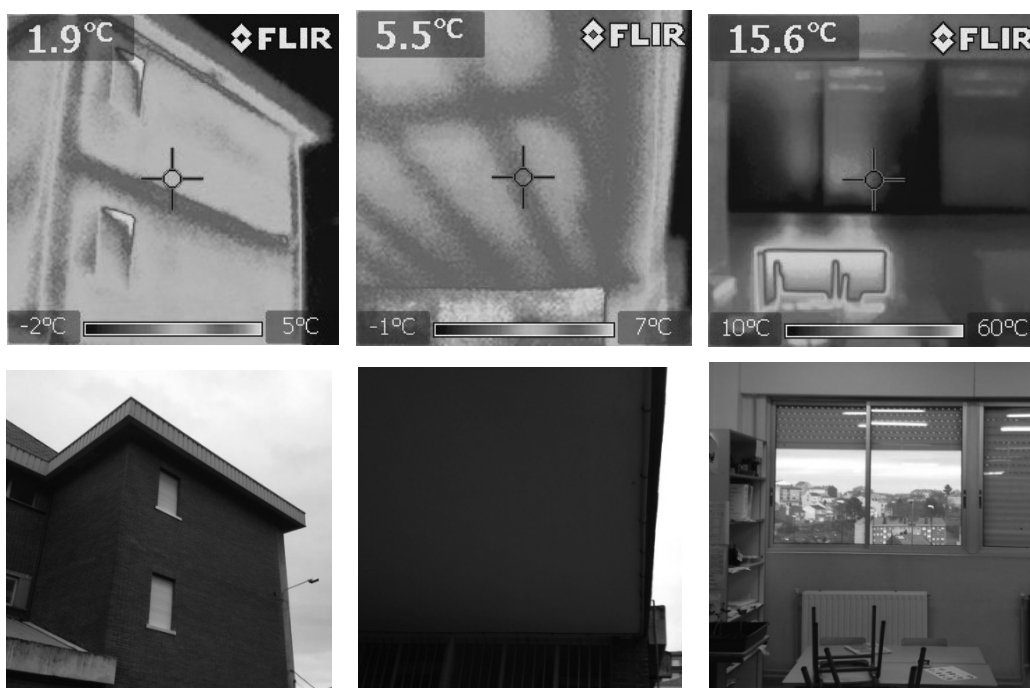


Figura 2. PT. Frente forjado y pilares    Figura 3. PT. Cara inferior forjado    Figura 4. Falta estanqueidad cerramiento



**Análisis energético**

A través de las simulaciones energéticas realizadas con el programa Design Builder de un año escolar se ha podido ver como la influencia del clima es sustancial, provocando que el mismo edificio en una ciudad como Lugo presente una demanda de calefacción el doble que en A Coruña.

En los tres casos existen consumos de energía final de calefacción elevados que no aseguran unas condiciones de confort mínimas (figura 5). La temperatura operativa en el interior de las aulas es de 21°C pero se ha detectado que muchas veces existen a la vez situaciones de sobrecalentamiento y enfriamiento en aulas distintas; esto es debido a que se trata de edificios con orientaciones totalmente opuestas y sin diferente tratamiento de fachadas. Sería necesario establecer sistema de zonificación de calefacción en base a las orientaciones para poder optimizar los consumos y alcanzar un mayor confort.

La severidad de invierno es mayor en zonas climáticas como Lugo, donde el consumo de energía primaria de calefacción con respecto al de electricidad es de 4/5, en cambio en zonas con menor severidad como A Coruña la situación es de 3/5. Este dato es importante a la hora de fijar soluciones de rehabilitación energética en una zona u otra (figura 6).

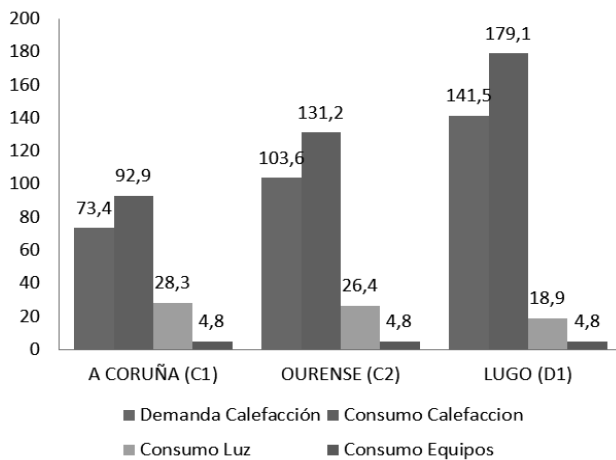


Figura 5. Energía Final. Demanda y consumo (Kwh/m²año)

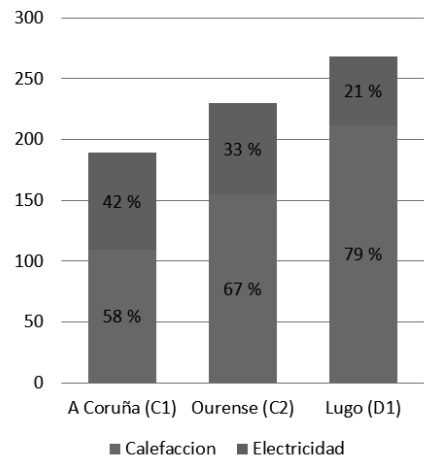


Figura 6. Energía primaria (Kwh/m²año)

Uno de los mayores problemas en temas de eficiencia energética en edificios de esta antigüedad y características es la falta de estanqueidad al aire de los cerramientos unido a los procesos de ventilación natural que se suelen hacer. Esto puede llegar a generar pérdidas térmicas entorno al 65% que deberán ser reducidas a la hora de acometer cualquier rehabilitación energética (figura7).

En la envolvente de los tres edificios (figura 8) se ha realizado la media de en qué partes hay mayores pérdidas por transmisión térmica. Los acristalamientos concentran el 31%, suelen ser vidrios simples con muy bajas prestaciones. En segundo lugar, los espacios bajo cubierta (28%) “ligeramente ventilados” provocan grandes pérdidas a través de la última planta. En tercer lugar, los muros de fachada (19%) presentan puentes térmicos graves que deben ser eliminados. Por último, la cara inferior de los forjados (18%) destaca por ser superficies pequeñas pero que concentran grandes pérdidas térmicas.

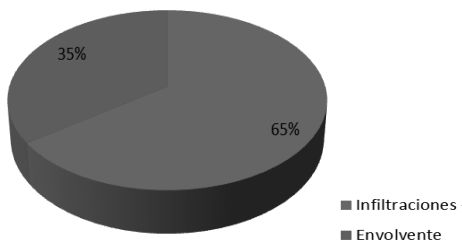


Figura 7. Porcentaje de pérdidas infiltraciones y envolvente

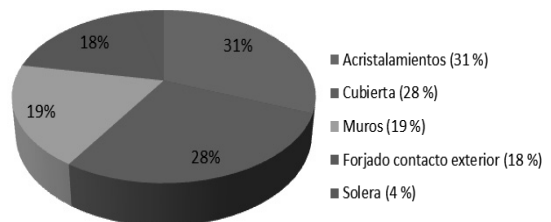


Figura 8. Envolvente Pérdidas por transmisión térmica

## ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN

A la hora de establecer los diferentes grupos de estrategias de rehabilitación es necesario ver qué actuaciones tienen un mayor ahorro energético o un mayor coste de intervención. Se analizan tres grupos de mejoras (envolvente, huecos e iluminación). En la figura 9 se ha establecido un estudio en base al edificio con mayor severidad climática de invierno (Lugo, D1) para poder ver el porcentaje de ahorro de cada actuación y extrapolar soluciones a los otros dos casos de estudio.

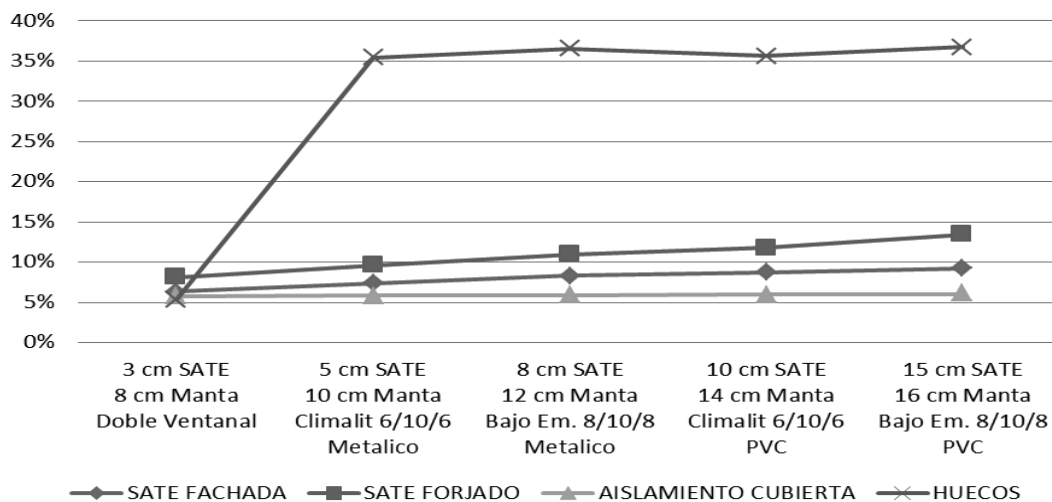


Figura 9. Porcentaje de ahorro de cada actuación de rehabilitación energética

### Mejoras en los huecos y en la estanqueidad al aire

Se trata de soluciones que producen importantes reducciones en el consumo de calefacción ya que se mejora la resistencia térmica de los huecos y se aumenta la estanqueidad al aire. La opción más económica es la colocación de dobles ventanas, pero es una solución poco eficiente, ahorro del 5%.

Los mayores ahorros se producen con la sustitución de los huecos por vidrios CLIMALIT o bajo emisivos. El aumento de la eficiencia se produce con carpinterías estancas de aluminio (RPT) o PVC, hasta un 37%.

La solución óptima en cuanto a ahorro e inversión es un sistema CLIMALIT 8/10/8 con carpintería metálica (RPT) oscilo batiente que reduce la estanqueidad y aumenta la resistencia térmica.

### Mejoras en la envolvente

Las mejoras de la envolvente incluyen actuaciones en fachada y en la cara inferior de los forjados mediante soluciones de aislamiento térmico por el exterior (SATE); también se plantean actuaciones en los bajo cubierta mediante aislamiento de fibra de vidrio sobre el forjado de la última planta.

Los mayores ahorros se producen con el SATE de 15cm en la cara inferior del forjado, hasta un 13,42%. En fachada la solución óptima son 10 cm que producen un ahorro del 8,73%; a partir de este espesor se producen escasos ahorros y la inversión se encarece bastante. El empleo de este sistema consigue una eliminación casi total de los puentes térmicos.

La colocación de la manta de vidrio en cubierta es la solución más económica de las de la envolvente, siendo la de 8 cm la óptima ya que a partir de este espesor no se producen grandes ahorros.

### Mejoras en iluminación

Se plantean soluciones de control de iluminación y de sustitución de luminarias por otras de bajo consumo que alcanzan importantes ahorros en el consumo de electricidad, hasta un 68%. Se trata de una solución

muy eficiente para edificios donde el consumo de energía primaria de electricidad es cercano al de calefacción, como en el caso de estudio de A Coruña.

### Grupos de estrategias de rehabilitación. Impacto y ahorro económico

Después de estudiar las mejoras que producen un mayor ahorro económico o un mayor equilibrio entre inversión y eficiencia, se agrupan en dos estrategias de rehabilitación para ver los ahorros globales.

En primer lugar, se plantea la solución óptima coste/ahorro formada por: carpintería metálica estanca oscilobatiente (RPT), climalit 8/10/8, SATE 10cm fachada, 15cm cara inferior forjado y 8cm en cubierta.

Se alcanza según la severidad climática de invierno hasta ahorros del 70% en el caso de A Coruña y de entorno al 50% en los casos de Ourense y Lugo. Las actuaciones sólo en la envolvente en casos como A Coruña provocan que el consumo después de la rehabilitación sea mayor en energía primaria en electricidad que en calefacción (figura 10 y 11).

Los ahorros económicos obtenidos permitirían recuperar la inversión de la “estrategia 1” en 13 años en el caso de Lugo, 14 para A Coruña y 15 en Ourense.

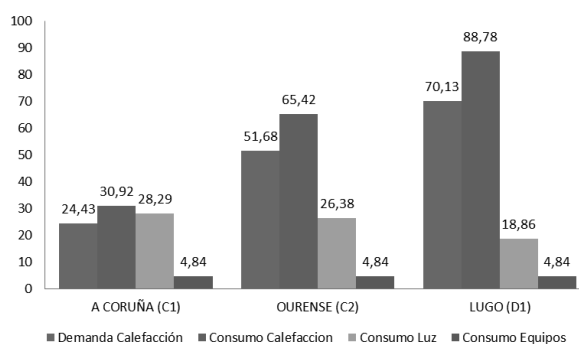


Figura 10. "Estrategia 1". Energía Final. Demanda y consumo (Kwh/m²año)

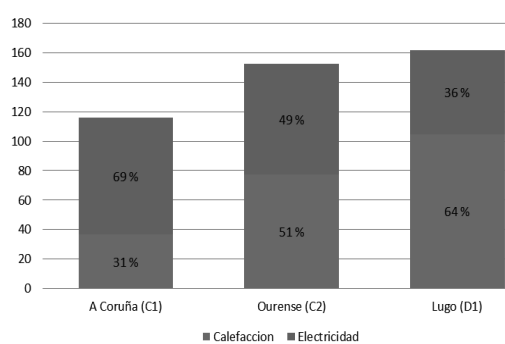


Figura 11. "Estrategia 1". Energía primaria (Kwh/m²año)

En segundo lugar, la “estrategia 2” aportaría mayores ahorros pero también sería la inversión más cara. Estaría formada por carpintería de PVC, bajo emisivo 8/10/8, SATE 15cm fachada y cara inferior forjado, 16cm cubierta y sistema eficiente de iluminación.

En zonas climáticas como C2 y D1 debido a una mayor severidad climática de invierno, se puede seguir reduciendo la demanda de calefacción implementando mayores soluciones sobre la envolvente tal y como se ve con respecto a la “estrategia 1”. Esto aportaría una reducción de 20 Kwh/m²año por lo que aún existe margen de mejora admisible. En cambio en zonas climáticas C1, esas mejoras sólo supondrían un ahorro de 3Kwh/m²año por lo que es más interesante implementar soluciones en aspectos de iluminación donde si que se alcanzaría ahorros de 20 Kwh/m²año.

Una correcta combinación de mejoras en la envolvente, en la estanqueidad e iluminación permiten que un edificio existente se aproxime a las premisas de un edificio de consumo casi nulo.

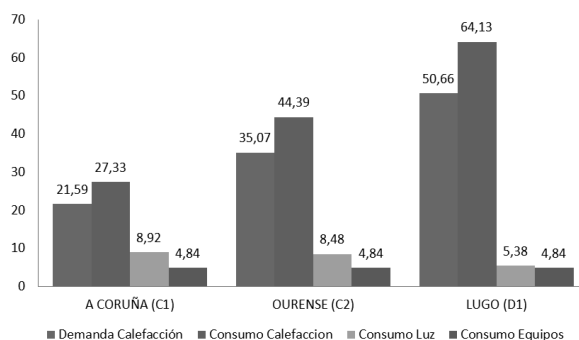


Figura 12. "Estrategia 2". Energía Final. Demanda y consumo (Kwh/m²año)

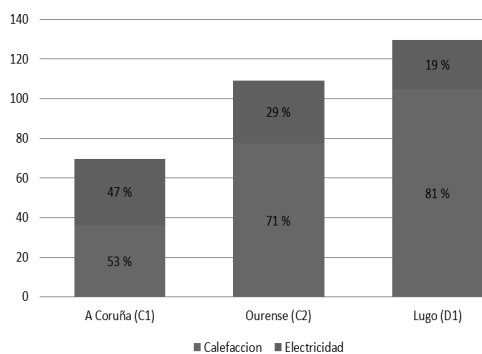


Figura 13. "Estrategia 2". Energía primaria (Kwh/m²año)

## CONCLUSIONES

La realización del proceso comparativo de rehabilitación energética entre tres edificios idénticos ubicados en zonas climáticas distintas permite establecer las siguientes conclusiones:

- Una rehabilitación eficiente debe comenzar con un exhaustivo análisis que aporte un diagnóstico energético concreto. Las pruebas más determinantes son la toma de termografías y ensayos de estanqueidad "blowerdoor".
- Las infiltraciones de aire no controladas son la mayor patología energética en edificios existentes ya que provocan una elevada demanda de calefacción. La sustitución de carpinterías existentes permite reducir las infiltraciones y conseguir importantes ahorros de consumo de calefacción como mejoras en el confort de los usuarios.
- Un factor determinante en una rehabilitación energética es el clima, por lo que la misma estrategia en una zona puede no aportar beneficios en otra.
- La intervención con aislamiento de las caras inferiores de los forjados en contacto con el exterior y en las caras superiores de los forjados en contacto con espacios no acondicionados aporta ahorros de hasta un 20%. En cambio, las intervenciones en fachadas son más costosas y los ahorros no superarían el 10%.
- Los valores límite de demanda y consumo en edificios rehabilitados NZEB, deberá tener niveles propios de cada zona climática y nunca un valor tipo como en el Passivhaus.
- Para alcanzar edificios de consumo casi nulo rehabilitados será necesario introducir mejoras en las instalaciones, implementando soluciones más eficientes y de energías renovables. Es necesario la introducción de instalaciones fotovoltaicas para eliminar el consumo eléctrico.

## REFERENCIAS

- Capdevila, I., Linares, E. & Folch, R., 2012, Eficiencia energética en la rehabilitación de edificios.
- Erhorn-Kluttig, H. & Erhorn, H., 2016, Solutions sets for zero emission / Zero energy school buildings.
- Granados, H., 2010, Restauración y rehabilitación, Rehabilitación energética de edificios.
- Linares, P., 2012, Rehabilitación sostenible de viviendas históricas en Santiago de Compostela.
- Serrano, B., Soto, L., Ortega, L. & García-Prieto, A., 2013, DTIE 18.01 Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios.

<sup>i</sup> BOE del 20 de septiembre de 1971, por el que se convoca el concurso público para la construcción de 73 colegios nacionales de Educación General Básica en Galicia.

# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN CENTROS DEPORTIVOS. PROYECTO EUROPEO STEP-2-SPORT

**Marc Torrentellé Soler**, Técnico de la División de Sostenibilidad, Centro Tecnológico LEITAT  
**Marta Escamilla Monell**, Responsable de la División de Sostenibilidad, Centro Tecnológico LEITAT

**Resumen:** El proyecto europeo STEP-2-SPORT promueve la renovación energética en centros deportivos existentes con la finalidad de alcanzar edificios con consumo de energía casi nulo. En el primer año de proyecto, se realizaron auditorías energéticas en 26 centros deportivos de alrededor de Europa. A partir de las recomendaciones establecidas, a día de hoy ya se han implementado mejoras energéticas en 4 de los centros deportivos españoles: sistema innovador de acumulación de agua con estratificación térmica, caldera de condensación, caldera de biomasa, iluminación LED y sensores de presencia, reacondicionamiento de una deshumectadora incorporando variadores de frecuencia y sondas de CO<sub>2</sub>, etc. Actualmente, se están monitorizando los ahorros energéticos de las mejoras implementadas.

**Palabras clave:** Instalaciones Deportivas, Consumo de Energía Casi Nulo, Eficiencia Energética, Energías Renovables, Ahorro Energético

## INTRODUCCIÓN

En Europa hay más de un millón y medio de instalaciones deportivas, valor que representa aproximadamente el 8% del parque de edificios. La mayoría se construyeron antes del 1980 sin considerar criterios de eficiencia energética, por lo que resulta necesario promover la renovación energética de estos edificios. Según estudios llevados a cabo en el Reino Unido, las instalaciones deportivas representan alrededor del 10% del consumo energético anual del sector edificios. Algunas de las limitaciones más comunes en instalaciones deportivas son las pérdidas energéticas que se producen en equipos que tienen un bajo rendimiento energético (p.ej. calderas, bombas, motores, lámparas, etc), y las pérdidas energéticas en la envolvente debido a un nulo o insuficiente aislamiento. Realizar un buen uso y gestión de una instalación es un factor clave para minimizar las pérdidas energéticas. El proyecto STEP-2-SPORT tiene como objetivo principal fomentar la rehabilitación energética de centros deportivos existentes, demostrando que existe una gran variedad de mejoras energéticas que pueden contribuir a reducir los consumos energéticos. Sin lugar a duda, una de las barreras más importantes para alcanzar este objetivo es la falta de recursos económicos. Por esta razón, durante el proyecto se están promoviendo mecanismos innovadores de financiación, como por ejemplo los contratos con Empresas de Servicios Energéticos (ESEs). El desconocimiento y la falta de confianza de propietarios y gestores de los centros deportivos con los contratos de servicios energéticos hace necesario darlos a conocer. Para ello, se organizarán sesiones técnicas y se creará una plataforma on-line de asesoramiento para los centros deportivos.

## PROYECTO STEP-2-SPORT

El proyecto STEP-2-SPORT (*Step by Step renovation towards nearly Zero Energy Buildings*) es un proyecto cofinanciado por la Comisión Europea y liderado por el Centro Tecnológico LEITAT. Un total de 12 organizaciones procedentes de 7 países de la UE (Suecia, Polonia, Bulgaria, Grecia, Italia, Portugal y España) trabajan para promover la rehabilitación energética de instalaciones deportivas. El proyecto se inició en marzo de 2014 y finaliza en febrero de 2017. Los objetivos principales del proyecto son:

1. Promover la implementación gradual de mejoras energéticas (tanto de eficiencia energética como la implementación de energías renovables) para alcanzar edificios deportivos con consumo de energía casi nulo.
2. Incrementar el número de centros deportivos existentes con certificación energética, entendiendo la certificación energética como una herramienta que puede estimular la renovación energética de los edificios.

3. Incrementar las inversiones destinadas a mejorar la eficiencia energética y uso de energías renovables en los centros deportivos.
4. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, apoyando al Plan de Acción de Eficiencia Energética del 2011 y al Pacto de Alcaldes, con el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> más de un 20% al 2020 mediante la implementación de mejoras energéticas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el primer año de proyecto, se realizaron **auditorías energéticas** así como la **calificación energética** de varios centros deportivos piloto con la finalidad de conocer su comportamiento energético e identificar oportunidades de mejora energética. Un total de 26 centros deportivos procedentes de 7 países de la UE están participando en el proyecto como casos de estudio. Diferentes tipologías de centros deportivos han sido evaluados desde un punto de vista energético: complejos deportivos, piscinas cubiertas, pabellones, gimnasios y pistas de hielo.

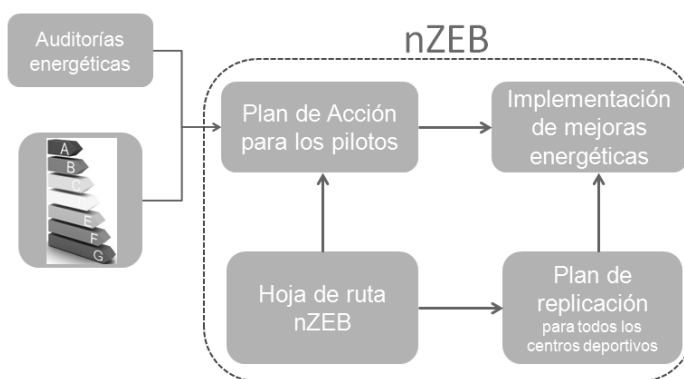


Figura 1. Actividades realizadas en el proyecto STEP-2-SPORT

Una vez determinada la situación de referencia, se definieron **planes de acción** para la renovación de los centros piloto con el objetivo de alcanzar edificios de consumo de energía casi nulo (nZEB) en un período de 10 años. A partir de las recomendaciones establecidas en los planes de acción, los centros deportivos piloto ya han empezado a **implementar mejoras energéticas**. Paralelamente se ha definido una **Hoja de Ruta** para facilitar la transición hacia los edificios deportivos nZEB. Finalmente se desarrollará un **Plan de Replicación** con la finalidad de transferir los resultados del proyecto, promoviendo así la implementación de mejoras energéticas en otros centros deportivos.

## RESULTADOS

En las instalaciones deportivas analizadas se han detectado pérdidas energéticas significativas, ya sean a través de la envolvente, en la producción de calor, en climatización, iluminación o en el bombeo. Se ha detectado un potencial de ahorro energético de alrededor del 50%, llegando en algunos casos a ser superior al 60%. En referencia a los cinco centros pilotos evaluados en España, se ha identificado un ahorro energético potencial superior a los 4.000 MWh/año, y aprox. 2.000 MWh/año pueden ser producidos mediante energías renovables.

## Situación energética de los centros deportivos europeos

El consumo energético de una instalación deportiva se ve influenciado por una gran cantidad de variables, como por ejemplo el diseño del edificio (características del envolvente, orientación, superficie), zona climática en la que se ubica, la tipología de edificio deportivo, el tamaño y el número de piscinas, la gestión del centro, el grado de eficiencia de los equipos consumidores de energía, etc. Las instalaciones deportivas con piscina cubierta son las que presentan un mayor consumo energético, principalmente debido a los consumos asociados a la deshumectación, bombas de filtraje y calentamiento de los vasos. El consumo energético de estos centros se ve influenciado por factores como la superficie de la lámina de agua y del volumen, así como la zona climática donde se localizan los centros (ver Figura 2).

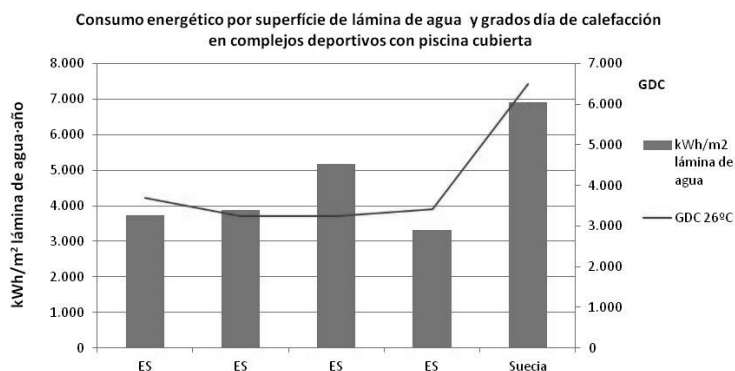


Figura 2. Consumo energético en función de la superficie de la lámina del vaso de agua y grados días de calefacción en complejos deportivos con piscina cubierta de España y de Suecia

## Hoja de ruta para alcanzar edificios deportivos nZEB

Uno de los resultados más destacados del proyecto es la Hoja de Ruta<sup>1</sup> para ayudar a los centros deportivos existentes a alcanzar un consumo de energía casi nulo. La hoja de ruta destaca la importancia de realizar una auditoría energética detallada del centro para poder determinar su comportamiento energético. Además, se listan indicadores energéticos para distintas tipologías de centros deportivos que ayudan a definir la línea base o situación de referencia. En la hoja de ruta se describen una gran variedad de mejoras energéticas, tanto de eficiencia energética como de energías renovables, que pueden ser implementadas en los centros, indicando el potencial ahorro energético aproximado que puede conllevar la implementación de las mejoras presentadas.

**MEJORAS ENERGÉTICAS PARA CENTROS DEPORTIVOS**

**1. SOLUCIONES EN LA ENVOLVENTE**

- Aislamiento en fachada
- Aislamiento en cubierta

**2. VENTANAS Y PROTECCIONES SOLARES**

- Vidrios con baja transmitancia térmica
- Protecciones solares

**3. GENERACIÓN DE ENERGÍA Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TÉRMICA**

- Cogeneración
- Calderas de condensación
- Acumulador de agua caliente estratificada

**4. ILUMINACIÓN**

- Iluminación LED
- Sistemas de control de la iluminación
- Sistemas para aprovechar la luz natural

**5. MOTORES Y BOMBAS**

- Motores y bombas de alta clase energética
- Variadores de frecuencia

**6. SISTEMAS DE VENTILACIÓN**

- Recuperadores de calor
- Sistemas para el control automatizado y eficiente

**7. SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN**

- Sistemas SCADA y de monitorización energética
- Programadores digitales

**8. ENERGÍAS RENOVABLES**

- Fotovoltaica
- Solar térmica
- Geotermia
- Biomasa

**PISCINAS CUBIERTAS**

**9. MEJORAS ESPECÍFICAS PARA PISCINAS CUBIERTAS**

- Manta térmica
- Recuperación del calor del agua de renovación de los vasos
- Deshumectadora de alta eficiencia energética

**PISTAS DE HIELO**

**10. MEJORAS ESPECÍFICAS PARA PISTAS DE HIELO**

- Sistemas de producción de frío eficientes
- Láminas de baja emisividad

Figura 3. Mejoras energéticas para instalaciones deportivas

Una de las barreras más habituales para implementar mejoras energéticas es la falta de recursos económicos para afrontar las inversiones. En la hoja de ruta definida se presentan los principales mecanismos de financiación (p.ej. Fondo Nacional de Eficiencia Energética, crowdfunding, programas europeos, etc.) que se pueden utilizar para implementar mejoras energéticas. Los contratos con empresas de servicios energéticos (ESEs), y en particular los contratos con ahorros garantizados o EPC en inglés (Energy Performance Contracting) es uno de los mecanismos de financiación que se promueve en el proyecto para fomentar la implementación de mejoras. Debido a que todavía hoy los contratos con ESEs son desconocidos por la mayoría de propietarios y gestores de los edificios deportivos, en la hoja de ruta se presentan algunos ejemplos de proyectos exitosos bajo esta modalidad de contratación.

## Implementación de mejoras energéticas en los centros deportivos piloto

A día de hoy ya se han empezado a implementar algunas de las mejoras energéticas en los centros deportivos piloto. A continuación se detallan las mejoras energéticas implementadas hasta el momento en cuatro de las instalaciones ubicadas en España:

### COMPLEJO DEPORTIVO MUNICIPAL LA BORDETA

Propietario: Institut Barcelona Esports. Ayuntamiento de Barcelona

Gestión: Atles Esports. Secretariat d'Entitats de Sants, Hostafrancs i la Bordeta

#### Mejoras energéticas implementadas:

- Sistema innovador de acumulación de agua caliente con estratificación térmica
- Sustitución de bombas por unas de más eficientes
- Caldera de condensación
- Iluminación LED en piscina cubierta
- LEDs en vestuarios y sensores de presencia
- Interruptores horarios para circuitos de iluminación
- Equilibrado hidráulico de la instalación solar térmica existente
- Sistema de monitorización de la producción solar térmica



#### Ahorro energético:

Pasado el primer año de la implementación del sistema con acumulación de agua estratificada y la sustitución de bombas se ha obtenido un ahorro energético del 20%. Actualmente se está monitorizando el impacto del resto de las mejoras implementadas.

### SERVEI D'ACTIVITAT FÍSICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

Propietario: Universidad Autónoma de Barcelona

Gestión: SAF (Servei d'Activitat Física)

#### Mejoras energéticas implementadas:

- Caldera de biomasa de 500 kW para la producción de agua caliente y calefacción de los vasos de la piscina cubierta, ACS e instalaciones

#### Ahorro energético:

La instalación finalizará en Mayo de 2016. Con la caldera de biomasa, más de un 60% de la demanda energética del complejo deportivo se cubrirá mediante energías renovables.



**COMPLEJO DEPORTIVO MUNICIPAL VALLIRANA**

Propietario: Ayuntamiento de Vallirana

Gestión: Llop Gestió de l'Esport

**Mejoras energéticas implementadas:**

- Reacondicionamiento de una deshumectadora para la piscina, incorporando componentes que permiten un ahorro energético (p.ej. variadores de frecuencia, sondas de CO<sub>2</sub>, etc).

**Ahorro energético:**

Actualmente se está monitorizando el ahorro energético.

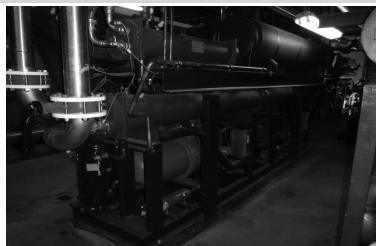
**PISTA DE HIELO DEL CLUB POLIDEPORTIVO PUIGCERDÀ**

Propietario: Ayuntamiento de Puigcerdà

Gestión: Club Polideportivo Puigcerdà

**Mejoras energéticas implementadas:**

- Sustitución de la planta de producción de frío por una de más eficiente (para una pista de hielo) con sistema de recuperación de calor para precalentar el agua de la piscina y ACS

**Ahorro energético:**

En junio de 2015 se sustituyó la mitad de la planta de producción de frío. En junio de 2016 se prevé sustituir la otra mitad. El ahorro energético se evaluará una vez finalizada la instalación.

## Plan de replicación energético para centros deportivos

Con el objetivo de transferir los resultados del proyecto y promover la implementación de mejoras energéticas en los centros deportivos europeos se ha definido un Plan de Replicación. El Plan incluye desde jornadas de formación en 7 países de la UE, la organización de visitas guiadas a los centros deportivos piloto que han implementado mejoras energéticas, participación de los socios del proyecto en congresos y eventos, la creación de una herramienta online de benchmarking energético de instalaciones deportivas y una plataforma de asesoramiento online. Tanto la herramienta de benchmarking como la plataforma de asesoramiento estarán disponibles a partir del septiembre de 2016. Se invita a todos los centros deportivos a completar el breve formulario online adjunto: [https://docs.google.com/forms/d/1RtNyr3w5VxheWmBcWILCTToQ0PcjytZfrlVNWDPaYA8/viewform?c=0&w=1&usp=mail\\_form\\_link](https://docs.google.com/forms/d/1RtNyr3w5VxheWmBcWILCTToQ0PcjytZfrlVNWDPaYA8/viewform?c=0&w=1&usp=mail_form_link) datos que permitirán determinar el potencial de ahorro energético de las instalaciones.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las instalaciones deportivas evaluadas se ha detectado un elevado potencial de ahorro energético, en la gran mayoría de casos superior al 50%, incluso en algunos casos siendo superior al 60%. Para alcanzar estos valores es necesario implementar mejoras de eficiencia energética, fomentar el uso de energías renovables y hacer un buen uso y gestión de las instalaciones. El potencial de ahorro energético total identificado en las auditorías energéticas realizadas en los 26 centros deportivos europeos es de alrededor de 9.500 MWh/año. Adicionalmente unos 3.170 MWh/año se podrían producir mediante energías renovables. La inversión total requerida para obtener estos ahorros es de 7,1 M €.

La hoja de ruta definida pretende dar herramientas a los propietarios y gestores de instalaciones deportivas, pero al mismo tiempo también a ingenieros, arquitectos y consultores energéticos para facilitar la transición hacia edificios con consumo de energía casi nulo. En la hoja de ruta se presentan una gran variedad de mejoras energéticas que se pueden implementar en centros deportivos, indicando el ahorro energético potencial de cada mejora. Debido a la falta de recursos económicos que pueden tener algunos centros para implementar un conjunto de mejoras energéticas, en la hoja de ruta se presentan diferentes mecanismos de financiación, entre ellos los contratos de rendimiento energético (EPC en inglés) con empresas de servicios energéticos.

Durante el proyecto STEP-2-SPORT se han implementado de forma gradual mejoras energéticas en los centros deportivos piloto, con la finalidad de empezar el camino para alcanzar edificios nZEB. Actualmente se está realizando un seguimiento de los ahorros energéticos obtenidos. A parte de evaluar la efectividad de las mejoras realizadas, se pretende replicar estos resultados a otros centros deportivos. Para ello, en los siguientes meses el consorcio participará en jornadas y organizará visitas guiadas a los centros deportivos piloto para difundir los resultados del proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión Europea, por su apoyo a través del programa Intelligent Energy Europe (IEE), así como a instalaciones deportivas piloto y a los socios del proyecto STEP-2-SPORT.

## REFERENCIAS

- SPORTE2, 2013, D7.1 Market Analysis. Energy Efficiency for European Sport Facilities.
- STEP-2-SPORT, 2015, Roadmap towards nearly Zero Energy Sport Buildings
- STEP-2-SPORT, 2015, Integrated report including the main results of the energy audits and the energy performance rating conducted in pilot sport facilities
- <http://step2sport.eu/>

---

<sup>i</sup> [http://step2sport.eu/sport/wp-content/uploads/2016/02/WP3\\_20151130\\_STEP2SPORT\\_D3.1Roadmap\\_PU.pdf](http://step2sport.eu/sport/wp-content/uploads/2016/02/WP3_20151130_STEP2SPORT_D3.1Roadmap_PU.pdf)

# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE DOS VIVIENDAS EN LEÓN

Horacio Díez Domínguez, Arquitecto Técnico

**Resumen:** En este trabajo se analiza la viabilidad técnica y económica de la rehabilitación energética de un edificio de dos viviendas construido a mediados del siglo XX en Armunia, provincia de León (España). Los puntos que se abordan, por orden de prelación, son la reducción de la demanda energética mediante la mejora del aislamiento térmico de la envolvente térmica, la disminución del consumo energético a través de la renovación de las instalaciones del edificio, el estudio de la integración de energías renovables y la cuantificación de la inversión necesaria para acometer las medidas de mejora propuestas. Los resultados obtenidos con Calener VyP, que es el programa oficial para la certificación de edificios existentes cuando se desarrolló este trabajo, permiten conocer la magnitud del esfuerzo llevado a cabo para reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera que, combinado con el estudio de la rentabilidad de las inversiones, el cual se basa en el análisis del periodo de retorno (PR), de la tasa interna de retorno (TIR) y del valor actual neto (VAN), permite tomar la mejor decisión para la rehabilitación energética de la edificación.

**Palabras clave:** Consumo Energético, Demanda Energética, Emisiones de CO<sub>2</sub>, Paneles Solares Híbridos, Rehabilitación Energética

## INTRODUCCIÓN

Tal y como se recoge en el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, en adelante PAAEE, desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en adelante IDAE, España se caracteriza por tener una estructura de consumo dominada por productos petrolíferos importados prácticamente en su totalidad, lo que, junto a una reducida aportación de recursos autóctonos ha contribuido a una elevada dependencia energética de España, próxima al 80%, superior a la media europea, 54%. El consumo de energía final del sector Edificación y Equipamiento en el año 2010 representó el 26,1% del consumo de energía final nacional para usos energéticos de los cuales el 17,5% corresponde al sector edificios de uso doméstico siendo las instalaciones térmicas de las viviendas, es decir calefacción y ACS, las que representan casi tres cuartas partes del consumo energético del sector. Este consumo energético lleva asociado unas emisiones de gases de efecto invernadero las cuales deben ser reducidas de acuerdo con la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética con el que se pretende establecer un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de un 20% de ahorro para el año 2020 mediante el establecimiento de objetivos nacionales orientativos de eficiencia energética para 2020. Para alcanzar este objetivo en el PAAEE se plantearon los requisitos mínimos de eficiencia energética de edificios e inspección periódica de eficiencia energética de instalaciones térmicas, la certificación energética de edificios de obra nueva y existente y líneas de ayuda para la mejora de la eficiencia energética en edificios destacando la rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes y la mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas de los edificios existentes. Para llevar a cabo estas medidas existen dotaciones económicas provenientes del Ministerio de Fomento gestionadas por las Comunidades Autónomas y del Ministerio de Industria Energía y Turismo gestionadas por el IDAE que posibilitan la adecuación voluntaria de los edificios tanto a los nuevos requisitos mínimos de eficiencia energética recogidos en el DB HE-4, los cuales derivan de la Directiva 2012/27/UE, como para ser certificados energéticamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En primer lugar se define la envolvente térmica mediante toma de datos “in situ” y las instalaciones de producción de calor existentes para conocer el comportamiento energético actual del edificio, es decir, para conocer la demanda energética, las emisiones y el consumo energético del estado actual del edificio mediante el programa informático Calener VyP versión 1.0 de 12 de junio de 2013. Seguidamente se

proponen medidas realistas desde un punto de vista técnico y económico que son implementadas en Calener VyP para valorar cómo evoluciona el comportamiento energético del edificio.

Para tomar la mejor decisión posible sobre la rehabilitación energética de la edificación se realiza el análisis económico de las medidas propuestas estudiando el periodo de retorno (PR), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) de la inversión otorgándole más peso a la TIR y al PR. Estos tres parámetros se obtienen haciendo un análisis de flujos de caja con una Hoja Excel por lo que resulta imprescindible realizar un presupuesto que cuantifique el valor económico de las medidas propuestas. Dichos presupuestos se generan con el programa informático Presto 8.8 y la base de precios PREOC 2010.

## RESULTADOS

La edificación a estudio es un edificio de uso residencial privado con patio trasero, constituido por Planta Baja más una Planta Alzada entre medianeras con una vivienda en cada planta y que sita en la Calle Vista Alegre, nº16, Armunia-León.

En la Tabla I se muestran los valores de la transmitancia térmica de los diferentes elementos que conforman la envolvente térmica del edificio y en la Tabla II las cargas térmicas por estancias.



Figura 1. Fachada principal. Fuente: Elaboración propia

ELEMENTO	U [W/m <sup>2</sup> ·K]
Medianera	2,68
Tabique (particiones interiores)	2,80
Muro de carga	1,99
Fachada	2,21
Forjado en contacto con el suelo	2,38
Forjado interior	1,05
Tejado	0,76
V_90	4,81
V_60	5,00
Puerta calle	5,70
Puerta patio	2,00

Tabla I. Transmitancia térmica de los elementos que conforman la envolvente térmica. Fuente: Calener VyP

ESTANCIAS	P [kW]	
	P. BAJA	P. PRIMERA
Dormitorio 1	1,08	0,98
Dormitorio 2	1,06	0,82
Aseo/Baño	1,10	1,22
Cocina	1,26	0,55
Salón	1,90	1,34
Dormitorio 3	1,15	0,89
Pasillo	0,35	0,21
Dormitorio 4	0,99	0,91
TOTAL	8,89	6,92

Tabla II. Cargas térmicas de las estancias de las viviendas. Fuente: Elaboración propia

Debido a la climatología de León los únicos usos demandados por las viviendas del edificio son la calefacción y el ACS; no se precisa refrigeración. Actualmente se siguen empleando los mismos sistemas

que se empleaban a mediados del siglo XX para la generación calor. El agua caliente para el sistema de calefacción es generada por una caldera de carbón y distribuida hacia las estancias mediante un circuito bitubular con radiadores de hierro fundido capaces de suministrar las cargas térmicas detalladas en la tabla II mientras que la generación del ACS se realiza con una paila.

En la tabla siguiente se recogen los valores de demanda energética, emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía primaria por usos de forma que queda definido el comportamiento energético actual de la edificación.

DEMANDA	Clase	[kWh/m <sup>2</sup> -año]
Calefacción	G	371,0
Refrigeración	-	-
EMISIONES CO <sub>2</sub>	Clase	[KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año]
Calefacción	G	156,2
Refrigeración	-	-
ACS	A	0,7
Total	G	157,3
CONSUMO E.P.	Clase	[kWh/m <sup>2</sup> -año]
Calefacción	G	450,1
Refrigeración	-	-
ACS	A	2,0
Total	G	453,5

Tabla III. Comportamiento energético del estado actual del edificio. Fuente: Calener VyP

Seguidamente se proponen tres medidas de mejora y se comparan los resultados de demanda de calefacción, emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía primaria de cada medida respecto al comportamiento energético del estado actual del edificio. La primera medida consistente en ejecutar un trasdosado con aislamiento térmico en fachadas y medianeras, la segunda se fundamenta en el cambio de las calderas por unas de condensación y del combustible a gas natural y, finalmente, la tercera que es el resultado de la combinación de las dos primeras.

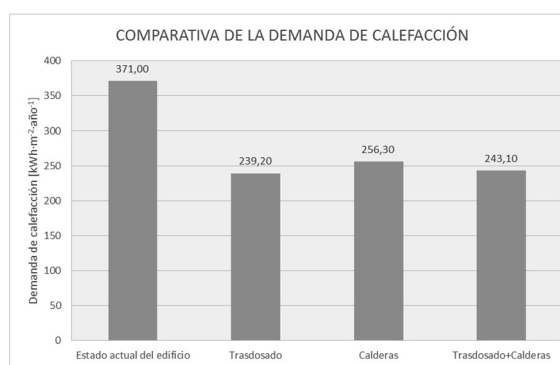


Figura 2. Comparativa de la demanda de calefacción. Fuente: Calener VyP

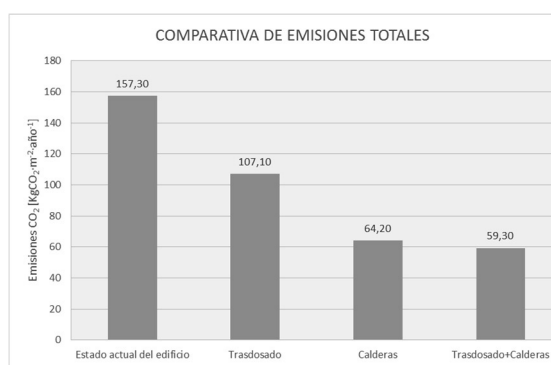


Figura 3. Comparativa de las emisiones totales. Fuente: Calener VyP



Figura 4. Comparativa de los consumos totales. Fuente: Calener VyP

La primera medida consistente en ejecutar un trasdosado con aislamiento térmico en fachadas y medianeras, la segunda se fundamenta en el cambio de las calderas por unas de condensación y del combustible a gas natural y, finalmente, la tercera que es el resultado de la combinación de las dos primeras. El paso siguiente es analizar la viabilidad económica de las medidas de mejora propuestas y para ello se presupuesta cada medida y se analiza su rentabilidad teniendo en cuenta los ahorros producidos y las subvenciones existentes. Los valores obtenidos se recogen en la tabla siguiente.

		Trasdosado	Calderas	Trasdosado + Calderas
<b>Inversión</b>	[€]	9754	6610	16364
<b>Ahorros</b>	[kWh]	17997	17657	20870
	[TnCO <sub>2</sub> ]	6,56	12,16	12,80
<b>P.R.</b>	[años]	5 <sup>(1)</sup>	2 <sup>(1)</sup>	5 <sup>(1)</sup>
<b>V.A.N.</b>	[€]	22690 <sup>(1)</sup>	45544 <sup>(1)</sup>	38548 <sup>(1)</sup>
<b>T.I.R.</b>	[%]	23 <sup>(1)</sup>	64 <sup>(1)</sup>	23 <sup>(1)</sup>

Tabla IV. Características de las inversiones. Fuente: Elaboración propia

<sup>(1)</sup> Estos valores se consiguen siempre y cuando se reciba la subvención de 2000€/vivienda.

Finalmente se opta por realizar la medida que propone el cambio de calderas y de combustible ya que es la inversión de menor cuantía y la que retorna antes tal y como se puede comprobar en la gráfica siguiente donde se muestra el periodo de retorno y la cuantía de las inversiones además de los ahorros de emisiones estimados que son proporcionales al tamaño de las burbujas.

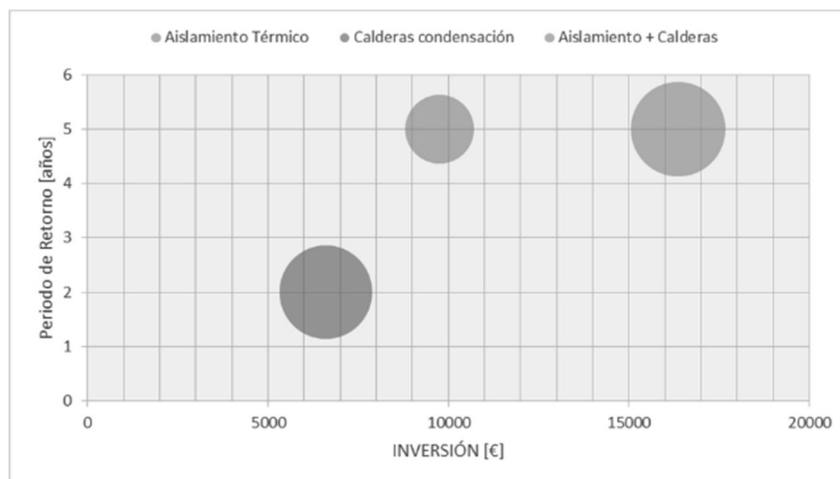


Figura 5. Comparación de las inversiones. Fuente: Elaboración propia

Se estudia la posibilidad de incluir energías renovables, concretamente la energía solar térmica para cubrir el 40% de la demanda de ACS tal y como se indica en el DB HE-4 del CTE (2013). Para ello se propone una instalación con depósito solar centralizado y apoyo distribuido con caldera de gas natural.

Se eligen tres kits capaces de cubrir el porcentaje de demanda de ACS citado; el kit IDROSOL ECO 300 2/2301 RKM CI de Salvador Escoda, E-steck de Roth y ECO-K02 de Ecomesh. Los dos primeros utilizan paneles térmicos mientras que el kit ECO-K02 de Ecomesh utiliza paneles híbridos capaces de producir agua caliente y electricidad de forma simultánea. Los resultados obtenidos para los tres kits son los que se muestran en la gráfica siguiente; siendo el porcentaje de demanda de ACS cubierto el kit de Salvador Escoda, Roth y Ecomesh es del 54,8%, 56,1% y 41,6% respectivamente.

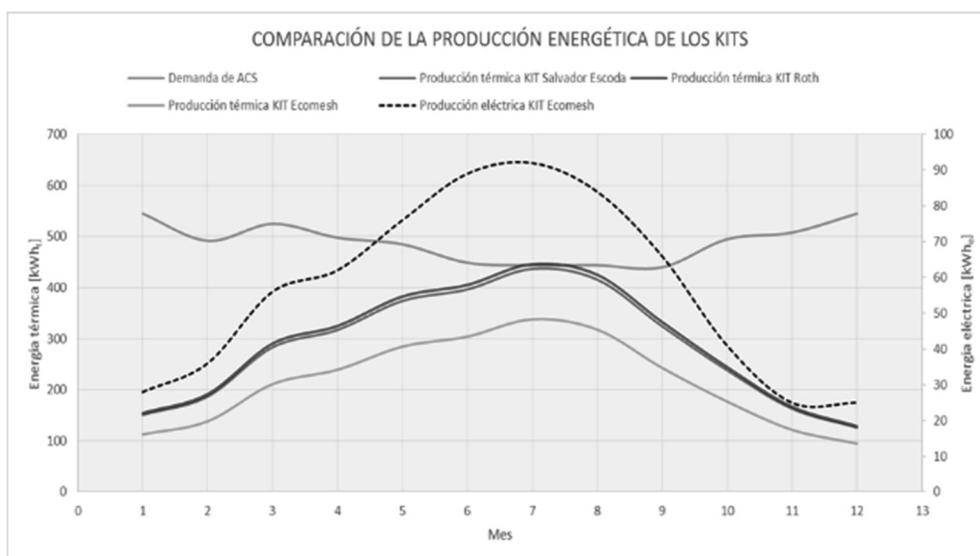


Figura 6. Cálculo de la producción energética según el método F-Chart. Fuente: Elaboración propia

Aunque la viabilidad técnica de los tres kits estudiados ha quedado demostrada no se puede implantar la energía solar térmica ya que económicamente resulta inviable; no porque no funcione sino porque es una tecnología que está destinada a cubrir únicamente un porcentaje de la demanda de ACS y desafortunadamente para el caso del edificio a estudio la demanda de ACS representa un porcentaje tan pequeño de la energía demandada que el esfuerzo económico a realizar no justifica el ahorro económico.

Ahora bien, los paneles híbridos Ecomesh generan unos ahorros superiores ya que poseen el plus de la producción eléctrica por lo que a continuación se estudia la rentabilidad de esta instalación a la que no se le aplican los peajes de respaldo en el término fijo ni en el término variable por energía consumida recogidos en el Real Decreto 900/2015 puesto que la potencia contratada es menor a 10kW y el tipo de conexión fotovoltaica se realiza en autoconsumo.

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos con el software Ecomesh.

	Económico [€/año]	Producción [kWh/año]	Emisiones [KgCO <sub>2</sub> /año]
<b>Ahorro Térmico ACS:</b>	280	3318	841
<b>Ahorro eléctrico:</b>	107 <sup>(1)</sup>	678	440
<b>Ahorro Total:</b>	387	3996	1281

Tabla V. Resultados obtenidos para la instalación propuesta. Fuente: Software Ecomesh

<sup>(1)</sup> Los ahorros eléctricos se calculan respecto al precio de 1kWh recogido en la base datos de Eurostat para el primer semestre de 2015.

Con los ahorros producidos el periodo de retorno se estima en 14 años pero la baja rentabilidad (TIR = 1%) provoca el descarte en esta inversión.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para reducir la demanda energética es necesario mejorar el aislamiento térmico del edificio de forma que minimicen las pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica. Esto se consigue añadiendo un trasdosado con aislamiento térmico en las medianeras y fachadas ya que, previamente, se ha estudiado cuales son los elementos de la envolvente térmica por los que se pierde mayor cantidad de energía.

Para reducir el consumo energético es necesario mejorar el rendimiento, el control y la regulación de las instalaciones productoras de calor. En el edificio a estudio se consigue cambiando las calderas existentes de carbón, las cuales están prohibidas desde 2012, por calderas de condensación de gas natural.

La energía solar térmica no resulta rentable porque la demanda de ACS del edificio es tan pequeña que no produce ahorros significativos capaces de amortizar la inversión en un periodo de tiempo razonable; máxime cuando encima sólo se cubre un porcentaje de dicha minúscula demanda de ACS.

Sin embargo la tecnología de los paneles híbridos Ecomesh podría tener cabida en el proyecto actual. Posiblemente el segmento de la población que consume energías renovables, y al que va destinado este producto, se verá reducido por la baja rentabilidad (TIR = 1%) pero existen inversores muy sensibilizados en la lucha contra el cambio climático capaces realizar grandes esfuerzos como este; por el que no recibirán grandes beneficios económicos pero lo verán recompensado con la satisfacción del ahorro de emisiones el cual se cuantifica en más de una tonelada de CO<sub>2</sub> al año.

La rehabilitación energética óptima para el edificio a estudio es la correspondiente a la medida de reducción del consumo energético basada en el cambio de calderas y combustible ya que representa la inversión más barata, la que tiene el periodo de retorno más bajo y produce grandes ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub> y de consumos energéticos de energía primaria.

## RECONOCIMIENTOS

Quiero agradecer de forma especial a la empresa Endef Engineering, desde donde se ha diseñado y desarrollado el panel híbrido de segunda generación ECOMESH, por haberme facilitando tanto documentación técnica como herramientas informáticas para el dimensionado de instalaciones solares híbridas.

## REFERENCIAS

- AEMET. (2015). Agencia Estatal de Meteorología. Obtenido de <http://www.aemet.es>
- Aranda Usón, A., & Ortego Bielsa, A. (2012). Integración de energías renovables en edificios. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza.
- ECOMESH. (2015). ECOMESH. Obtenido de <http://ecomesh.es>
- EUROSTAT. (2015). Eurostat. Obtenido de <http://ec.europa.eu/eurostat>
- IDAE. (2011). Escala de calificación energética para edificios existentes. Madrid: Fondo Editorial del IDAE.
- JUNKERS. (2004). Guía del instalador de calefacción. Madrid: BOSCH TERMOTECNIA.
- Pladur. (2012). Pladur. Obtenido de <https://www.pladur.com/es-ES/>
- ROTH. (2015). ROTH. Obtenido de <http://www.roth-spain.com>
- Salvador Escoda. (2015). Salvador Escoda S.A. Obtenido de <http://www.salvadorescoda.com>



# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL BARRIO RESIDENCIAL FASA-RENAULT CON CRITERIOS DE DISTRITO DE ENERGÍA CASI NULA DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO FARO REMOURBAN

**Cristina de Torre Minguela**, Investigadora, Fundación CARTIF

**Ignacio González Pérez**, Técnico de investigación en eficiencia energética, ACCIONA Infraestructuras

**Alfonso Gordaliza Pastor**, Ingeniero de Estudios, VEOLIA Servicios LECAM

**Miguel Á. García-Fuentes**, Coordinador Proyecto REMOURBAN, Fundación CARTIF

**Diego Romera Pascual**, Técnico de investigación en eficiencia energética, ACCIONA Infraestructuras

**Resumen:** Con el objetivo de lograr un Distrito de Energía Casi Nula, se han diseñado un conjunto de intervenciones centradas en mejorar la sostenibilidad del barrio FASA situado en Valladolid, incrementando su eficiencia energética y reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> de sus edificios. Para lograr este objetivo, se actuará sobre la envolvente de sus edificios, sobre su iluminación y se modificarán las instalaciones térmicas para sustituir los actuales combustibles fósiles por fuentes renovables, tanto para aporte de calefacción como de ACS. Estas actuaciones forman parte del proyecto faro REMOURBAN que convertirá a Valladolid en un referente de ciudad inteligente con intervenciones en los sectores de la energía, de la movilidad y de las TICs.

**Palabras clave:** Distrito, Envolvente, Biomasa, Eficiencia Energética, Ciudades Inteligentes

## ANTECEDENTES

El desarrollo sostenible de las áreas urbanas es un desafío clave para Europa donde toma especial relevancia la rehabilitación de sus edificios y más concretamente su rehabilitación térmica. En España, más de la mitad de los edificios están contruidos sin la protección térmica adecuada, lo que supone un consumo energético muy elevado y en su mayoría proveniente de combustibles fósiles lo que agrava el problema de dependencia energética exterior. Para afrontar esta situación, proyectos como REMOURBAN aplican a modo de demostración tecnologías y procesos innovadores, eficientes y accesibles, en distritos cuya problemática energética es evidente con el fin de lograr distritos de energía casi nula que sirvan como referencia y permitan la replicabilidad de este tipo de actuaciones en otros barrios de condiciones similares, mejorando el medioambiente y la calidad de vida de los ciudadanos.

Aunque el concepto de Edificios de Energía Casi Nula se está estableciendo con cierta facilidad en el sector de la nueva edificación, al abordar proyectos de rehabilitación energética es necesario pensar en medidas integradas que den un salto de escala para lograr superar las barreras que aparecen al integrar ciertas medidas de conservación de la energía a nivel de edificio. De esta manera, el distrito se considera una unidad energética única, donde el balance ponderado de energía consumida y energía exportada debe aproximarse a un balance nulo o casi nulo en términos bien de energía o de emisiones de CO<sub>2</sub>. Así, al abordar intervenciones con una escala más amplia, las medidas que se pueden implementar y los modelos de negocio asociados a esta mayor escala hacen las intervenciones económicamente sostenibles. Para superar las barreras que aparecen es necesario establecer metodologías integrales que permitan evaluar el estado del distrito, analizar las combinaciones óptimas de medidas energéticas, optimizar los procesos de ejecución y permitir una correcta evaluación final.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

REMOURBAN es un proyecto de demostración a gran escala, con el objetivo de acelerar la transformación urbana de las ciudades europeas en ciudades inteligentes, teniendo en cuenta todos los aspectos de la sostenibilidad. Su principal objetivo es el desarrollo de un modelo de regeneración urbana sostenible, que será validado en las tres ciudades faro (Valladolid en España, Nottingham en Reino Unido y Tepebasi en Turquía), permitiendo demostrar que a través de intervenciones integrales, es posible obtener distritos

de bajo consumo, promover la sostenibilidad en el transporte urbano, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y en definitiva, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

En Valladolid, el barrio FASA ha sido el seleccionado para la aplicación de un conjunto de intervenciones diseñadas con el fin de lograr que este barrio se convierta en un distrito de energía casi nula. Se trata de un barrio construido durante los años 60 para los trabajadores de la factoría Renault en Valladolid, formado por 19 bloques, una torre y un edificio que alberga la central térmica que abastece de calefacción a las 398 viviendas que conforman el barrio. Estos edificios presentan severas deficiencias en su aislamiento térmico que se traducen en falta de habitabilidad y confort, además de en una escasa eficiencia energética. La red de calefacción se compone de tres circuitos, alimentada por dos calderas, mientras que el sistema de agua caliente sanitaria es individual con tres diferentes fuentes energéticas: gas natural, butano y electricidad.



Figura 1. Distrito del Grupo de Viviendas FASA-Renault

## METODOLOGÍA

La metodología empleada se basa en el desarrollo de simulaciones energéticas (acompañadas de ensayos no destructivos) del distrito y su correspondiente validación con datos reales de consumos para la posterior evaluación de las alternativas de diseño.

## Simulación energética y ensayos no destructivos

Como anteriormente se ha descrito, el distrito consta de 19 bloques de 5 pisos y una torre de 14 plantas. Los bloques se distribuyen de distintas maneras, diferenciándose claramente tres tipologías.

### Tipología 1:

Agrupación de cuatro bloques alineados, orientando las fachadas este-oeste. Presenta el menor ratio de superficie de fachada expuesta al exterior por vivienda. Conjunto 1-2-3-4, Conjunto 5-6-7-8 y Conjunto 9-10-11-12.

### Tipología 2:

Agrupación de dos bloques a tresbolillo, orientado sus fachadas principales a noreste – suroeste. Presenta el mayor ratio de superficie de fachada expuesta al exterior por vivienda. Conjunto 13-14 y conjunto 18-19.

### Tipología 3:

Agrupación de tres bloques a tresbolillo, orientado sus fachadas principales a noreste – suroeste. La diferencia con la tipología 2 es que el bloque que se encuentra en el medio, tiene menos superficie de fachada expuesta. Conjunto 15-16-17.



Figura 2. Tipologías de edificios en el distrito

### Selección de edificios representativos

La herramienta seleccionada para crear el modelo de simulación y posteriormente simular y calibrar tanto el caso base como el caso rehabilitado ha sido Design Builder. Este software integra Energy + como motor de simulación, el cual permite llevar a cabo análisis dinámicos del edificio a lo largo de un año típico, obteniendo una valoración detallada del comportamiento energético y del confort térmico.

Dada la escala del caso de estudio, no es posible crear un modelo de simulación que recoja todos los edificios a la vez, por lo que es necesario escoger unos edificios representativos para realizar el análisis energético y posteriormente extrapolar los resultados al distrito entero. Después de analizar las distintas tipologías se seleccionaron los siguientes edificios tipo:

- **La torre de 14 plantas**, dada su singularidad dentro del conjunto.
- **Bloques (tipología 1)**: Se modela solo uno de los tres conjuntos de 4 bloques alineados, dado que los tres conjuntos tienen la misma morfología y orientación. Se ha escogido el conjunto 9-10-11-12.
- **Bloques (tipología 2 y 3)**: Como se puede observar en la Figura 1. El único bloque que tiene dos paños de fachada en contacto con otro bloque es el número 16; ya que todos los demás solo tienen uno. Se ha escogido el bloque nº 13 como representante del conjunto (representa al 86% del total).

### Introducción de los parámetros al modelo

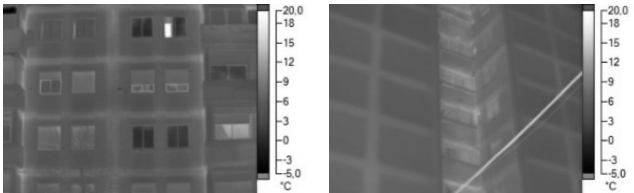
<b>ENVOLVENTE</b>	<b>Fachada</b>	Muro con cámara compuesto de una hoja exterior de medio pie de ladrillo cara vista, una cámara de aire y un trasdosado interior de ladrillo hueco simple con un acabado interior de yeso y pintura. La gran mayoría de las viviendas del distrito han incorporado la terraza principal al salón donde se ha ejecutado un peto de medio pie de ladrillo construido.
	<b>Cubierta</b>	En los bloques cubierta plana sobre la que posteriormente se instaló una cubierta inclinada de baja pendiente de chapa metálica, todo ello sin aislamiento. Sin embargo, la torre mantiene el sistema de cubierta plana, pero rehabilitada mediante impermeabilización de lámina asfáltica, también sin aislamiento.
	<b>Ventanas</b>	Dada la diversidad de tipologías de ventanas existentes, se hizo un inventario del distrito completo para poder evaluar cuál es el porcentaje de cada tipo. El resultado del análisis fue que del total de la superficie de huecos: 60.6% tienen carpintería metálica sin RPT y vidrio simple, 19.0% doble ventana de carpintería metálica sin RPT y vidrio simple, 20.1% carpintería con RPT y doble vidrio y 0.3% doble ventana, siendo la interior de carpintería metálica sin RPT y vidrio simple; y la exterior de carpintería con RPT y doble vidrio.  Con estos porcentajes y el valor de transmitancia térmica de cada uno de los tipos se realizó una media ponderada para determinar la “ventana tipo del distrito”.
	<b>Puentes térmicos</b>	Se ha tenido en cuenta la existencia de puentes térmicos para calibrar la envolvente, reduciendo la capacidad aislante de la misma mediante una media ponderada de las transmitancias de la fachada y los puentes térmicos. Los principales puentes térmicos que interrumpen la cámara de aire de la fachada se encuentran en los encuentros de pilares y contornos de ventanas, y en los frentes de forjados.  
	<b>Infiltraciones</b>	Se han evaluado las infiltraciones mediante el ensayo de “blower-door” en una vivienda de uno de los bloques y en una de la torre. Los resultados de la vivienda del bloque se han extrapolado a todos los bloques y los de la torre al resto de viviendas de ese edificio. Se ha realizado el test tanto a succión como a presión (a 50 Pa), también se ha realizado

Figura 3. Termografías infrarrojas para el análisis de puentes térmicos

		el test con las persianas bajadas y subidas. Los resultados y la conversión a renovaciones/hora que hace Design Builder se muestran en la siguiente tabla:						
		<b>50 Pascales</b> (Renov/hora)		<b>Infiltraciones en condiciones normales</b> (Renov/hora)				
	Vivienda Bloque	4,31		0,61				
	Vivienda Torre	5,61		0,73				
<b>OPERACIONALES</b>	<b>Ventilación</b>	Dado que el único sistema de ventilación que existe en las viviendas es el natural mediante la apertura de ventanas, se ha fijado un valor de 2 renovaciones/hora durante dos horas por la mañana en invierno y durante toda la noche en verano.						
	<b>Ocupación</b>	Se distribuyeron unas encuestas entre los vecinos donde se les solicitaban estos datos. El resultado obtenido es de 0,037 hab/m <sup>2</sup> con el siguiente horario: en bloques: 20-08h: 100%; 13-19h: 80%; 09-12h: 60% y en la torre: 20-08h: 100%; 13-19h: 55%; 09-12h: 50%.						
	<b>Temperatura interior</b>	Al igual que en el caso de la ocupación, las encuestas también recogían preguntas acerca de la temperatura interior de las viviendas ya que ningún vecino dispone de termostato. Así se determinó que la temperatura interior media en invierno era de 22,5°C.						
	<b>Horario de calefacción</b>	Tras analizar los datos de los horarios de la calefacción de las calderas centrales durante los últimos años, se determinó que el perfil medio de los horarios por meses fue:						
	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>
	14-21	11-22	09-22	08-22	09-22	11-22	11-21	12-20

## Definición de las intervenciones

Las actuaciones sobre la envolvente de los edificios (instalación de un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) de las fachadas y aislamiento en la cubierta) van encaminadas a mejorar la eficiencia energética de los mismos, así como a mejorar la calidad de vida de los usuarios finales a través de soluciones pasivas económicamente rentables y que tienen un gran impacto en la demanda.

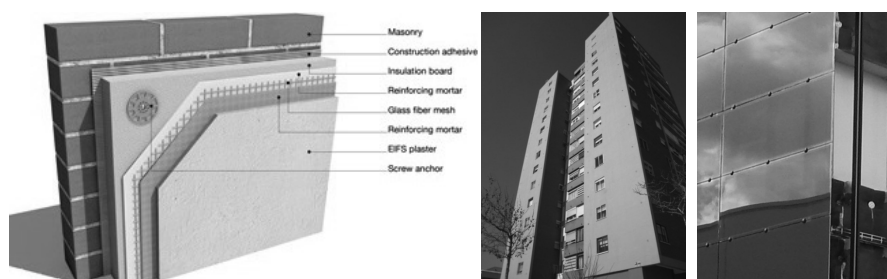


Figura 4. Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (izquierda) y fachada ventilada fotovoltaica (derecha)

Además del ahorro energético que se obtendrá con dichas intervenciones pasivas, el proyecto faro REMOURBAN busca integrar sistemas de generación distribuida de EERR. Para ello se ha propuesto una solución fotovoltaica de fachada ventilada con aislamiento térmico y cámara de aire, acabada con paneles vidrios fotovoltaicos en la cara sur de la torre, la cual permitirá reducir parte de la electricidad demandada y reducir el consumo. Además de la generación eléctrica, se disminuirá el consumo eléctrico de los edificios a través de la renovación del sistema de iluminación de las zonas comunes.

Las intervenciones en la red de distrito para calefacción y ACS buscan, entre otros objetivos, reducir el consumo energético a nivel de distrito, integrar energías renovables para reducir el impacto medioambiental e implementar tecnologías TIC y de monitorización para un mejor control y funcionamiento de las instalaciones. Las actuaciones más destacadas son las siguientes:

- Renovación de la sala de calderas e instalación de una nueva caldera de biomasa de astilla que cubrirá el 80% de la demanda de energía térmica del distrito.
- Nuevos sistemas de bombeo de caudal variable que permiten adaptar la producción de energía a la demanda.
- Renovación de la red de tuberías que permitirá un importante aumento del rendimiento de la distribución, ya que se mejorará el aislamiento reduciendo así las pérdidas de calor. Cambio de agua sobrecalentada a agua caliente (trabajo a menos temperatura y presión).
- Renovación de las subcentrales en los edificios para optimizar el intercambio de calor.
- Integración de los sistemas de ACS individuales en la red de distrito, mejorando la eficiencia y reduciendo la factura energética.
- Implementación de válvulas termostáticas, controladores inteligentes y repartidores de coste a nivel de vivienda, que permitirá reducir el consumo de energía individual a la vez que se aumenta el confort térmico en el interior de las viviendas.



Figura 5. De izquierda a derecha: caldera de biomasa, tubería pre-aislada, depósitos de ACS, válvulas termostáticas y repartidores de coste

## RESULTADOS Y DATOS OBTENIDOS

A continuación se presentan los datos de demanda y consumo de calefacción tanto para el barrio de FASA en su estado actual como en la propuesta de rehabilitación:

	Edificio 1		Edificio 2		Edificio 3		Distrito	
	Área acondicionada	3836,00 m <sup>2</sup>	Área acondicionada	4392,00 m <sup>2</sup>	Área acondicionada	1098,00 m <sup>2</sup>	Área acondicionada	24698,00 m <sup>2</sup>
	Torre		4 bloques		1 bloque		19 bloques y 1 torre	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Enero	35,90	12,10	39,36	13,26	43,16	14,54	40,00	13,48
Febrero	23,65	7,97	25,47	8,58	27,88	9,39	25,94	8,74
Marzo	16,12	5,43	17,08	5,76	18,82	6,34	17,47	5,89
Abril	10,52	3,54	10,49	3,53	11,97	4,03	10,95	3,69
Mayo	3,89	1,31	3,49	1,17	4,37	1,47	3,82	1,29
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	4,47	1,51	4,91	1,66	5,19	1,75	4,93	1,66
Noviembre	21,96	7,40	23,45	7,90	25,34	8,54	23,80	8,02
Diciembre	34,98	11,79	38,01	12,81	41,70	14,05	38,69	13,04
Consumo total	151,49 kWh/m <sup>2</sup> a	51,05 kWh/m <sup>2</sup> a	162,26 kWh/m <sup>2</sup> a	54,67 kWh/m <sup>2</sup> a	178,43 kWh/m <sup>2</sup> a	60,11 kWh/m <sup>2</sup> a	165,60 kWh/m <sup>2</sup> a	55,81 kWh/m <sup>2</sup> a
	581,12 MWh/a	195,83 MWh/a	712,65 MWh/a	240,11 MWh/a	195,92 MWh/a	66,00 MWh/a	4089,99 MWh/a	1378,40 MWh/a
Demanda total	85,07 kWh/m <sup>2</sup> a	51,04 kWh/m <sup>2</sup> a	91,13 kWh/m <sup>2</sup> a	54,68 kWh/m <sup>2</sup> a	100,20 kWh/m <sup>2</sup> a	60,12 kWh/m <sup>2</sup> a	93,01 kWh/m <sup>2</sup> a	55,81 kWh/m <sup>2</sup> a
Rto. del distrito	Antes	56,16%	Después	61,77%				

Figura 6. Comparativa del consumo energético actual y posterior a la propuesta de intervención

Cabe destacar que los parámetros operacionales se han mantenido en el modelo de simulación del caso rehabilitado. Como se puede apreciar, la demanda de calefacción se reduce de 93,01 kWh/m<sup>2</sup> a 55,81 kWh/m<sup>2</sup>, un 40% solo debido al aislamiento de fachada y cubierta. El rendimiento total de la calefacción de distrito, mejora de un 56,16% inicial a un 61,77% después de la rehabilitación. Esto conlleva que junto con el aislamiento de fachada y cubiertas, el consumo de calefacción baja de 165,62 kWh/m<sup>2</sup> a 90,34 kWh/m<sup>2</sup>, es decir, un 45,4%. Esta reducción de la demanda, junto con el cambio de combustibles fósiles a abastecimiento por biomasa, hace que el barrio pueda convertirse en un área casi neutra en emisiones de CO<sub>2</sub>, y de consumo casi nulo.

## Involucrar al ciudadano en el proceso de rehabilitación

El propósito de elaborar una estrategia para conseguir la participación ciudadana es asegurar que todos los ciudadanos involucrados en el proyecto estén informados, motivados y que gracias a ello sean proactivos, participativos y colaboren en la mejora de su barrio. Antes de elaborar esta estrategia, es esencial definir a quién va dirigida y las características del grupo objetivo, qué herramientas y canales de comunicación se van a utilizar, con qué recursos se cuenta, etc. Las diferentes actuaciones para conseguir esta involucración por parte de los vecinos del barrio de FASA en Valladolid, pueden dividirse en tres niveles: comunicaciones unilaterales (como a través de redes sociales o comunicaciones escritas enviadas a cada vivienda), bilaterales (a través de reuniones informativas y de debate sobre las medidas propuestas) y actuaciones que efectivamente involucran al ciudadano en el proceso de diseño con objeto de lograr que los vecinos sean parte efectiva de este proceso. En este sentido, se plantean diversas actividades como talleres para el diseño de las soluciones de fachada.

## CONCLUSIONES

A través de la generación de modelos de simulación calibrados es posible identificar y evaluar con mayor precisión las posibilidades de implementación de medidas de conservación de la energía, donde evaluar la dimensión de distrito (incluyendo las interacciones energéticas entre edificios) es clave para poder llevar a cabo intervenciones integrales que balanceen el comportamiento del conjunto como una única unidad energética. Esto permite evaluar también con mayor precisión el modelo de negocio y esquema de financiación de la rehabilitación, logrando reducir los riesgos al obtener una identificación de los beneficios a medio y largo plazo más exacta, especialmente de cara a los usuarios de las viviendas, que deben formar parte del proceso de diseño a través de una estrategia sólida de participación.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha recibido fondos del Programa de investigación e innovación de la Unión Europea HORIZON 2020 bajo acuerdo de subvención nº 646511. Toda la información relacionada con el proyecto REMOURBAN está disponible en la página web [www.remourban.eu](http://www.remourban.eu).

## REFERENCIAS

- García-Fuentes, M.A., Pujols, C., García-Pajares, R., Vasallo, A., Martín, A. (2013). Metodología de Rehabilitación Energética hacia Distritos Residenciales de Energía Casi Nula. Aplicación al barrio del Cuatro de Marzo (Valladolid). II Congreso EECN, Madrid.
- Meiss, A., Del Caz, R., Álvaro, A. (2013). Rehabilitación de barrios de vivienda social. El ARI de la Rondilla en Valladolid. Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales CyTET XLV (175) 2013. Ministerio de Fomento, Madrid.
- WWF (2010). Potencial de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub> del Parque Residencial existente en España en 2020.

# METODOLOGÍA DE COSTE ÓPTIMO APLICADA A LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE VIVIENDAS EN MADRID

**María Fernández Boneta**, Ingeniero Senior, CENER – Centro Nacional de Energías Renovables  
(Departamento de Energética Edificatoria)

**Luis Marquez Barrero**, Arquitecto, Garrigues Asociados

**Resumen:** La metodología de coste óptimo de la Comisión Europea permite analizar las distintas medidas de eficiencia energética, y priorizarlas según la relación entre su coste y su eficacia. Esta metodología ha sido aplicada en la rehabilitación energética de un edificio situado en Madrid, el cual se va a transformar en un edificio de 28 viviendas de elevadas prestaciones energéticas. A partir del análisis del proyecto de rehabilitación, se identificaron las principales medidas de eficiencia energética a ser evaluadas, de forma que los resultados del cálculo coste-óptimo provenientes de la evaluación de 721 conjuntos de medidas a través de herramientas de cálculo dinámico computacional, llevaran a la recomendación de las medidas para una rehabilitación óptima desde el punto de vista económico-energético, alcanzando una reducción del consumo entorno al 75%.

**Palabras clave:** Rehabilitación Energética, Coste-Óptimo, Simulación Dinámica, Análisis Económico, EnergyPlus

## ANTECEDENTES

Como es sabido, el consumo energético en los edificios de la Unión Europea supone de media el 40% sobre el consumo energético total; en España el valor de consumo energético de edificios se cifra en torno al 30% (datos 2013), que equivale a 286TWh. En concreto el sector residencial es el responsable del 19% del consumo energético en nuestro país (175TWh).

Dado el potencial existente de mejora, desde la Comisión Europea se están desarrollando políticas específicas para reducir el consumo energético de este sector, tales como la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios, y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

El artículo 5 de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética en rehabilitación exige a los Estados miembros la presentación a la Comisión de un informe de forma regular, relativo a los requerimientos mínimos de eficiencia energética establecidos de acuerdo al cálculo de coste óptimo. El reglamento delegado nº244/2012 establece la metodología específica.

El cálculo de coste óptimo se basa en establecer una comparativa objetiva de distintos paquetes de medidas de mejora de la eficiencia energética, a través de su coste global y su consumo de energía primaria. En esta línea existen diversos proyectos en los que CENER ha participado, así como el propio informe presentado a la Comisión por parte del Ministerio de Fomento.

Aunque el Artículo 5 de la Directiva 2010/31/EU únicamente obliga a la realización de este estudio para edificios de referencia con el fin de fijar los requisitos mínimos de eficiencia energética en cada Estado miembro, su aplicación a casos concretos como este, permite extraer conclusiones más precisas y válidas, incluyéndolas en la redacción del proyecto de rehabilitación, facilitando así la consecución del objetivo de EECN en el edificio a rehabilitar.

## PROYECTO

En 2014 la Tesorería General de la Seguridad Social sacó a subasta pública la venta de este edificio que llevaba vacío varios años. La puja fue ganada por la Cooperativa Valnova gestionada por Domo Gestora de Viviendas y con proyecto de Garrigues y Asociados.

El proyecto tiene por objeto la rehabilitación del Edificio situado en la calle Bretón de los Herreros nº41 de Madrid, previamente ocupado por el Ministerio de trabajo como un edificio de uso administrativo tras una reforma realizada en 1968 y originalmente un edificio residencial para viviendas de funcionarios edificado en 1948.

Esta rehabilitación pretende convertir la edificación en un edificio residencial plurifamiliar de 28 viviendas de elevadas prestaciones energéticas.



Figura 1. Estado anterior a la rehabilitación (izquierda) e imagen final del proyecto (derecha)

En la rehabilitación del edificio se mantiene la tipología del edificio que cuenta con dos patios interiores de forma que todas las viviendas tengan una fachada exterior (a calle o patio de manzana) y una fachada interior al patio del edificio. Esto permite conseguir viviendas con ventilaciones cruzadas como una primera estrategia energética mediante sistemas pasivos tradicionales, además de otras múltiples medidas adoptadas inicialmente.

Aunque el proyecto contaba con un elevado nivel de prestaciones energéticas, al ser una cooperativa de viviendas y no una promoción convencional, se le propuso a la misma la posibilidad de realizar un estudio de optimización energética. Los cooperativistas decidieron acometer dicho estudio para poder tener datos de la manera más objetiva posible que les ayudara a decidir entre las diferentes posibilidades de optimizar la eficiencia energética de su edificio. Hay que tener en cuenta que la práctica totalidad de los cooperativistas son familias que van a vivir en el edificio y para ellos es muy importante tener el máximo nivel de eficiencia energética y optimizar el coste global asociado al edificio y su posterior utilización.

## METODOLOGÍA

La metodología de trabajo llevada a cabo se ha basado en el documento de Directrices que acompaña al reglamento nº244/2012 de la Comisión Europea, que describe la forma de aplicar la metodología de coste (o rentabilidad) óptimo, con el fin de que los Estados miembros definan sus requisitos mínimos de eficiencia energética.

### Coste óptimo

Mediante la correcta aplicación de la metodología de coste óptimo es posible determinar los conjuntos o paquetes de medidas de mejora que implican la máxima rentabilidad, así como marcar la dirección en la que el edificio se acercará al estándar de edificio de energía casi nula con el mínimo coste asociado.

El cálculo se descompone principalmente en dos vías:



1. Consumo anual en términos de energía primaria, incluyendo el consumo de calefacción, refrigeración, ventilación y ACS.
2. El cálculo del coste global como valor actual neto, que incluye la inversión inicial, la suma del coste de operación anual durante 30 años, incluyendo el coste de la energía, y el coste de sustitución (si procede), todos los flujos actualizados al año inicial. El esquema de costes se adjunta en la siguiente figura.

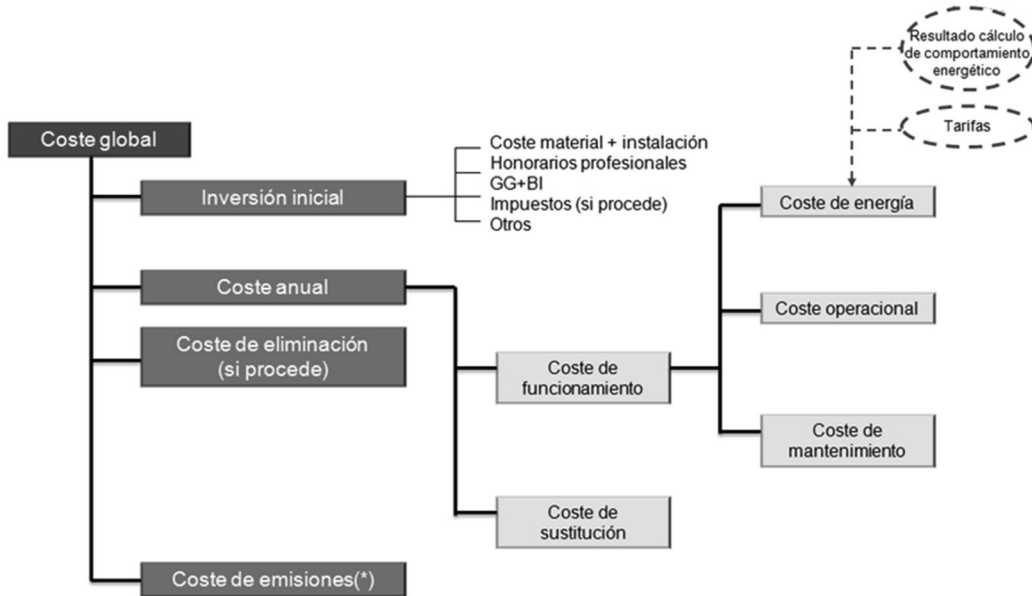


Figura 2. Estructura de costes. Fuente CENER

Todo ello con el fin de representar todos los conjuntos de medidas de eficiencia energética considerados de la forma que se muestra a continuación, permitiendo identificar las medidas que conllevan un coste óptimo y las medidas con un mínimo consumo de energía primaria.

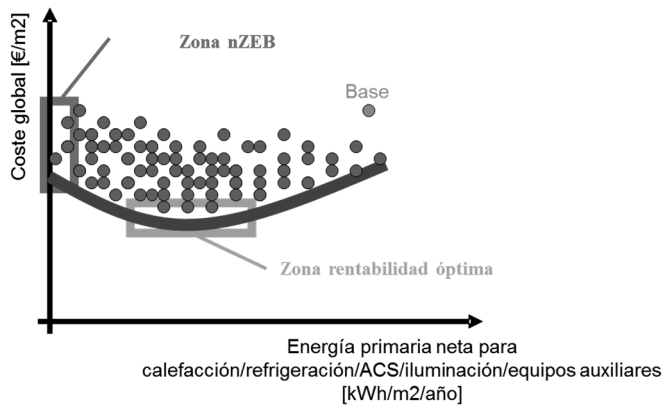


Figura 3. Esquema de gráfico coste-óptimo. Fuente: CENER

## Caracterización del edificio

Para realizar el cálculo de consumo de energía primaria asociado a cada conjunto de medidas seleccionado, es necesaria la caracterización del edificio para evaluar su comportamiento térmico bajo la implementación de los distintos conjuntos de medidas de eficiencia seleccionados, permitiendo tener en cuenta los efectos cruzados de las distintas medidas aisladas.

Se ha modelado el edificio con 58 zonas térmicas según orientaciones y usos principales, de las cuales 50 corresponden a las 28 viviendas (estando adecuadamente acondicionadas), 7 a las zonas comunes de distribuidores y escaleras (no acondicionadas) y 1 para la planta baja que contiene trasteros, locales comunitarios y portal (se considera no acondicionada en su totalidad a efectos de cálculo). Algunas imágenes del modelo así descrito se muestran a continuación.

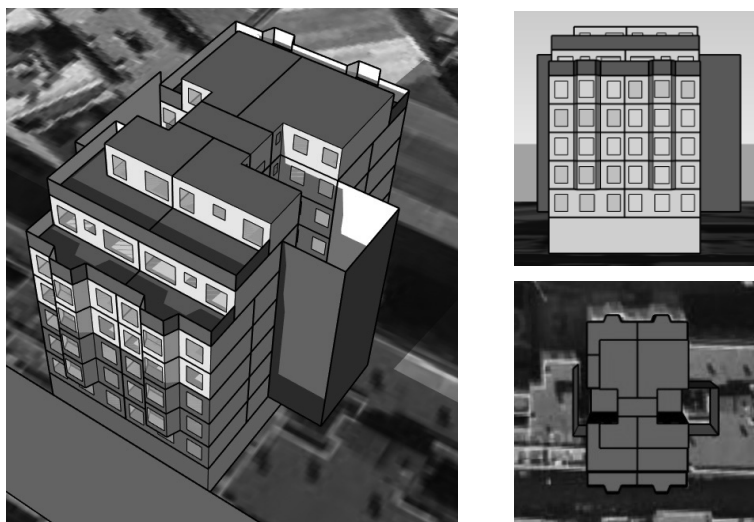


Figura 4. Modelo térmico del edificio Bretón de los Herreros, 41. Fuente: CENER

El modelo y posterior cálculo ha sido desarrollado con el motor de cálculo EnergyPlus v8.3.3 para simulación dinámica de edificios, desarrollado por el Departamento de la Energía de EEUU (DOE).

La caracterización constructiva se ha realizado en base a los materiales y espesores que componen los cerramientos exteriores originales.

El cálculo dinámico incluye tanto las solicitaciones exteriores como las solicitaciones interiores, de las cuales las más importantes se recogen a continuación.

- Solicitaciones exteriores:
  - o Climatología de Madrid, representada por el fichero de la zona climática D3 del CTE HE 2013 para verificación del cumplimiento de código técnico.
  - o Condiciones de contorno, definidas por cerramientos exteriores, adiabáticos y en contacto con zonas no acondicionadas
  - o Elementos de sombra fijos: los propios del edificio y edificios colindantes
- Solicitaciones interiores:
  - o Cargas internas de ocupación, iluminación y equipos extraídas del calendario de condiciones operacionales de referencia para la certificación energética.
  - o Consignas de temperatura de confort ligeramente modificadas respecto a los calendarios operacionales de certificación para obtener resultados más realistas: 21º y 24ºC para temperaturas de confort en invierno y verano respectivamente, 18ºC y 27ºC como temperaturas económicas.
  - o El control de consigna se realizará por temperatura operativa como recomienda la metodología, con el fin de tener en cuenta el efecto positivo de la mejora de la envolvente térmica sobre la percepción en el confort de los usuarios.
  - o Ventilación: se ha considerado el caudal de ventilación por salubridad equivalente a la renovación con aire exterior de una tasa de 0.63 ren/h en base a cálculo según el Documento HS3.

## Medidas de eficiencia energética

Tras el análisis del proyecto, se definieron entre CENER y Garrigues Asociados, las medidas de eficiencia energética consideradas como viables para su evaluación dentro de la metodología de coste óptimo, clasificadas en función de su objetivo.

Los costes han sido extraídos de distintas fuentes dependiendo de su naturaleza o accesibilidad; proyecto, constructora y/o bases de datos propias (proyecto ENTRANZE).

De acuerdo con la metodología de coste-óptimo se omiten del cálculo aquellos costes que serán iguales en todos los conjuntos de medidas aplicadas, ya que no aportan valor a la comparativa (por ejemplo en este caso los costes asociados a los sistemas de distribución, regulación y control de las instalaciones térmicas).

Las medidas consideradas son:

- 60 combinaciones de medidas de reducción de la demanda con:
  - o Distintos niveles de aislamiento de fachadas, cubierta y suelo
  - o Distintas clases de huecos
  - o Dispositivos de protección solar
  - o Distintas soluciones de ventilación para cumplimiento HS3: convencional, higrorregulable y doble flujo con recuperación de calor
- 4 variantes de instalaciones de generación:
  - o Calderas de gas de condensación y aerotermia aire-aire
  - o Instalación de aerotermia aire-agua 100%
  - o Instalación de bomba de calor geotérmica (agua-agua) para cubrir la demanda base (aproximadamente el 80% de la misma) y aerotermia aire-agua para cubrir los picos (aproximadamente el 20% de la demanda)
  - o Caldera de biomasa y aerotermia aire-aire
- 3 configuraciones de apoyo con energías renovables:
  - o 50% solar térmica para ACS (mínimo normativo HE4)
  - o 70% solar térmica para ACS y aproximadamente el 10% para calefacción
  - o 50% solar térmica para ACS (mínimo normativo HE4) y 6kWp de instalación fotovoltaica

Caso base + 60 combinaciones de demanda x 4 generación x 3 EERR =

**721 variantes en total**

## RESULTADOS

La evaluación de los 721 conjuntos de medidas mediante la metodología de coste óptimo permite obtener un resultado gráfico y cuantificado de las soluciones en términos de su consumo de energía primaria no renovable y coste global asociado. De esta forma el resultado final es la selección de una o varias soluciones de medidas, incluyendo soluciones de envolvente y sistemas, que permitan alcanzar un reducido consumo energético con un menor coste global asociado.

Además, el cruce de esta metodología con la certificación oficial de edificios existentes, permite seleccionar la solución que permita alcanzar la máxima calificación energética (A) con un menor coste.

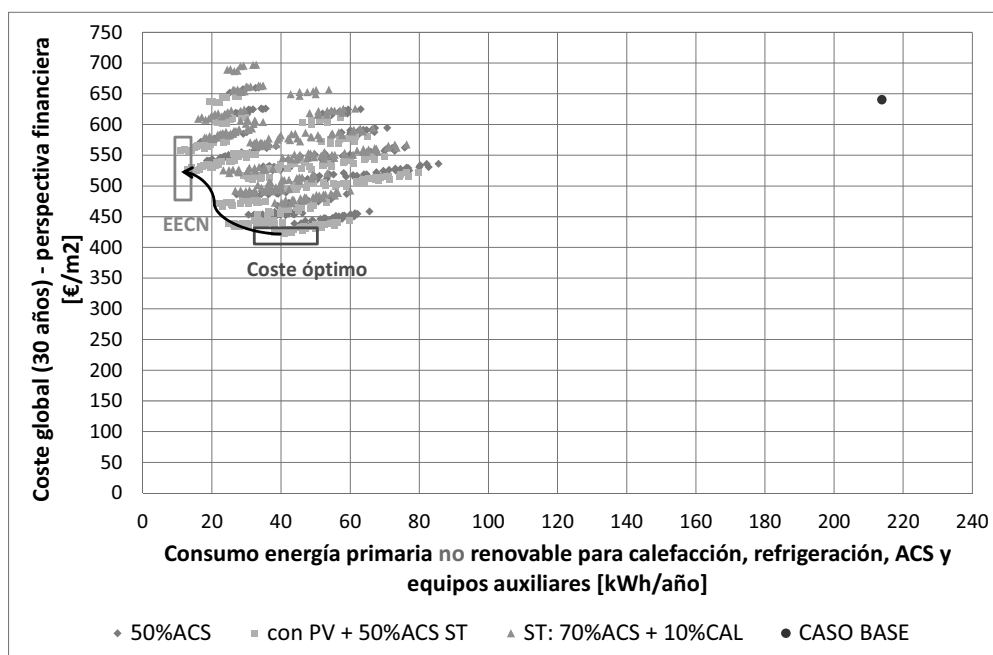


Figura 5. Resultado gráfico del cálculo coste óptimo. Fuente: CENER

	AISLAM. OPACOS	HUECOS	PROT. SOLAR	HS3	INSTALACIONES	EERR	METODOLOGÍA COSTE ÓPTIMO		CALIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CE3X	
							ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m2 año]	COSTE GLOBAL [€/m2 30años]	Índice Global de emisiones [kgCO2/m2 año]	CALIFICACIÓN GLOBAL
RENTABILIDAD ÓPTIMA	3	2	1	1	2	3	41.23	428.63	6.9	A
EECN	5	2	1	1	4	3	14.85	562.46	<1.2	A

Tabla I. Ejemplos cruce soluciones coste-óptimo con certificación de edificios existente

## CONCLUSIONES

La aplicación a casos concretos de la metodología de coste óptimo definida por la Comisión Europea para edificios de referencia, permite establecer una herramienta objetiva de toma de decisiones entre el abanico de soluciones de eficiencia energética disponibles en el mercado para un proyecto concreto, dejando al margen la priorización subjetiva que se da en algunos casos.

Así, el estudio ha permitido informar a la propiedad de las opciones viables y rentables que permiten dotar al proyecto de las más altas prestaciones energéticas, incrementando la calidad medioambiental del proyecto, sin que ello conlleve un sobrecoste o en todo caso el menor posible.

## REFERENCIAS

- Comisión Europea, 2012, Directrices que acompañan al Reglamento Delegado (UE) nº244/2012
- Fernández, M., 2013, Cost of energy efficiency measures in buildings refurbishment: a summary report on target countries, D3.1 of WP3 from Entranze Project
- Pitrobon, M., Armani, R., Zangheri, P. & Pagliano, L., 2013, Reporto n Cost/Energy curves calculation, D3.3 of WP3 from Entranze Project
- <http://www.entranze.eu/> (Enero 2016)

# SÍ ES POSIBLE LA VENTILACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR EN LA REHABILITACIÓN - REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE BLOQUE DE VIVIENDAS EN ZARAMAGA

**Ramón Ruiz-Cuevas**, Arquitecto, Luzyespacio arquitectura y energía  
**Santiago Pascual Solà**, Ingeniero Industrial, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación  
**Iván Agudiez Andrés**, Certificado PHI Tradesperson, Dpto Técnico-Comercial, Siber Ventilación

**Resumen:** Uno de los principales problemas que están apareciendo en la rehabilitación energética de las viviendas son patologías relacionadas con la falta de ventilación y empeoramiento de la salubridad. Por ello partiendo como criterio básico la mejora energética de la envolvente, se hace necesario el diseño, dimensionando e implantación de un sistema de ventilación para garantizar la calidad del aire interior y confort de los usuarios de las viviendas. El objetivo del siguiente estudio es mostrar con un caso práctico de una rehabilitación integral de un edificio de viviendas, como se ha integrado un sistema de ventilación con recuperación de calor, alimentado con energía renovables (solar fotovoltaica), destacando el efecto positivo del tanto desde el punto de vista de calidad del aire interior para las personas como la eficiencia energética, gracias a la monitorización del mismo.

**Palabras clave:** Rehabilitación Energética, Ventilación de Confort, Recuperación de Calor, Calidad Aire Interior, Eficiencia Energética, Climatización Pasiva, Ventilación Higiénica, Energía Solar Fotovoltaica

## INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES

El proyecto de REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y ACCESIBILIDAD del bloque de viviendas situado en Vitoria-Gasteiz tenía la finalidad de actuar globalmente en un edificio que presentaba enormes carencias energéticas y de accesibilidad y que han quedado subsanadas, consiguiendo un nivel de calidad muy elevado no sólo en las cuestiones formales o materiales, sino también en la renovación interior de instalaciones y servicios.

El bloque fue construido durante el periodo desarrollista en el año 1961. Está formado por 30 viviendas con una superficie útil media de 60 m<sup>2</sup>. Éste carecía de cualquier tipo de aislamiento térmico o sistema eficiente, así como de ningún tipo de accesibilidad para personas discapacitadas.

El proyecto planteaba el revestimiento térmico de toda la envolvente del edificio, tanto fachadas, cubierta y cámara sanitaria de planta baja, para minorar los consumos de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>, garantizando la correcta eliminación de los puentes térmicos.

De esta manera y con una correcta ventilación, se evitan las condensaciones detectadas.

Tras la reforma, el edificio rehabilitado dispone de envolvente adecuada a la limitación de la demanda energética, necesaria para alcanzar el confort térmico en función del clima, del uso previsto y del régimen de verano y de invierno, con reducido coste económico de utilización.

Las características de aislamiento e inercia, control de la permeabilidad al aire y exposición regulada a la radiación solar y ventilación individual por vivienda de doble flujo con recuperación de calor, ofrecen alta eficiencia energética, dando como resultado la clasificación energética "A".

La rehabilitación energética de los edificios en nuestras ciudades europeas supone uno de los grandes retos de la arquitectura y la construcción del siglo XXI con el objetivo de reducir el consumo energético.



*Figura 1. Estado edificio anterior a la rehabilitación*



*Figura 2. Estado edificio rehabilitado*

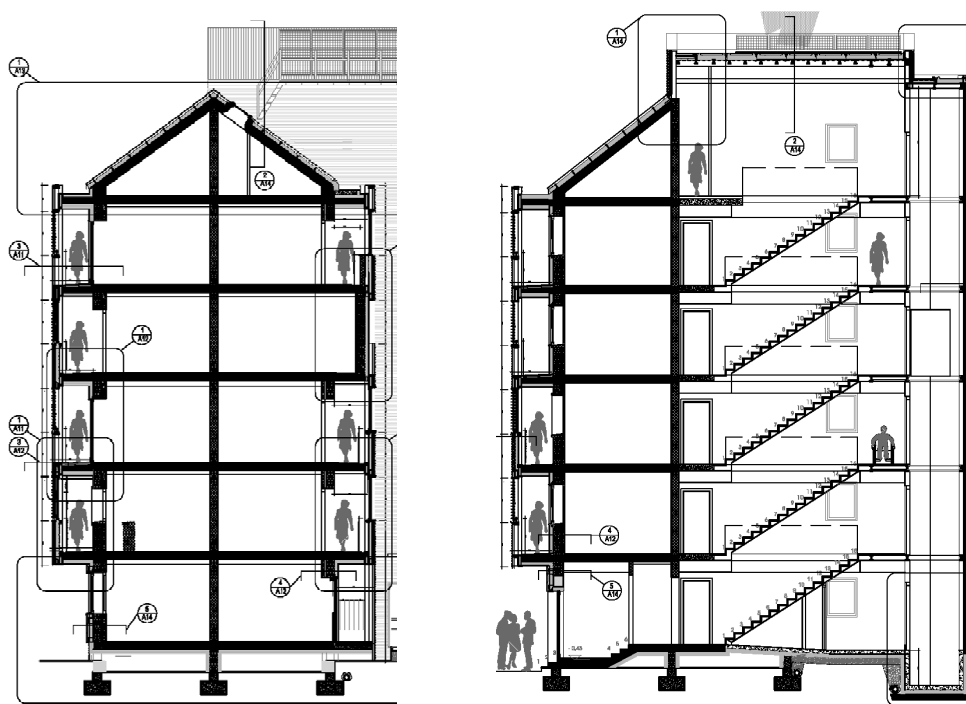


Figura 3. Sección constructiva proyecto

## Descripción de la Solución Arquitectónica de Rehabilitación Integral

La Rehabilitación Energética consiste básicamente en reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Hay otros objetivos sociales, económicos, urbanísticos y relacionados con la salud y el confort.

Para reducir el consumo de energía o emisiones actuamos en una sencilla ecuación:  $E=D/Ri$

En el numerador debemos de reducir la demanda y en el denominador se tiende a aumentar el rendimiento de las instalaciones. La monitorización y el control inteligente relacionan ambos factores regulándolos. Si la demanda es muy pequeña es mucho más fácil satisfacerla con energías renovables.

La demanda se reduce fundamentalmente actuando en la envolvente; se viste al edificio con un forro de aislamiento continuo, incidiendo especialmente en los huecos para reducir las infiltraciones. La continuidad de esta compleja piel es fundamental para reducir los puentes térmicos. En función de la parte de la envolvente, su estado y orientación actuaremos con diferentes estrategias. La captación o protección solar requerirá un componente de diseño pasivo y elementos móviles que también pueden ser regulados de forma inteligente. En nuestro caso se utilizan varios sistemas de aislamiento (Fachada ventilada, SATE, panel sandwich y EPS insuflado en el forjado sanitario) y nuevas carpinterías con láminas bajo emisivo y gas argón en los vidrios. En la gran fachada oeste se instalan unas lamas de protección solar regulables.

Las instalaciones deben ser de alta eficiencia y a poder ser con fuentes de energía renovables. En nuestro caso se emplean calderas de alto rendimiento a baja temperatura, Ventilación con Recuperador de Calor alimentada con paneles fotovoltaicos. Este Sistema VMC DF con recuperación de calor tiene un sistema inteligente de frío gratuito nocturno que produce una refrigeración pasiva en verano; así mismo puede calentar de forma pasiva en invierno.

## Descripción del Sistema de Ventilación

Recuperador SIBER DF SKY 3 de Alto Rendimiento, destinado para montaje horizontal en interior de falsos techos. Está dotado de una tecnología de ventilador a caudal constante constituido por unos motores EC de bajo consumo con un SFP de 0,45. Recuperador equipado de un intercambiador de Alto Rendimiento a contracorriente en material plástico (rendimiento hasta el 95%), con Marcado CE. Utiliza una protección antihielo de serie que protege el intercambiador de calor del hielo. La cobertura exterior del aparato es de acero galvanizado recubierto por una pintura termolacada. La construcción interior está realizada con polipropileno: el aislamiento térmico/acústico y la estanqueidad del aire están asegurados. El aire nuevo y el aire extraído se filtran mediante filtros G4 de serie. El aparato está equipado de serie con un By Pass 100% automático para el free cooling en verano. Incluye de serie sistema patentado "Plug and Play" para equilibrado automático de caudales del fabricante Siber Ventilación. Con dimensiones de alto x ancho x largo en mm: 198 x 660 x 1000 y de 24,5 kg.

El tratamiento de zonas se ha realizado por locales donde se ha generado impulsión desde la misma zona a las habitaciones y salón y extracción por barrido desde los baños y cocina. La toma de aire limpio se hace desde fachada y la expulsión del aire viciado es conducida por conducto hasta cubierta.

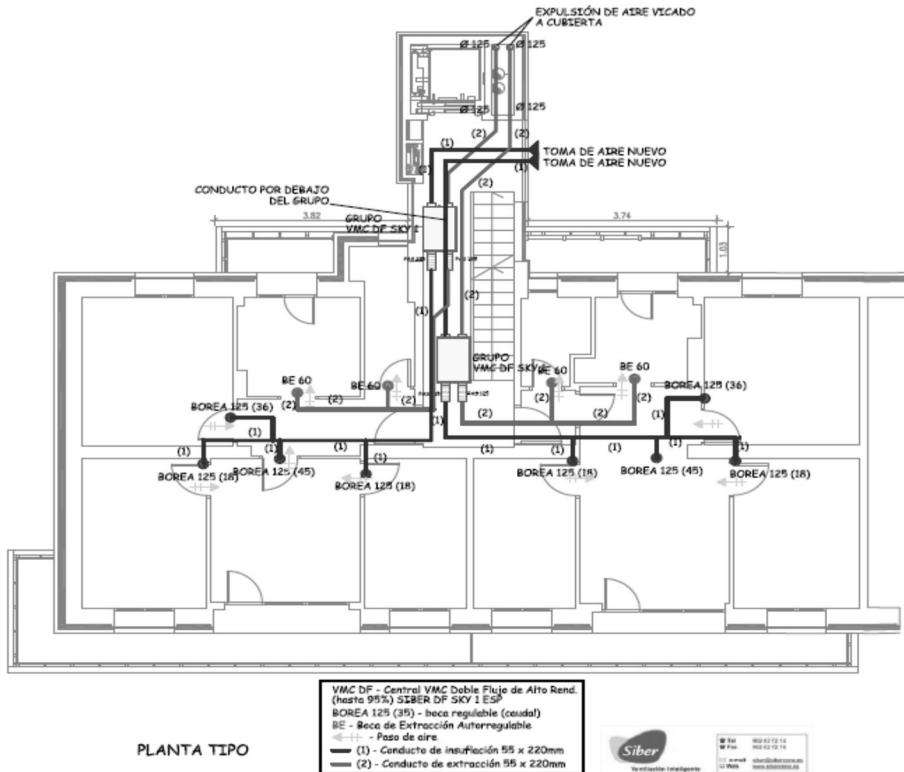


Figura 4. Esquema Sistema Ventilación con recuperación de calor

Se ha tenido que realizar un rebaje del techo en pasillos para la instalación de la red interior de ventilación. Esta se ha ejecutado con conducto termoplástico, accediendo desde las zonas comunes ubicando las bocas de impulsión en locales secos y extracción en locales húmedos, ajustadas para el correcto equilibrado y colocadas encima de las puertas de cada habitación para evitar tener que actuar en falso techo de cada habitación.





*Figura 5. Imagen durante la instalación del Sistema Ventilación*

## Principio de Funcionamiento

El sistema de ventilación higiénico, es un sistema con recuperación de calor individual por vivienda. Se ha dimensionado siguiendo los criterios especificados en la Normativa vigente Código Técnico de la Edificación, en concreto su Documento Básico HS3 Exigencia de calidad del aire interior, aplicando algunas mejoras como la recuperación de calor de alta eficiencia energética (hasta el 95%) e implantando un sistema de control por vivienda, cuyas principales ventajas son:

1. Recuperación de energía del aire de expulsión de hasta el 95%.
2. Integración de estrategias pasivas (refrescamiento pasivo nocturno en verano)
3. Bajo coste de operación (motores EC de bajo consumo)
4. Ventilación en ausencia
5. Filtrado de partículas y elementos en suspensión del exterior
6. Ausencia de olores, humedades y moho

## Monitorización de Calidad de Aire Interior y Confort

Con el objetivo de poder valorar las distintas actuaciones y variaciones tanto en el control como en los propios elementos que conforman el sistema de ventilación, se ha procedido a monitorizar el edificio de oficinas, obteniendo de forma continua valores tanto higrotérmicos como son la temperatura y humedad como la concentración de CO<sub>2</sub>.

Estos valores son registrados por unas sondas colocadas en el edificio y cuyas lecturas son enviadas a un receptor donde se almacenan, permitiéndose su visualización a través de un software especial que nos permite la interpretación de los resultados.

## CONCLUSIONES

Podemos concluir que, sí es posible la rehabilitación eficiente en edificios existentes con una elevada calidad el aire interior y confort para los usuarios, con un bajo coste operación, gracias a la ventilación de confort instalada en el edificio.

Los datos de Monitorización están siendo registrados para posteriormente ser analizados y presentar unos informes concluyentes sobre el uso y funcionamiento del Sistema de ventilación. Mientras podemos avanzar que los datos que se están obteniendo son muy interesantes, ya que podemos apreciar que con un consumo mínimo (17 W por vivienda), alimentado por las placas solares fotovoltaicas, estamos consiguiendo con unas temperaturas de confort en la impulsión en las viviendas, superior a los 18°C, cuando estando la temperatura exterior cerca de los 5°C y en el interior sobre los 20,5°C, sin ningún pretratamiento más que la propia energía acumulada en el interior de las viviendas.

Gracias a los bajos niveles de consumo de los equipos de ventilación, estos se están alimentando a con energía renovables (solar fotovoltaica) instalada durante la rehabilitación y que a su vez alimenta los consumos comunitarios.

Las condiciones de Calidad del aire interior medidas mediante sondas de CO<sub>2</sub> en los distintos locales de la vivienda son buenas y muy buenas según, con concentraciones de entre 350 y 500 ppm, por encima de la concentración en el aire exterior, siendo este del orden de 433 ppm. Es decir, al nivel de IDA1 - IDA 2, según RITE 2007 IT 1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior.

Después de la actuación el edificio ha pasado a Clase A en Demanda/Emisiones CO<sub>2</sub>/Energía primaria, en calefacción y refrigeración.

## AGRADECIMIENTOS

- IMV arquitectos junto con Luzyespacio arquitectura y energía co-autores del proyecto de ejecución.
- Todo el equipo de LUZYESPACIO por el ánimo y esfuerzo.
- Al LCCE del Gobierno Vasco y al Grupo ENEDI de la ETSI de la Universidad del País Vasco.
- Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación (LCEE). Área de Térmica.
- VISESA. Vivienda y Suelo de Euskadi, S.A.
- A todos los vecinos propietarios de las viviendas.

## REFERENCIAS

- Ramón Ruíz-Cuevas Peña, Guía Azala, Guía de la Rehabilitación Energética Integral de la Envolvente de los edificios en Euskadi.
- Guía de Edificación Sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco
- Gobierno Vasco
- Guías de Edificación Ambientalmente Sostenible.
- Ihobe.
- Guía de la Renovació Energetica D´edifices D´habitatges
- Generalitat de Catalunya (Dep. de Medi Ambient i habitatge transferecia de calor 1 ED. ETSIEBi
- Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas
- Comunidad de Madrid.
- Manuales R
- Orientación para la intervención en edificios existentes (ED. ITEC)
- Rehabilitación Energética de Edificios.
- Helena Granados, Tornapunta Ediciones

# CÓMO EDUCAR Y CONCIENCIAR EN EFICIENCIA ENERGÉTICA: REHABILITACIÓN CON CRITERIOS DE EECN PARA UN CENTRO EDUCATIVO

**Marta Epelde**, Encargada del Departamento de Eficiencia, Sostenibilidad y Salud “Kursaal Green”,  
Kursaal Rehabilitaciones Integrales

**Alex Orena**, Profesor, Centro Integrado de Formación Profesional Don Bosco

**Auritze Etxezarreta**, Profesora, Centro Integrado de Formación Profesional Don Bosco

**Resumen:** La rehabilitación de un espacio en un centro educativo, es una oportunidad para implantar nuevas líneas de conocimiento. El Instituto de Formación profesional Don Bosco requería adecuar el antiguo piso del conserje como nuevo espacio diáfano para proyectos innovadores relacionados con sistemas domóticos y big data systems. ¿Por qué no aprovechar para llevarla a cabo con criterios EECN? ¿Por qué no hacer que este espacio para la innovación, lo sea tanto en el contenido como en el continente? Aceptada la propuesta, el reto fue adaptar el ajustado presupuesto a criterios EECN y hacer soluciones constructivas a medida. Es una gran oportunidad que el espacio sea en sí mismo una muestra de alta eficiencia: viviendo la experiencia en primera persona, la concienciación y la educación de los asistentes será más efectiva y activará una cultura de la sostenibilidad a gran escala.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Centro Educativo, Líneas de Conocimiento, Eficiencia Energética, EECN, Edificios Energía Casi Nula, NZEB

## INTRODUCCIÓN

La rehabilitación y adecuación de un espacio en un centro educativo, es una oportunidad para implantar nuevas líneas de conocimiento que surgen con la realización de la intervención. En el caso que nos ocupa, el Centro Integrado de Formación Profesional Don Bosco, requería adecuar el antiguo piso del conserje como nuevo espacio diáfano para proyectos innovadores. El contenido del espacio es muy ambicioso, ya que quiere albergar una ideoteca y muestrario que sea un espacio para la innovación, con temas relacionados con sistemas domóticos y monitorización.

## UN PROYECTO EECN PARA REHABILITACIÓN

El local existente presentaba una importante fragmentación del espacio al tratarse de una antigua vivienda. Requería realizar una adecuación completa, donde se llevarán a cabo una integración de los espacios y renovación de todos los paramentos existentes, tales como paredes, suelos y techos. Todas las instalaciones existentes debían actualizarse.

El antiguo piso del conserje, sin embargo, presentaba posibilidades atractivas para su reutilización y conversión en espacio educativo para la innovación. Situado en la última planta de uno de los edificios principales del Centro construido en los años 60, posee amplias ventanas orientadas a norte y sur, abundante luz natural y vistas privilegiadas a la bahía de Pasajes. Integrando los espacios en uno sólo, se convertiría en un espacio diáfano de unos 105m<sup>2</sup> y además, se intuía que el falso techo existente escondía un bajo cubierta que aportaría amplitud al espacio.

Ante toda esta intervención necesaria llegó la pregunta, ¿por qué no aprovechar la obligatoria rehabilitación integral para llevarla a cabo con criterios de Alta Eficiencia? ¿Por qué no hacer que este espacio para la innovación, lo sea tanto en el contenido como en el continente?

## MATERIALIZACIÓN DE LA IDEA

Presentada la propuesta, los profesores responsables de materializar el proyecto apuestan por materializar esta idea ambiciosa y obtienen la aprobación de la Dirección del centro. Definitivamente, lo que iba a ser un lavado de cara a un viejo espacio, pasa a convertirse en impulso para el fomento de los Edificios de Energía Casi Nula y la promoción de las tecnologías innovadoras.

La idea se lleva a cabo siempre con la premisa de adecuarse al presupuesto existente, y precisamente esto también se convierte en uno de los retos: aprender a llevar a cabo rehabilitaciones EECN readaptando las partidas, de cara a priorizar el gasto en eficiencia de cerramientos y reajustar partidas de menor importancia térmica.

La retirada de los elementos que compartimentaban la vivienda, así como del falso techo, permitió apreciar el espacio resultante, donde grandes pares y cerchas de hormigón tomaban protagonismo bajo la cubierta. Se comprobó que la calidad térmica de las envolventes era realmente escasa: las ventanas, que se retiraron, constaban de vidrios simples sobre marcos metálicos sin rotura de puente térmico, la cámara de aire carecía de aislamiento y las grandes cerchas y pares de hormigón empeoraban el comportamiento térmico de la cubierta. Constructivamente hablando, los cerramientos exteriores a menudo estaban directamente conectados con el exterior por oquedades y patinillos en muros y cubierta.



*Figura 1. Espacio diáfano tras la retirada de la compartimentación y el falso techo existente*

Previo al inicio de los trabajos, se quiso llevar a cabo un estudio de caracterización del estado inicial del espacio y, sin embargo, algunos de los ensayos no pudieron realizarse. Es el caso del test de presurización Blower Door, que no pudo llevarse a cabo por la imposibilidad de controlar las infiltraciones que llegaban de pasos de instalaciones no tapados en sucesivas actuaciones anteriores. Sí pudo realizarse el ensayo de caracterización de la transmitancia térmica real del muro mediante un ensayo de medición continua.

Al tratarse de una rehabilitación, el esfuerzo técnico ha sido mayor. Entre las razones de esta complejidad, se encuentra la necesidad de buscar soluciones constructivas a medida, ya que los condicionantes del edificio obligan a ello. Para empezar, habitualmente los aislamientos térmicos se ejecutan por el exterior de los edificios en las actuaciones de Alta Eficiencia y aquí, sin embargo, esa posibilidad estaba descartada. Por tanto, el aislamiento se instaló por el interior del cerramiento existente y siempre manteniendo la premisa que formara una capa continua con ausencia de puentes térmicos. Otra singularidad, es el uso de espesores poco habituales en las placas de aislamiento, con placas de 16 y 20cms de grosor. Entre las soluciones constructivas a medida, como aislamiento interior, también hubo que estudiar los detalles

constructivos concretos para los encuentros entre ventanas y aislamiento interior, para el paso de instalaciones o para la eliminación de los puentes térmicos provocados por los pares y cerchas de cubierta.



*Figura 2. Colocación de aislamiento de poliestireno expandido aditivado con grafito por el interior*

Un punto donde se ha prestado especial atención, ha sido en la elección de las ventanas y su calidad térmica. En un proyecto de este tipo, se ha podido contar con ventanas de las más altas prestaciones, que además están hechas con un material sostenible como es la madera. Se trata de ventanas con marcos de madera laminada combinados con vidrios bajo emisivos triples que, en conjunto, aportan prestaciones adecuadas para estos puntos, energéticamente débiles, que suelen ser los cerramientos acristalados.



*Figura 3. Inspección termográfica de los marcos de ventana*

Entre las estrategias para limitar la demanda energética, la estanqueidad del edificio cuenta con un lugar importante. En este caso, la capa de hermeticidad se llevó a cabo con revestimientos continuos por el interior de los cerramientos que componían la envolvente. Con esos revestimientos continuos ya aplicados y con las ventanas también instaladas, se llevó a cabo un nuevo test Blower Door, que en este caso, ya pudo ser realizado con éxito.



Figura 4. Realización del test Blower Door durante la ejecución de la obra para control de infiltraciones

## INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES Y MONITORIZACIÓN

La última de las estrategias habituales en un EECN, es el control de las pérdidas por ventilación mediante un recuperador de calor, que permite que el ambiente del espacio esté continuamente saneado y con una correcta calidad del aire, mientras que se evita la pérdida energética por la entrada de aire frío directo desde el exterior. Esta estrategia de ventilación permite ahorrar mucha energía al reducir las pérdidas por ventilación que se dan con la continua apertura de ventanas.

El recuperador de calor, se instalará junto con otras tecnologías eficientes, que quieren hacer de este espacio un showroom donde los visitantes entren en contacto con sistemas innovadores. Por un lado, se instalará un sistema de climatización del aula mediante dos posibilidades: aporte de calor de la propia ventilación y aporte mediante suelo radiante. El Agua Caliente Sanitaria se aportará mediante una bomba de calor aerotérmica, que también será quien alimente el suelo radiante. Esta bomba, contará con un apoyo solar térmico para la producción de ACS. El espacio también contará con sanitarios que tienen estrategias concretas para el ahorro de agua, pero también para el ahorro de consumo energético, ambos objetivos prioritarios de este tipo de instalaciones.

Para comprobar la eficacia de las estrategias acometidas y con la finalidad de hacer un seguimiento de consumos reales, el espacio contará con un sistema de sensores de temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, consumo energético, etc. El objetivo es tener datos objetivos y conocer el consumo concreto derivado de cada una de las instalaciones allí utilizadas. Estos datos, además, serán utilizados para el desarrollo de aplicaciones domóticas, desarrolladas por los alumnos del propio centro, dentro de las especialidades tecnológicas que allí se aprenden.

## **ESTRATEGIAS PARA ACERCAR Y FOMENTAR LOS EECN**

Es una gran oportunidad que el espacio que albergará una tecnología innovadora, sea una muestra en sí misma de alta eficiencia: el espacio en sí, formará parte del contenido educativo del aula-showroom. Se prevé un elevado número de visitas, y éstas podrán sentir y comprobar la experiencia de un espacio EECN donde las condiciones climáticas son confortables y saludables.

A los contenidos iniciales del espacio, se incorporarán paneles informativos sobre construcción con estrategias de Alta Eficiencia, muestras de distintos aislamientos térmicos, información sobre las tecnologías instaladas y el recuperador de calor se instalará en el interior para que esté visualmente accesible. También se aprovechará el espacio para ofrecer jornadas de puertas abiertas, cursos abiertos y celebración de eventos y entregas de premios de la zona.

El showroom permitirá ser un espacio para la innovación, un espacio donde crear y desarrollar proyectos innovadores. Viviendo la experiencia en primera persona, lo que es un espacio EECN, la concienciación y la educación de los asistentes será más efectiva y activará una cultura de la sostenibilidad a gran escala.

# LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS DE LOS AÑOS 70, PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE FACHADAS DE LADRILLO

**Soledad Camino**, Profesora, Universidad de Valladolid  
**Gonzalo Martín**, Arquitecto

**Resumen:** Durante esta década, antes de la NBE-CT 79, se construían las fachadas de ladrillo visto de dos hojas de fábrica con cámara de aire. La exterior pasaba por delante de los forjados lo que daba lugar a los puentes térmicos característicos de este sistema. Uno de los sistemas de rehabilitación más empleados en la actualidad es el SATE y en el seguimiento que se ha realizado de rehabilitaciones se ha comprobado que con este sistema se mejora el aislamiento térmico de la fachada y los puentes térmicos de la estructura, pero no se están resolviendo los puentes térmicos de la ventana. Las pérdidas debidas a la ventana y los puentes térmicos relacionados con la misma son elevadas y se quiere presentar una propuesta de solución constructiva de rehabilitación de las ventanas, comparando las pérdidas de la solución del proyecto, de una rehabilitación en la que no se incluyen las ventanas y de la solución que se propone.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Puentes Térmicos, Fachada, Ladrillo

## INTRODUCCIÓN

Durante la década de los años 70, en Valladolid, como en otras ciudades, se construyeron numerosos edificios de viviendas con fachadas de ladrillo cara vista, con dos hojas de fábrica con una cámara de aire entre ambas. La hoja interior se ejecutaba entre los forjados y la hoja exterior pasaba por delante de los mismos. El canto de los forjados se chapaba con plaquetas con objeto de dar continuidad visual a la fábrica de ladrillo para que no se apreciara al exterior la estructura porticada de hormigón que la soporta.

Esta solución constructiva es la que se encuentra en la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-FFL Fachadas de Fábrica de Ladrillo publicada el 16 de abril de 1979. Esta norma contiene un apartado de criterios de diseño entre los que están el aislamiento térmico y el estudio de las condensaciones de las fachadas. Para facilitar la labor de calcular el coeficiente de transmisión térmica K de los diferentes tipos de fachada, se incluyen tablas en las que se puede entrar con los tipos de hojas de fábrica según los diferentes espesores y el ladrillo, con cámara de aire o bien con aislamiento térmico entre ambas, y se obtiene el K de la solución constructiva.

Esta NTE se publica pocos meses antes que la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los edificios que entró en vigor el 22 de enero de 1980, tres meses después de su publicación. Y aunque anteriormente mediante Decreto, de 12 de junio, la Administración Pública adoptó las primeras medidas encaminadas a conseguir un ahorro energético a través de la adecuada construcción de los edificios, es a partir de la publicación de esta NBE cuando se generaliza la utilización de una hoja de material aislante en las fachadas para evitar la pérdida de calor y por tanto de la energía empleada en calefactar en las zonas frías.

En la actualidad y sobre todo a partir de la publicación de la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, son numerosos los edificios construidos de con este sistema de fachada, que se rehabilitan para limitar las pérdidas de energía y mejorar el confort térmico. La solución más frecuente es trasdosar la fachada por el exterior con una capa de aislamiento y revestirla con un enfoscado armado con fibra y pintado

En el seguimiento que se ha realizado de la rehabilitación de diversos edificios con estas características se ha comprobado que con este sistema se mejora fácilmente el aislamiento térmico de la fachada ciega y los puentes térmicos del frente del forjado y de los pilares, de rincones y esquinas, pero los puentes térmicos del hueco requieren soluciones más complejas que por motivos económicos no siempre se



abordan: capialzado, jambas y dintel con la misma eficacia. Por ese mismo motivo y por afectar al uso de las viviendas no es habitual sustituir las ventanas, que se han quedado obsoletas en lo que se refiere a aislamiento térmico.

En la siguiente imagen térmica (Figura 1) muestra la influencia de los puentes térmicos y las carpinterías en la distribución de temperaturas superficiales interiores.

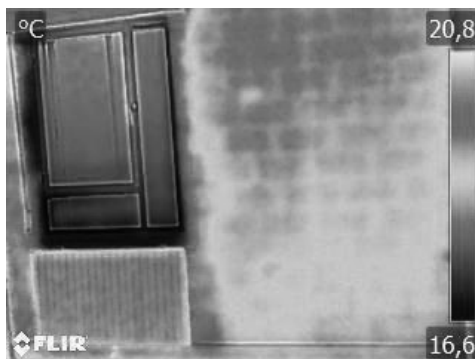


Figura 1. Imagen termográfica de la habitación de una vivienda analizada antes de la rehabilitación

Con el objetivo de aportar datos sobre la importancia de las pérdidas debidas a la ventana y los puentes térmicos relacionados con la misma se ha realizado un estudio para una vivienda de una torre en la que se hace una propuesta de solución constructiva de rehabilitación de las ventanas, y se comparan los datos relativos a las pérdidas de energía de la solución de proyecto, de una rehabilitación en la que no se incluyen las ventanas y de la solución que se propone.

## METODOLOGÍA

En primer lugar, se va a describir las características del cerramiento de los tres casos de estudio: estado actual (EA), estado rehabilitado (ER), y la propuesta de rehabilitación que denominaremos estado rehabilitado mejorad (ER+), para después explicar el procedimiento de seguido para el cálculo de las pérdidas.

### Estado actual (EA)

Se ha estudiado el caso de una vivienda de una torre con cuatro viviendas por planta por ser una tipología común en diversas ciudades donde se ha construido preferentemente con el tipo de fachada de fábrica de ladrillo caravista que se ha descrito anteriormente. Las ventanas son de carpintería de aluminio con acristalamiento sencillo y cuentan con persiana enrollable de lamas de aluminio con cajonera de carpintería ejecutada "in situ". Aunque a finales de esta década ya era común en las fachadas colocar material aislante entre las dos hojas de fábrica, entre 3 y 5 cm de poliestireno expandido o de fibra de vidrio, para el análisis que se ha realizado se va a suponer que no hay material aislante.

El caso de estudio es una vivienda de las cuatro que forman cada planta de una torre, limitada por divisiones horizontales de separación con las viviendas de las plantas superior e inferior, por divisiones verticales de separación con otras viviendas y zonas comunes del edificio y por dos fachadas exteriores. Las divisiones que separan de otras viviendas y zonas comunes se suponen adiabáticas.

La planta de la vivienda es la del esquema de la figura 2, donde se puede distinguir las zonas de fachada, zonas ciegas, ventanas y particiones interiores.

La fachada está formada por una hoja exterior de ladrillo cara vista con aparejo de sogas y juntas de mortero enrasadas de 11,5 cm de espesor, una capa de enfoscado de 1 cm, cámara de aire de 5 cm, tabicón de ladrillo hueco doble de 9 cm y guarnecido y enlucido interior de 1,5 cm.

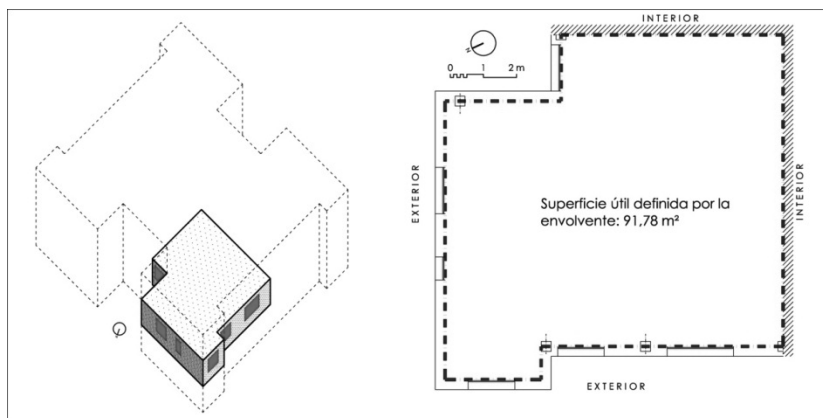


Figura 2. Esquemas en axonometría y en planta de la vivienda

Las ventanas son de aluminio anodizado natural con vidrio de 4 mm.

Los puentes térmicos existentes en esta fachada son:

- El frente del forjado chapado con plaqueta de unos 3 cm de espesor con mortero
- Pilares con la hoja exterior de ladrillo pasante por el exterior y trasdosados por el interior con ladrillo hueco sencillo.
- Dintel del hueco de ladrillo a sardinel, con capialzado de persiana, sin aislamiento.
- Jambas de ventana de ladrillo caravista, en la que la hoja exterior llega hasta la interior con una anchura de 12 cm (Figura 3).
- Alfeizar de la ventana con vierteaguas prefabricado de hormigón recibido sobre pieza cerámica en contacto con el exterior y con el enlucido interior.

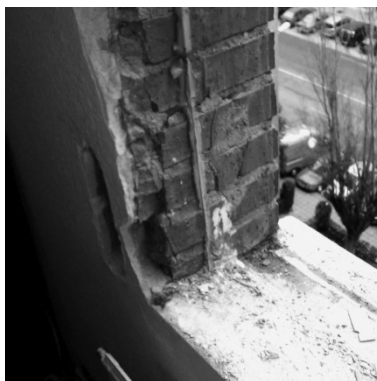


Figura 3. Vuelta de la hoja de fábrica en las jambas de los huecos

## Estado rehabilitado (ER)

Se va a suponer que se rehabilita la fachada, que es plana y sin ornamentación, con un sistema de aislamiento térmico por el exterior con una hoja de aislante de 8 cm de espesor de poliestireno expandido que se enfosca, que la carpintería de los huecos por razones presupuestarias y de uso de las viviendas no se van a cambiar y que en los huecos, debido a que no se va a cambiar la carpintería, se va a colocar, donde lo permita la solución constructiva, una capa de aislante de 2 cm que se revoca con el mismo acabado del resto de la fachada. El alfeizar se reviste con un vierteaguas de aluminio. Sistema que se ha estado empleando en algunas de las rehabilitaciones que se han venido ejecutando en Torrelago, Laguna de Duero<sup>1</sup>.

## Estado rehabilitado mejorado (ER+)

Se va a estudiar otra solución en la que se resuelva el problema que plantea el hueco y los puentes térmicos de su contorno. La ventana y la cajonera de la persiana son elementos por los que la pérdida de calor es importante y donde es fácil que se produzcan condensaciones superficiales (Díaz et al, 2005), pero también son los elementos que presentan menor aislamiento acústico, insuficiente en las zonas de las ciudades con mucho tráfico rodado, por lo que para conseguir la rehabilitación de la fachada en estos dos aspectos y siguiendo las indicaciones de la guía de aplicación del HR la propuesta que se va a estudiar es la de colocar una carpintería exterior a la existente, de aluminio también, con ruptura de puente térmico mayor de 12 mm, y doble acristalamiento 4.12.6 bajo emisivo. La solución permite la continuidad del aislamiento sin modificar los elementos del contorno del hueco existentes. En el alfeizar se va a doblar el aislante, sobreponiendo un alfeizar de aluminio sujeto con grapas. Con esta propuesta se pretende una solución integral para toda la fachada de forma que se minimicen las pérdidas de calor y por tanto el consumo de energía y se mejore considerable el confort de los habitantes al reducir sustancialmente las pérdidas a través de los puentes térmicos. Así mismo se elimina la posibilidad de condensaciones superficiales al mejorar el aislamiento térmico del conjunto de los componentes de la fachada de manera similar.

## Procedimiento de cálculo

Para calcular las pérdidas y poder comparar los resultados se abordan únicamente las pérdidas por transmisión. Aunque el intercambio de energía se produce, a través de la envolvente de los edificios, por transmisión, radiación y convección. En el parque residencial objeto de estudio las pérdidas por transmisión son habitualmente las más significativas, a medida que empieza a mejorar el aislamiento de los cerramientos habrá que tener en cuenta que cobran mayor importancia los intercambios por radiación y convección (Martín, G. et al, 2014).

El estudio se basa en el cálculo de las diferencias, entre los casos de estudio, del coeficiente de transferencia de calor por transmisión, que como indica la ISO 13789, expresa la *cantidad del flujo de calor debida a la transmisión térmica a través de la fábrica de un edificio, dividida entre la diferencia entre las temperaturas ambientales a cada lado de la construcción*.

El coeficiente de transferencia de calor por transmisión a través de los elementos del edificio que separan los espacios acondicionados y el aire exterior se calcula de acuerdo a la ecuación (2), sumando las pérdidas superficiales y lineales. Se desprecian las pérdidas puntuales por su escasa influencia en este caso.

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_{k_j} \quad (1)$$

Dónde:  $\sum_i A_i U_i$  es la suma de los productos de las áreas por las transmitancias térmicas superficiales de cada elemento  $i$  de la envolvente

$\sum_k l_k \psi_{k_j}$  es la suma de los productos de las longitudes por las transmitancias térmicas lineales de cada puente térmico lineal  $k$  de la envolvente

La transmitancia térmica superficial de cada elemento se calcula según las Normas ISO 6946 e ISO 10077, dependiendo de si se trata de elementos ciegos de la envolvente o de huecos acristalados respectivamente. La transmitancia térmica lineal de cada puente térmico se obtiene de un catálogo de valores tabulados, que es uno de los métodos recogidos por la Norma ISO 14683. En este caso se utiliza el catálogo contenido en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación. Las soluciones constructivas contenidas en dicho catálogo son similares en propiedades térmicas y dimensiones a las del caso de estudio. La transmitancia térmica puntual de los puentes térmicos se desprecia por la reducida influencia que tiene este tipo de puentes térmicos en las pérdidas globales de la vivienda que se calcula.

## RESULTADOS

Según la metodología anterior se han calculados las pérdidas por transmisión y el resultado es el reflejado en la tabla I y en la figura 4, donde figuran los datos empleados para el cálculo de las pérdidas superficiales de cerramiento ciego de fachada, de ventanas y de puentes térmicos superficiales.

VIVIENDA. SUPERFICIE ÚTIL TOTAL (INT. ENVOLVENTE) 91,78m <sup>2</sup>												
TABLA PÉRDIDAS SUPERFICIALES						EA		ER		ER+		
uds	ancho m	alto m	A/ud m <sup>2</sup> /ud	A m <sup>2</sup>	U <sub>H</sub> W/m <sup>2</sup> K	H W/K	U <sub>H</sub> W/m <sup>2</sup> K	H W/K	U <sub>H</sub> W/m <sup>2</sup> K	H W/K		
<b>Huecos</b>												
H_V1	4	1,40	1,25	1,75	7	5,70	39,9	5,70	39,9	2,77	19,39	
H_V2	1	0,70	1,25	0,88	0,88	5,70	5,02	5,70	5,02	2,77	2,44	
H_V3	1	2,00	1,25	2,50	2,5	5,70	14,25	5,70	14,25	2,77	6,93	
SUMA					10,38	<b>59,17</b>		<b>59,17</b>		<b>15,51</b>		
<b>Cerramientos opacos</b>												
Dimensiones					EA		ER		ER+			
Tipo de cerramiento					U	H	U	H	U	H		
ancho alto A <sub>M+H</sub>					W/m <sup>2</sup> K	W/K	W/m <sup>2</sup> K	W/K	W/m <sup>2</sup> K	W/K		
m m m <sup>2</sup>												
M1E	Cerramiento exterior	3,50	2,50	8,75	1,57		0,37		0,37			
M1O	Cerramiento exterior	10,20	2,50	25,50	1,57		0,37		0,37			
M1N	Cerramiento exterior	10,40	2,50	26,00	1,57		0,37		0,37			
M1S	Cerramiento exterior	1,00	2,50	2,50	1,57		0,37		0,37			
SUMA					35,12	<b>55,15</b>		<b>13,01</b>		<b>13,01</b>		
<b>TOTAL PÉRDIDAS SUPERFICIALES</b>						<b>114,32</b>		<b>72,18</b>		<b>28,52</b>		
<b>TABLA DE PÉRDIDAS LINEALES</b>						EA		ER		ER+		
Tipo de puente térmico						ψ <sub>i</sub>	H	ψ <sub>i</sub>	H	ψ <sub>i</sub>	H	
longitud						W/mK	W/K	W/mK	W/K	W/mK	W/K	
m												
<b>Puentes térmicos</b>												
PT01	frente de forjado					18,20	1,08	19,66	0,14	2,55	0,14	2,55
PT02	esquina entrante					5,10	0,16	0,82	0,07	0,36	0,07	0,36
PT03	esquina saliente					5,10	-0,25	-1,28	-0,09	-0,46	-0,09	-0,46
PT04	alfeizar					8,30	0,46	3,82	0,24	1,99	0,08	0,66
PT05	capialzado					8,30	0,83	6,89	0,83	6,89	0,04	0,33
PT06	jamba					15,00	0,43	6,45	0,27	4,05	0,04	0,60
PT07	pilar intermedio					10,00	1,13	11,30	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL PÉRDIDAS LINEALES</b>						<b>47,66</b>		<b>15,38</b>		<b>4,04</b>		
<b>TOTAL PÉRDIDAS</b>						<b>w/m</b>	<b>161,98</b>	<b>87,56</b>	<b>32,56</b>			
PARTE OPACA						%	34,05%	14,86%	39,96%			
HUECOS						%	36,53%	67,58%	47,64%			
PUENTES TÉRMICOS						%	29,42%	17,57%	12,41%			

Tabla I. Tabla de resultados

En la tabla se han reflejado los resultados finales de todos los puentes térmicos existentes en el tipo de vivienda estudiado.

La disminución de pérdidas asociadas a las zonas ciegas y sus puentes térmicos, entre el caso EA y el caso ER es de 74,42 W/K lo que significa una disminución de las pérdidas del 45,94%.

La disminución en las pérdidas lineales de los puentes térmicos asociados a la ventana del caso ER+ respecto al caso ER supone 11,34 W/K y la disminución de pérdidas superficiales asociadas a la mejora de carpinterías y acristalamientos entre dichos casos es de 43,66 W/K, lo que supone sumando ambas una disminución en las pérdidas de 52,53 W/K, un 32,43% respecto del estado actual.

En la figura 4 se han representado las pérdidas de los tres casos estudiados de forma que se puede ver las diferencias entre las tres soluciones de una forma fácil y evidente.

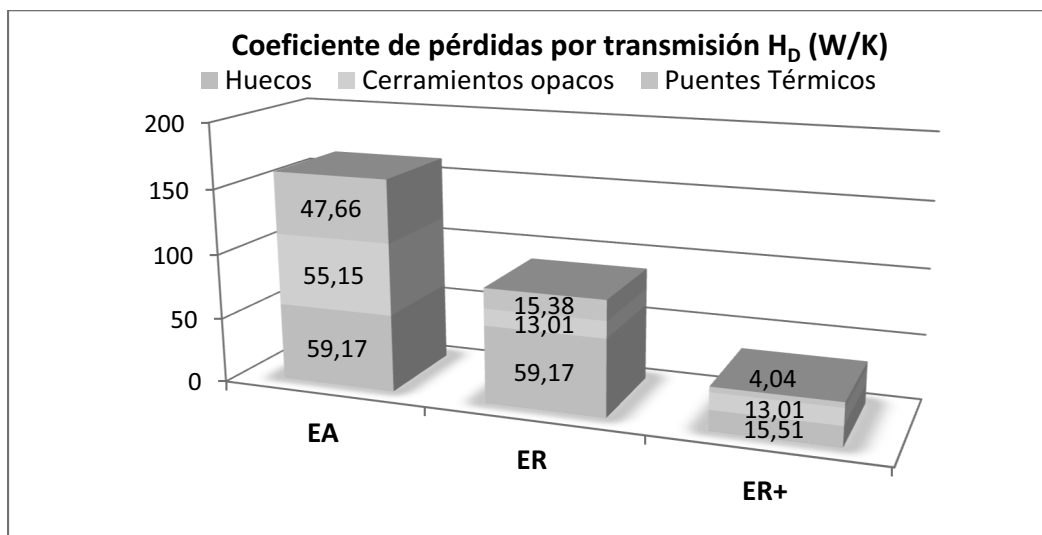


Figura 4. Gráfica comparativa de los resultados

## CONCLUSIONES

Para el tipo de vivienda estudiado y para las pérdidas por transmisión es evidente, a la vista de los resultados obtenidos que la rehabilitación que se viene utilizando disminuye las pérdidas de forma importante pero la rehabilitación energética integral incluyendo a las ventanas es necesaria para poder alcanzar una disminución de las pérdidas entre un 70% y un 80%.

## REFERENCIAS

- Díaz I., Tenorio J. Pérdidas de calor y formación de condensaciones en los puentes térmicos de los edificios. *I Jornadas de Investigación en Construcción (Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja"*. Madrid, junio 2005. T.II, pp.1131-1153.
- Martín Contra, Gonzalo; Camino Olea, María Soledad; Llorente Gómez, Lorena; Fuente Cruz, Raquel; Jesús Fijó Muñoz (2014). La importancia de la rehabilitación de los puentes térmicos en los edificios existentes. *REHABEND 2014 Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción, Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio*. Santander, España pp. 1305 - 1312. 03/04/2014. ISBN 978-84-616-8863-0

<sup>i</sup>Proyecto CITYFiED que ha recibido fondos del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para investigación, desarrollo tecnológico y demostración

## ENERPHIT Y PASSIVHAUS EN DOS CASAS RURALES PARA ESTANCIAS TEMPORALES EN IBERO, NAVARRA

**Iñaki Archanco Mancho**, Director de proyectos, BOA arquitectos

**Raúl Belloso Luqui**, Director técnico, BOA arquitectos

**Pablo Díaz Torquemada**, Gerente, BOA arquitectos

**Resumen:** La normativa Europea dirige el ámbito de la construcción hacia los Edificios de Consumo Energético Casi Nulo (NZEB en sus siglas en inglés). A falta de que cada estado miembro de la UE defina qué es un NZEB existe el consenso de que el Estándar Passivhaus, desarrollado en Alemania por el Passivhaus Institute es un estándar de NZEB que se viene aplicando desde hace 26 años en parte de Europa, y en los últimos años ha empezado a implantarse en España. El objetivo del proyecto que se presenta es triple: comprobar si el estándar es válido para nuestra climatología, comprobar si nuestro sector de la construcción está capacitado para ejecutarlo; y dar a conocer el estándar y sus bondades a la ciudadanía. Se redactaron dos proyectos (una rehabilitación y una obra nueva) aplicando los principios de estándar, para sendas casas rurales para estancias temporales, utilizando para ello la herramienta PHPP del Passivhaus Institute. En el proceso de ejecución de las obras se fueron realizando los ensayos pertinentes para poder acabar la obra dentro de los parámetros del estándar. La experiencia ha demostrado que ejecutar el estándar es factible, pese a que nuestros procesos de obra tienen una asignatura pendiente con la estanqueidad.

**Palabras clave:** Passivhaus, Enerphit, Rehabilitación, Estanqueidad, Ventilación, Recuperación, Experimentar

### PASSIVHAUS COMO OPCIÓN DE EDIFICIO DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO

Las diferentes normativas Europeas desarrolladas en los últimos años dan respuesta a la evidencia de que el excesivo consumo energético de las últimas décadas ha llevado a una situación de deterioro del medio ambiente que hace imprescindible actuar reduciendo los consumos energéticos y el tipo de fuentes energéticas.

En el ámbito de la construcción (responsable del 40% del consumo energético en la UE) las últimas directivas se han dirigido a la reducción de los consumos durante la vida útil de los edificios, y al empleo de energías renovables.

Algo antes, en 1990, en Darmstadt, Alemania el Dr. Wolfgang Feist y el profesor Bo Adamson desarrollaron el primer proyecto Passivhaus. La monitorización de este primer proyecto ha permitido comprobar la validez de las premisas iniciales y sirvió para el desarrollando del Estándar.

Desde ese primer edificio se han venido construyendo multitud de edificios, de todo tipo, en diversos países de Europa, América, etc.

El estándar Passivhaus establece tres criterios de certificación: que la demanda de energía para calefacción y refrigeración en los edificios sea  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ , o una carga de calefacción máxima de  $10 \text{ W/m}^2$ ; que el consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, ACS y electricidad  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ ; y que La envolvente exterior del edificio tenga una estanqueidad  $\leq 0,6/\text{h a n50}$ .

El estándar además establece unos criterios indirectos de higiene (para evitar condensaciones superficiales la temperatura superficial de los paramentos no debe de bajar de los  $12,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y de confort (para evitar el efecto pare fría la temperatura media de las ventanas no puede bajar de  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ ; la velocidad del aire insuflado en las habitaciones no puede ser superior a  $0,1 \text{ m/s}$ ; el tiempo de sobrecalentamiento en verano está limitado).

## Principios de estándar Passivhaus

Existen “5 principios básicos” en los edificios Passivhaus:

1. Alto nivel de aislamiento.
2. Carpinterías exteriores de altas prestaciones.
3. Ausencia de puentes térmicos.
4. Renovación mecánica del aire interior con intercambiador de energía.
5. Alto nivel de estanqueidad al aire.

A la hora de diseñar un edificio Passivhaus hay dos “reglas” cuya aplicación es necesaria aplicar para alcanzar los requerimientos del estándar. Se trata de la “regla del rotulador” y la “regla del lápiz”.

### **Regla del rotulador**

La “regla del rotulador” consiste en poder trazar, con un rotulador, una línea continua, del grueso equivalente al del aislamiento, sin levantar el rotulador del papel. Esto hay que poder hacerlo en planta y en sección. Esta sencilla regla permite garantizar la inexistencia de puentes térmicos y la ausencia de puntos sin aislamiento en la envolvente.

### **Regla del lápiz**

La segunda regla tiene un proceso similar a la anterior. Pero en este caso lo que se busca es poder trazar, con un lápiz, una línea continua, sin levantar el lápiz del papel, por la envolvente del edificio. Esto garantiza que no se producen discontinuidades en la estanqueidad de la envolvente: que no se pueden producir infiltraciones de aire no deseadas desde el exterior.

## PROYECTAR CON EL ESTÁNDAR

Entre la población empieza a extenderse la preocupación por el exceso de consumo energético; tanto en lo que se refiere al coste excesivo de esa energía (por desgracia empieza a ser muy conocido el concepto de pobreza energética), como por el impacto sobre el medio ambiente que este consumo tiene. Esto está llevando a la demanda de edificios más eficientes y a hacer evidente la necesidad de adecuar el parque edificatorio de España que presenta en un porcentaje muy elevado unas características de sus envolventes y sistemas técnicos muy deficientes.

El estándar Passivhaus es una de las alternativas más fiables para poder ofrecer edificios de consumo energético casi nulo. Había que dar a conocer el estándar y a la vez comprobar si la ejecución de edificios, con este, puede ser asumida de manera sencilla por el sector de la construcción en España, y si es posible realizar rehabilitación con el estándar (se denomina Enerphit).

Una casa rural, que se pueda alquilar para cortas estancias, podía ser la opción para dar a conocer el estándar. Dos casas en las que se ejecutara una obra nueva y una rehabilitación era la opción perfecta.

## PROYECTO PARA DOS CASAS RURALES

El punto de partida eran dos edificios en IBERO, una pequeña población junto a Pamplona:

- El «Edificio este» es de planta irregular, con fachadas dando al este y hacia un patio al oeste; con estructura de muros de carga de piedra, vigas de madera y forjados de bóvedas cerámicas sobre solivos. La cubierta es de rasilla cerámica con capa de compresión apoyada en viguetas de hormigón.
- El «edificio norte», vacío en su interior, es de planta rectangular y de muy poca superficie; con la fachada norte dando a la calle y la fachada sur dando al patio de manzana.

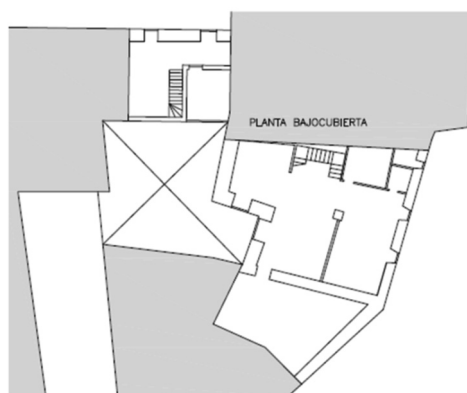


Figura 1. Edificios existentes

El proyecto define la rehabilitación del «edificio este» y el derribo y la ejecución de un nuevo edificio en el «edificio norte», debido a su reducida planta.

## Casa Rural Enerphit

La decisión de mantener la envolvente exterior de la «vivienda este» conlleva el tener que realizar el derribo de su estructura interior manteniendo la cascara exterior, lo cual supuso que el proceso de derribo de la «vivienda este» fuera de gran complejidad.

En la «casa este» el planteamiento ha sido ir más allá de la reducción de las demandas energéticas, tratando de realizar un edificio en el que los impactos sobre el medio ambiente se minimizarán, por lo que se han empleado materiales naturales y con baja mochila energética.

### **Aislamiento y estanqueidad por el interior**

En la «vivienda este» todo el aislamiento se ha resuelto por el interior, salvo bajo la solera y bajo las zapatas corridas donde se ha colocado un aislamiento de 14 cm de EPS.



Figura 2. Láminas interiores insufladas

La irregularidad de la cara interior del muro obligó a recurrir a una lámina de estanqueidad colocada fijada a unas costillas de madera atornilladas a los muros de mampostería y ladrillo, y a insuflar el aislamiento de fibra de madera en el interior de los «cajones» conformados entre los montantes, el muro y la lámina.

En la cubierta se ha empleado también fibra de madera insuflada (con  $\lambda=0,039$  W/mK) de 32 cm. Para poder insuflar la fibra se ha ejecutado la misma solución que en las medianerías.



### **Puentes térmicos**

Pese a que en la «Vivienda este» no existen elementos constructivos que atraviesen la línea de aislamiento se calcularon los puentes térmicos de las uniones de los diferentes elementos constructivos para conocer las pérdidas que se producían en ellos.

### **Carpinterías de altas prestaciones**

Se optó por una carpintería de madera con triple vidrio y cámaras de aire y de argón; y la posición de las ventanas y su encuentro con el cerramiento va variando de un edificio al otro, y de una fachada a otra: en las fachadas de piedra y ladrillo viejo se colocaron con premarco, a la cara interior; en las fachadas de entramado de madera se colocaron al interior sin premarco.



Figura 3. Encuentro de carpintería con tablero OSB

### **Renovación de aire interior con intercambiador de energía**

La renovación del aire interior se realiza mediante un equipo con recuperador de alta eficiencia que nos permite recuperar una parte importante de la energía que contiene el aire interior que se expulsa a la calle. La posición del equipo y el recorrido que tienen que hacer los conductos de admisión y expulsión de aire desde el mismo hasta la calle tienen gran relevancia a la hora de penalizar el rendimiento del equipo y en el caso de las rehabilitaciones uno de los problemas fundamentales puede ser la falta de alturas para pasar los conductos de impulsión y expulsión de aire.

## **Casa Rural Passivhaus**

En la “casa norte” la estructura es un sistema “convencional” de pilares y vigas de hormigón, y forjados de viguetas pretensadas, bovedillas de hormigón aligerado y capa de compresión de hormigón armado; y las fachadas se resolvieron con hojas de ladrillo perforado aisladas por el exterior y trasdosadas por el interior. El objetivo era testar si con sistemas habituales, que no requieran de soluciones, tecnologías o materiales poco habituales somos capaces de hacer edificios Passivhaus.

### **Aislamiento y estanqueidad**

En la “vivienda norte” todo el aislamiento se ha resuelto por el exterior, salvo en las medianerías y la cimentación (una losa de hormigón armado de canto 35 cm, y canto 60 cm bajo los pilares). Bajo la cual se colocó, al igual que bajo las zapatas de la “casa este”, una placa de 14 cm de EPS.



*Figura 4. Placas EPS bajo losa de cimentación*

En la fachada norte se ejecutó un sistema SATE, y al sur una fachada ventilada. En la cubierta se recurrió a colocar un aislamiento de XPS sobre el forjado. Se ejecutó la estanqueidad de la casa por medio de un lucido de yeso por el interior de las hojas de ladrillo.

#### ***Puentes térmicos***

Al igual que en la «Vivienda este» no existen elementos constructivos que atraviesen la línea de aislamiento.

#### ***Carpinterías de altas prestaciones***

En este caso las ventanas y puertas de acceso se colocaron, sin premarco, en el interior de la hoja.

#### ***Renovación de aire interior con intercambiador de energía***

La renovación del aire interior se realiza, también, mediante un equipo con recuperador de alta eficiencia, que, en este caso, se pudo colocar próxima a la cubierta con lo que el recorrido de los conductos de admisión y expulsión eran reducidos y la penalización sobre el rendimiento bajo.



*Figura 5. Blowerdoor intermedio*

## EJECUCIÓN DE OBRA Y ENSAYOS

### Blowerdoor intermedios

Previo a realizar los ensayos intermedios “oficiales”, se pudieron hacer varios ensayos “no oficiales” en la “casa este”, que permitieron corregir varias deficiencias que habrían penalizado el resultado final.

El resultado de ambos ensayos quedaba por debajo de los mínimos establecidos por el Passivhaus Institute: 0,48 renovaciones para la «vivienda norte» (Passivhaus, para la cual el máximo es de 0,6) y de 0,67 renovaciones para la «vivienda este» (Enerphit, para la cual el máximo es de 1,0).

### Blowerdoor final

Una vez finalizada la obra se procedió a realizar los ensayos blowerdoor finales “oficiales”.

El resultado final para la “casa este” varió a menos, respecto al ensayo intermedio, gracias a varias mejoras efectuadas: el resultado final fue de 0,62 renovaciones.

En la “casa norte” el resultado había empeorado mucho: 0,82 renovaciones. Esto obligó a realizar varios blowerdoor y, emplear una máquina de humo, una cámara termográfica y un manómetro hasta encontrar dos puntos en los que la estanqueidad se había deteriorado. Una vez reparados estos puntos se procedió a repetir el ensayo “oficial” llegando en esta ocasión a las 0,61 renovaciones

### Equilibrado de la ventilación

Para la puesta en marcha del sistema de renovación, con recuperador, es imprescindible proceder a un correcto equilibrado

### PHPP

El Instituto cuenta, para el proceso de certificación, con una herramienta propia: el PHPP.

En la herramienta se introducen todas las características formales, de la envolvente, de las instalaciones, el uso, la incidencia solar, y el resultado es la demanda energética y la energía primaria del edificio.

La herramienta se utiliza en el proceso de redacción del proyecto, y una vez finalizada la obra se introducen las modificaciones efectuadas en obra y los resultados de los ensayos.

En ambas casas el resultado ha sido inferior a los máximos establecidos en el estándar: en la “casa este” ha sido de 18,75 Kw/hm<sup>2</sup>año (máximo en ENERPHIT de 20 Kw/hm<sup>2</sup>año) y para la “casa norte” ha sido de 14,64 Kw/hm<sup>2</sup>año (máximo en PASSIVHAUS de 15 Kw/hm<sup>2</sup>año).

Valores característicos del edificio con relación a la superficie de referencia energética y año			
	Superficie de referencia energética	203,3 m <sup>2</sup>	
<b>Calefacción</b>	Demanda de calefacción	<b>14,64 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	Requerimientos 15 kWh/(m <sup>2</sup> a) <b>si</b>
	Carga de calefacción	<b>8,6 W/m<sup>2</sup></b>	10 W/m <sup>2</sup> <b>si</b>
<b>Refrigeración</b>	Demanda total refrigeración	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	- <b>-</b>
	Carga de refrigeración	<b>W/m<sup>2</sup></b>	- <b>-</b>
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	<b>8,1 %</b>	- <b>-</b>
<b>Energía primaria</b>	Calef., ref., deshum., ACS, elect. auxiliar, ilum., aparatos eléct.	<b>93 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	120 kWh/(m <sup>2</sup> a) <b>si</b>
	ACS, calefacción y electricidad auxiliar	<b>65 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	- <b>-</b>
	Ahorro de EP a través de electricidad solar	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	- <b>-</b>
<b>Hermeticidad</b>	Resultado ensayo de presión n50	<b>0,6 1/h</b>	0,6 1/h <b>si</b>

\* Campo vacío: faltan datos; "-": sin requerimiento

Figura 6. Resultado de PHPP para la “casa norte”

# INFLUENCIA DE LOS PUENTES TÉRMICOS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS. CASO PRÁCTICO: PROPUESTAS PARA REHABILITACIÓN DE EDIFICIO RESIDENCIAL

**Mercedes Sánchez Mateos**, Ingeniera de Edificación

**Resumen:** La envolvente térmica de los edificios debe tener unas características que permitan limitar la demanda energética del edificio, siendo necesario, entre otros factores, el tratamiento de los puentes térmicos para reducir las pérdidas energéticas, así como evitar problemas higrotérmicos derivados de la presencia de los mismos. Se analiza de la influencia de los puentes térmicos en la eficiencia energética de un edificio residencial de carácter social existente en Madrid mediante el desarrollo de dos propuestas de rehabilitación y mejora de la envolvente térmica: aislamiento térmico por el interior y, por otro lado, en el exterior.

**Palabras clave:** Puentes Térmicos, Pérdidas Energéticas, Rehabilitación, Eficiencia Energética, Edificios Residenciales

## INTRODUCCIÓN

El incremento de emisiones a la atmósfera, y por tanto, sus consecuencias, es debido, en gran medida, a la combustión de combustibles fósiles para abastecer la demanda de recursos y el gasto energético de una población que crece exponencialmente y cuya calidad de vida va en aumento, principalmente en los países desarrollados.

Los edificios contribuyen significativamente a este aumento de emisiones puesto que son responsables del 40% del consumo total de energía en la Unión Europea<sup>i</sup> y del 26,1% del consumo total de energía de España<sup>ii</sup>. Estos datos mencionados ponen de manifiesto la necesidad de reducir el consumo energético de los edificios a través de la reducción de la demanda de energía, el uso de energías renovables y la optimización de los sistemas auxiliares. Con esa finalidad aparecieron directivas europeas, como la Directiva 31/2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, y el Documento Básico de Ahorro Energético del Código Técnico de la Edificación.

En la envolvente de los edificios existen áreas donde aparecen tanto discontinuidades geométricas como materiales. Éstas son denominadas puentes térmicos, y a través de ellos se produce una pérdida de calor aproximada del 20% de la energía total que pierde un edificio en una configuración habitual de fachada y empleando las técnicas constructivas convencionales en España<sup>iii</sup>. Este dato, junto con el gran número de viviendas existentes en España anteriores a la aparición del Código Técnico de la Edificación en 2006, pone de manifiesto la necesidad de fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios existentes disminuyendo las pérdidas por transmisión, lo que incluye la mejora de los puentes térmicos, para lograr una disminución de la demanda energética, así como un aumento en las condiciones de confort de los edificios.

## PROYECTO

Para poder analizar la influencia de los puentes térmicos en la eficiencia energética de un edificio, se selecciona como caso de estudio un edificio residencial de carácter social ubicado en Madrid. Dado que fue construido en el año 1963, previamente a la aparición de la Norma Básica de la Edificación, no sigue ninguna normativa.

La edificación consta de 14 plantas sobre rasante y una bajo rasante, y cuenta con un total de 72 viviendas más las zonas comunes dentro de las que se encuentran los dos núcleos de comunicación del edificio. La envolvente térmica, que carece de aislamiento térmico, está compuesta por fachadas de doble hoja con

cámara de aire interrumpidas parcialmente por pilares y completamente por forjados de hormigón armado; cubierta inclinada con tabiquillos para formación de pendiente sobre los que se coloca la cubrición; cubierta plana convencional; solera o forjado unidireccional de hormigón armado de planta baja y distintos modelos de carpinterías de bajas prestaciones.



Figura 1. Alzado norte y planta tipo del edificio objeto de estudio

Se proponen dos opciones de mejora de la eficiencia energética del edificio mediante la reducción de las pérdidas de calor por transmisión a través de la envolvente abordadas desde dos puntos distintos.

En un primer planteamiento (opción de mejora 1) la envolvente se aísla interiormente, reduciendo las pérdidas de calor que se producen a través de la parte homogénea. Sin embargo, la eliminación de puentes térmicos no es posible en algunas zonas donde el aislamiento no es continuo, por ejemplo, en el encuentro de fachada y forjado, aumentando las pérdidas de calor y la posibilidad de aparición de puntos fríos en el interior que den lugar al desarrollo de moho o aparición de condensaciones. Las soluciones adoptadas en cada elemento constructivo son las siguientes:

- Fachada: se coloca una capa de lana mineral de 4 centímetros, un trasdosado auto portante de placa de yeso relleno de 6 centímetros de lana mineral., previa demolición de la hoja interior del cerramiento existente.
- Cubierta: se propone un falso techo autoportante de placa de yeso laminado con aislamiento de 10 cm de lana mineral.
- Forjado en contacto con el espacio no calefactado del semisótano: aislamiento del forjado por su parte superior mediante la colocación de paneles de 10 cm de XPS (conductividad térmica 0,034 W/mK).
- Carpintería: PVC con acristalamiento triple. Valor U de la ventana es 0,89 W/m<sup>2</sup>K.

Por otro lado, en un segundo planteamiento (opción de mejora 2) el aislamiento de la envolvente se realiza por el exterior suponiendo no solo la mejora de las transmitancias térmicas de las zonas homogéneas de la envolvente sino, además, la minoración de pérdidas energéticas en los puentes térmicos más importantes debido a la continuidad del aislamiento ante intersecciones producidas en los encuentros de distintos elementos constructivos. No obstante, alguno de los puentes térmicos objeto de estudio no permiten la continuidad del aislamiento térmico, estudiando en ese caso la solución que aun presentando discontinuidad en el aislamiento minore las pérdidas de calor lo máximo posible. Las soluciones adoptadas en cada elemento constructivo son las siguientes:

- Fachada: colocación de un sistema de aislamiento por el exterior de 10 cm de espesor fijado con perfilera de plástico.
- Cubierta: 10 cm aislamiento por el exterior, lo que implica el levantamiento de la teja.
- Forjado en contacto con el espacio no calefactado del semisótano: colocando un falso techo relleno de 8 cm de lana mineral. Se intenta minimizar lo máximo posible el efecto del puente térmico continuando el sistema de aislamiento térmico por el exterior el máximo posible por debajo del nivel del forjado de planta baja (80 centímetros).

Para la elección del espesor óptimo de aislamiento se valora, no solo el cumplimiento de los valores mínimos definidos por el Código Técnico de la Edificación, sino que también se mejoran estos valores pensando en la mejora necesaria para alcanzar o aproximarse lo máximo posible a la futura definición de edificio de consumo casi nulo y estándar EnerPHit.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Tras la elección del edificio objeto de estudio y definición de las propuestas de mejora se seleccionan los puentes térmicos más influyentes los cuales serán analizados:

- Intersección de fachada con forjado en contacto con un espacio no calefactado
- Frente de forjado en fachada
- Pilar integrado en cerramiento de fachada
- Esquina entrante con pilar integrado
- Alféizar
- Jambas

A continuación se procede a la simulación y análisis de estos puentes térmicos tanto del edificio existente como de las dos propuestas de mejora mediante la herramienta informática Therm.

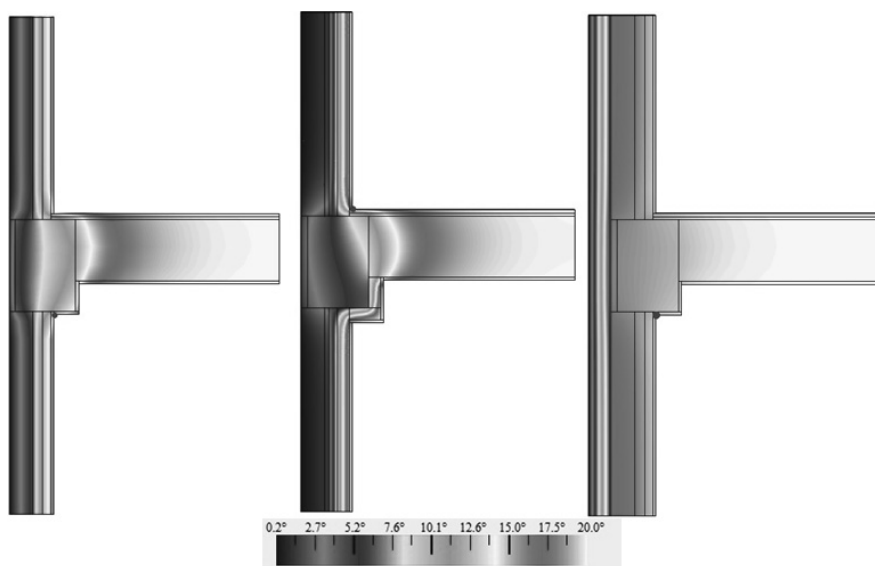


Figura 2. Diagrama de distribución de temperaturas del puente térmico encuentro fachada con forjado en Therm. De izquierda a derecha: edificio existente, propuesta de mejora 1 y propuesta de mejora 2

Los datos numéricos proporcionados por Therm, permiten el cálculo de transmitancias térmicas lineales ( $\Psi$ ) de los puentes térmicos analizados a través del coeficiente de acoplamiento térmico lineal siguiendo la siguiente ecuación:

$$\Psi = L2D - \sum_{j=1}^N U_j l_j$$

Además, la temperatura mínima en la superficie interior obtenida tras la simulación permite calcular el factor de temperatura útil sobre la superficie interior que comparado con el factor de temperatura mínimo aceptable sobre la superficie interior nos permite conocer si existe probabilidad de condensaciones o desarrollo de moho.

$$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$$

Con la finalidad de analizar la influencia de los puentes térmicos en las pérdidas de calor por transmisión globales del edificio se calcula el coeficiente de transferencia de calor por transmisión (HD) despreciando la influencia de los puentes térmicos puntuales.

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Se valorará, además, la influencia de cada uno de los factores que influyen en el cálculo de este coeficiente, en cada uno de los escenarios propuestos; así como la demanda la reducción de la demanda energética.

## RESULTADOS

Las pérdidas de calor por transmisión a través de los elementos homogéneos de la envolvente junto con las producidas por el efecto de los puentes térmicos son recogidas por el coeficiente de calor por transmisión, que nos proporciona datos interesantes no solo de la transferencia de calor total, sino de la influencia de las zonas homogéneas de la envolvente y los puentes térmicos. Estos datos están recogidos en la siguiente tabla y gráfica resumen relativa a los tres escenarios estudiados.

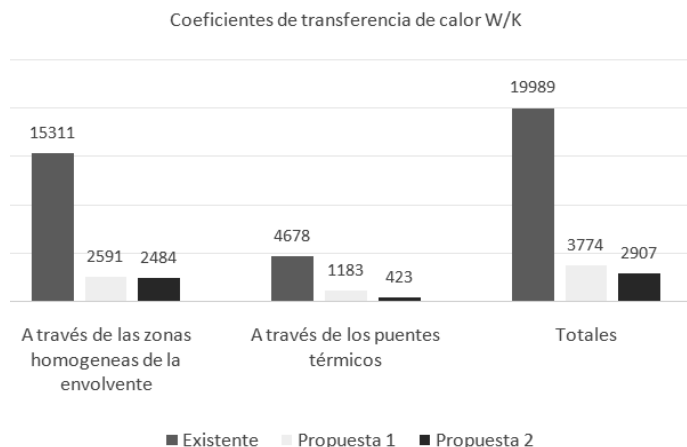


Figura 3. Gráfico comparativo de los coeficientes de transferencia de calor

	Estado inicial	Propuesta 1	Propuesta 2
Porcentaje pérdidas a través de las zonas homogéneas de la envolvente	77%	69%	85%
Porcentaje pérdidas a través de los puentes térmicos	23%	31%	15%

Tabla 1. Comparativa de los porcentajes de influencia de las pérdidas de calor

Los datos muestran la disminución del coeficiente de transmisión de calor respecto al edificio en su estado inicial de las propuestas de mejora 1 y 2 en torno al 81% y 85% respectivamente. Sin embargo, si se desglosa el coeficiente de transmisión de calor, en los coeficientes de transmisión térmica a través de los elementos homogéneos de la envolvente y en el de los puentes térmicos, se aprecia que las pérdidas

producidas mediante los elementos homogéneos de la envolvente son relativamente similares en la propuesta de mejora 1 y 2, ambos considerablemente menores que en el estado inicial del edificio.

No obstante, el valor de los coeficientes de transmisión de calor a través de los puentes térmicos disminuye escalonadamente desde el estado inicial del edificio hasta la propuesta de mejora 1, debido en primer lugar a la mejora de las transmitancias térmicas de los elementos que componen la envolvente y, en segundo lugar, a la mejora en la resolución de los puentes térmicos dentro de las posibilidades que ofrecen cada una de las propuestas de mejora.

Los porcentajes de los coeficientes de transmisión de calor a través de puentes térmicos y elementos homogéneos de la envolvente, permiten evaluar la influencia de los puentes térmicos en la transmisión de calor total. Se observa que los puentes térmicos tienen una mayor influencia en la transmisión de calor total en la propuesta de mejora 1, un 31%; seguida del estado inicial, un 23%; mientras que en la propuesta de mejora 2 presentan la menor influencia, un 15%. Esto se debe a que la influencia de los puentes térmicos es mayor cuanto mejor valor U presenta la envolvente homogénea, puesto que, al producirse menores pérdidas a través de las zonas homogéneas, las pérdidas producidas por los puentes térmicos cobran mayor importancia. Se aprecia claramente en los datos obtenidos en el estado inicial y en la propuesta de mejora 1, donde la influencia de los puentes térmicos en la propuesta de mejora 1 (imposibilidad de continuidad en el aislamiento en algunos puentes térmicos) es mayor que en el estado inicial siendo el valor absoluto del coeficiente de transmisión de calor considerablemente mayor en el estado inicial.

Queda claro que con la propuesta de mejora 2 se obtienen los mejores resultados debido a la mejor resolución de los puentes térmicos junto con la mejora de la transmitancia térmica de los elementos homogéneos de la envolvente.

Las demandas obtenidas también acreditan a la propuesta de mejora 2 como la que minimiza las pérdidas y, por tanto, la demanda del edificio. La siguiente gráfica muestra la evolución de la demanda en cada uno de los escenarios.



Figura 4. Gráfico comparativo de demandas de calefacción calculadas con el programa PHPP

## CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas de este estudio son las siguientes:

- El análisis de transmisión de calor a través de puentes térmicos de un edificio debe ser realizado teniendo en cuenta no solo la transmitancia térmica lineal de los puentes térmicos, sino también su longitud. La reducción de las transmitancias térmicas lineales disminuye la transmisión de calor del edificio y, por tanto, provoca una minoración de la demanda energética. Sin embargo, la mejora de la transmitancia térmica de un puente térmico presente en un único punto del edificio, por tanto, con una longitud insignificante, no afectará del mismo modo a la disminución de la demanda de edificio que la mejora de un puente térmico muy presente en el edificio, cuya longitud sea elevada.



- La continuidad del aislamiento térmico a través de la envolvente del edificio es la actuación fundamental para minorar el efecto producido por el puente térmico. Si no existe dicha continuidad el efecto del aislamiento será insignificante.
- La influencia de las pérdidas producidas a través de los puentes térmicos sobre las pérdidas totales del edificio es mayor cuanto menores son las pérdidas que se producen a través de los elementos homogéneos.
- La eliminación o minoración de puentes térmicos en un edificio existente es más efectiva, generalmente, aislando exteriormente ya que posibilita la continuidad del aislamiento.
- En las zonas de influencia de los puentes térmicos la temperatura superficial interior disminuye pudiendo producirse problemas de desarrollo de moho y condensaciones. Su análisis es fundamental para evitar problemas de higiene posteriores. En el caso de que exista riesgo de aparición de condensaciones se debe asegurar una humedad relativa del ambiente interior que garantice una temperatura de rocío inferior a la temperatura interior mínima superficial.
- La colocación del aislamiento en la cara exterior del cerramiento provoca que este esté relativamente cálido favoreciendo temperaturas superficiales interiores suficientes para evitar el riesgo de condensación en caso de discontinuidad o disminución del espesor de la capa aislante. Sin embargo, cuando el aislamiento térmico se coloca en el interior del cerramiento, este permanecerá frío, y cualquier desperfecto o discontinuidad generará puntos fríos, aumentando el riesgo de aparición de condensaciones.

## REFERENCIAS

- Carrión, Juan Carlos y Sancho, Francisco. "Consideraciones sobre balances energéticos en edificación." Montajes e Instalaciones, nº203.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. (2011) "Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-20. 2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-20."
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- UNE-EN ISO 14683:2011. "Puentes térmicos en edificación. Transmitancia térmica lineal. Métodos simplificados y valores por defecto."
- UNE-EN ISO 10211:2012 "Puentes térmicos en edificación. Flujos de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados."
- UNE-EN ISO 10456:2012 "Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño."

---

<sup>i</sup> Según la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios.

<sup>ii</sup> Según el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-20, 2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-20 del Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía.

<sup>iii</sup> Según el documento Consideraciones sobre balances energéticos en edificación escrito por Juan Carlos Carrión y Francisco Sancho.

# REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS. CÓMO PASAR DE CLASE E A CLASE A

**Penélope González de la Peña**, Responsable Departamento Técnico y de Marketing, URSA Ibérica Aislantes

**Resumen:** Un 41% del consumo de energía en Europa es debido a los edificios. En España, además, el 92% del parque inmobiliario existente está construido sin ningún criterio de sostenibilidad. Dentro de las actuaciones para el ahorro energético, el aislamiento es la solución más eficaz, ya que permite con un mínimo de inversión rentabilizar el ahorro a lo largo de toda la vida útil del edificio. En esta comunicación analizaremos la rehabilitación realizada en un edificio de oficinas en Madrid, donde se partía de una calificación energética clase E; después de la realización de todas las actuaciones: mejora de la envolvente, aislamiento, ventanas, cambio en las instalaciones... el edificio obtiene una calificación energética clase A.

**Palabras clave:** Aislamiento, Rehabilitación, Rehabilitación Energética, Certificación Energética

## CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS

Un 41% de la energía que se consume en Europa es debida a los edificios. En España, 24 millones de viviendas están edificadas sin ningún criterio de eficiencia ni sostenibilidad, ya que están construidas antes del año 79, año donde la primera normativa que especificaba un mínimo de aislamiento térmico fue aprobada en España. Del año 79 a la salida del primer Código Técnico de la Edificación en 2007, los niveles de aislamiento requeridos eran muy bajos, por lo que un 92% del parque inmobiliario se encuentra en esta situación.

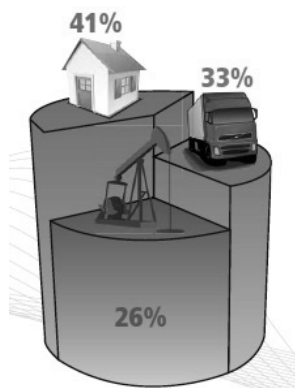


Figura 1. Consumo energía edificios Europa

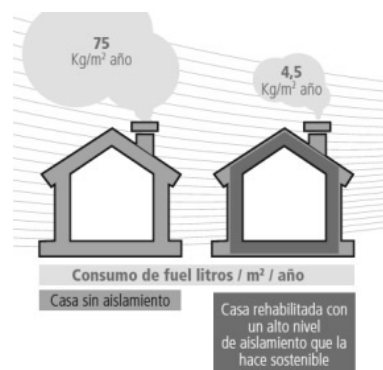


Figura 2. Ahorros en los edificios

Si a esto añadimos que el periodo de mayor crecimiento del parque inmobiliario fue durante la “burbuja inmobiliaria”, nos encontramos además con edificios relativamente nuevos pero construidos sin ningún criterio de ahorro energético.

El control del consumo de energía de los edificios, será la base para una **Construcción Sostenible**.

Un edificio rehabilitado desde un punto de vista de ahorro energético, puede llegar a consumir hasta un 90% menos de energía que el mismo construido sin ningún criterio de eficiencia energética.

Para llegar a estos ahorros, se debe impedir que el edificio “pierda” la energía que introducimos para el confort del edificio. Debemos analizar por donde se están produciendo las principales pérdidas y resolverlas primero para evitar que las medidas de mejora implementadas se “escapen”.

En un edificio de oficinas, el mayor consumo energético se produce en:

- Climatización: 40%
- Maquinaria: 35%
- Iluminación: 20%
- Otros (ACS, etc.): 5%

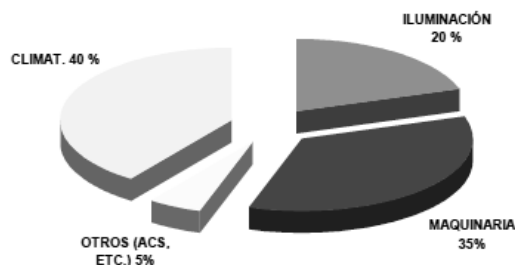


Figura 3. Consumo energía en oficinas (Fuente FENERCOM)

Por tanto, si queremos incidir en la mayor fuente de consumo, lo primero que tenemos que hacer es actuar sobre la climatización (refrigeración + calefacción).

Para ello, antes de introducir sistemas más eficientes que los de partida, debemos evitar que la energía que introducimos en el edificio se pierda.



Figura 4. Pérdidas energéticas en el edificio



Figura 5. La Tríada Energética

Los edificios mal aislados pierden la energía que les proporcionamos. Esto se produce en diferentes porcentajes a lo largo de la envolvente.

Podemos observar que la primera fuente de pérdida de energía son las cubiertas, desde donde se escapa un 30% de la energía; después las mayores pérdidas se van a producir en los muros (25%) y ventanas, con un especial hincapié en las uniones entre los huecos y la parte ciega, ya que por ahí tenemos unas pérdidas de alrededor de un 20%.

Los suelos con un 7% y los puentes térmicos que hayamos dejado en la envolvente (5%) completan el esquema de pérdidas energéticas.

Como regla general para realizar una rehabilitación energética, podemos acudir siempre a la regla de las tres reducciones (3R):

Reducir la demanda de energía evitando pérdidas energéticas. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

1. Utilizar fuentes energéticas sostenibles. ENERGÍAS RENOVABLES.
2. Producir y utilizar energía fósil de forma eficiente. REDUCCIÓN ENERGÍA FÓSIL.

Es importante para realizar una construcción sostenible coherente, que los pasos se realicen empezando por la base de la pirámide (Eficiencia energética) para evitar que el resto de las actuaciones se pierdan en el edificio.

Dentro de las actuaciones para el ahorro energético, el aislamiento es la solución más eficaz, ya que permite con un mínimo de inversión rentabilizar el ahorro a lo largo de toda la vida útil del edificio.

## **EJEMPLO DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS EDIFICIO EN C/ ZURBARÁN (MADRID)**

El edificio que se va a analizar, es la rehabilitación de un edificio de oficinas que se encuentra situado en Madrid (zona climática D3).

El proyecto de rehabilitación es un trabajo conjunto entre el estudio de arquitectura de Eduardo Gomez García, Inmaculada Díaz Hernandez y Jose Manuel Granados Baño y la ingeniería Atei Consultores.

En este caso el objetivo de la propiedad era muy claro: conseguir una calificación energética clase A con una volumetría y orientación que ya estaba predeterminada al tratarse de una rehabilitación, y unas instalaciones que debían ser individualizadas ya que el uso final del edificio es el alquiler de oficinas y por tanto necesitan esa división en las instalaciones.

Los pasos seguidos por los proyectistas fueron:

- Estimar la mejora necesaria en la envolvente del edificio: parte ciega, vidrios, carpinterías, permeabilidad, etc.
- Introducción del edificio en una herramienta de diseño con sus características e instalaciones
- Exportación a Calener VYP para la certificación energética (la rehabilitación se realizó antes de la salida del programa HULC)

La propiedad encargó además una auditoría de la simulación realizada en proyecto, para asegurar que lo que estaba indicado en el mismo era igual a lo colocado en obra, pudiendo así ellos garantizar a los futuros inquilinos la calificación del edificio real.

## **REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

Para comenzar el proyecto, lo primero fue reducir la demanda energética del edificio, es decir, estudiar la envolvente con la que se contaba y las medidas de mejora necesarias para evitar que, una vez terminada la rehabilitación, la energía introducida en el edificio se perdiese por la envolvente.

El edificio en este caso tenía el condicionante de que todas las actuaciones debían ser interiores, ya que la fachada está protegida y no es posible realizar ninguna intervención por el exterior del edificio.

### ***Estado previo (edificio de los años 80) clasificación energética clase E***

Envolvente térmica previa: edificio aislado con vidrio celular en la fachada principal y con lana de vidrio en el resto de fachadas y medianeras con un espesor bajo.

Carpinterías de aluminio con vidrios Climalit

Generación de ACS con termos eléctricos

Climatización centralizada con bomba de calor y torres de refrigeración

### ***Puntos de mejora en la envolvente***

- Fachadas y Forjados.
  - Aislamiento en elementos constructivos verticales.
  - Aislamiento en elementos constructivos horizontales.
  - Tratamiento de los puentes térmicos.

- Huecos.
  - o Carpintería.
  - o Vidrios.
  - o Tratamiento Puentes térmicos en el perímetro de los huecos.

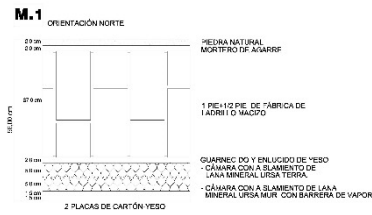
**Fachadas y Forjados. Aislamientos Verticales**

Dependiendo de la orientación de las fachadas, estas se aislaron de forma diferente. Los aislamientos introducidos fueron:

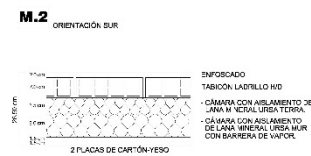
Fachadas	Aislamiento	Coefficiente Transmisión Térmica U
M1. Fachada exterior C/ Zurbarán	Lana mineral URSA TERRA con barrera de vapor. 10 cm	< 0,30 W/m <sup>2</sup> ·K
M2 y M3. Fachadas a patios interiores	Lana mineral URSA TERRA con barrera de vapor. 14,5 cm	<0,25 W/m <sup>2</sup> ·K
M4. Fachada-medianera	Lana mineral URSA TERRA con barrera de vapor. 10 cm	<0,35 W/m <sup>2</sup> ·K

Tabla I. Aislamientos en las fachadas

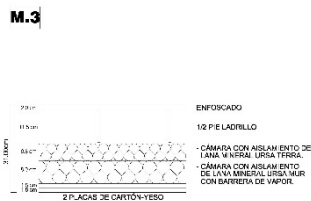
MURO EXTERIOR FACHADA A C/ ZURBARÁN



MURO EXTERIOR FACHADA TRASERA



MURO EXTERIOR FACHADA PATIO INTERIOR



MURO MEDIANERO CON EDIFICIOS COLINDANTES

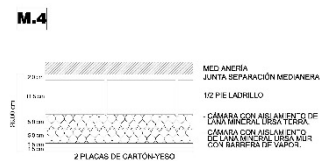


Figura 6. Detalles del aislamiento en fachadas

**Fachadas y Forjados. Aislamientos Horizontales**

Forjados	Aislamiento	Coefficiente Transmisión Térmica U
Suelos Planta 1 y 2	Lana Mineral URSA TERRA Sol. 2 cm	<0,48 W/m <sup>2</sup> ·K
Suelos Planta 3, 4, y 5	Lana Mineral URSA TERRA Vento Plus. 10 cm	<0,28 W/m <sup>2</sup> ·K
Techo Forjado Planta 5	Lana Mineral URSA TERRA con barrera de vapor. 15 cm.	<0,20 W/m <sup>2</sup> ·K

Tabla II. Aislamientos en suelos

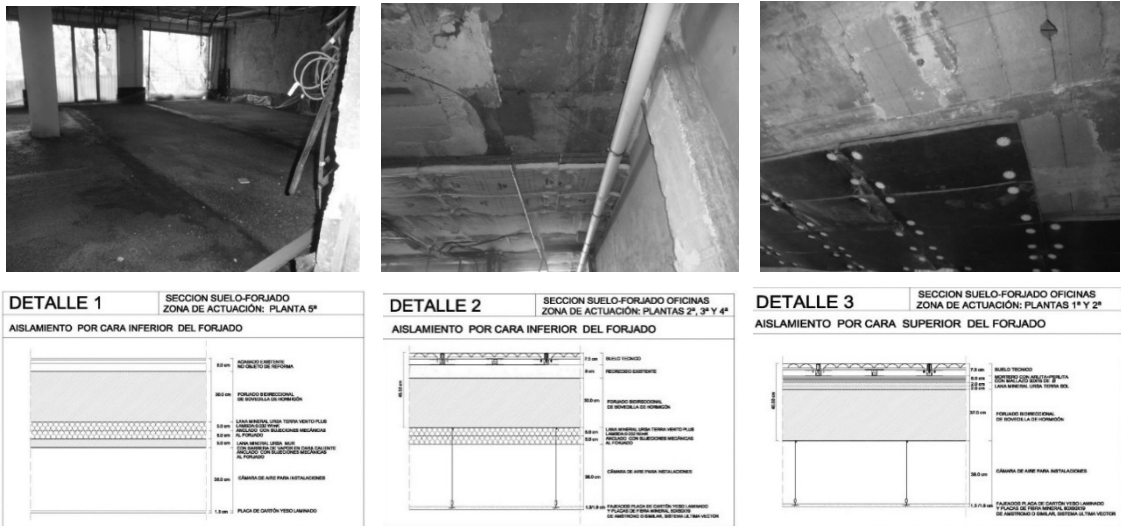


Figura 7. Detalles del aislamiento en suelos y falsos techos

**Fachadas y Forjados. Tratamiento de los puentes térmicos**

Puente térmico	Aislamiento
Puentes térmicos en fachada	Igual aislamiento que el resto de la fachada
Fronte de forjado	Aislamiento perimetral por encima y por debajo del forjado con 1 m de ancho.

Tabla III. Aislamiento en puentes térmicos



Figura 8. Detalles aislamiento en puentes térmicos de frente de forjado

**HUECOS**

- Perfiles de aleación de aluminio con tratamiento térmico.
- Hoja de 70 mm de espesor
- Permeabilidad al aire: Clase 4
- Estanqueidad al agua: Clase E750
- Resistencia al viento: Clase C5
- Coeficiente de transmisión térmica  $U = 1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

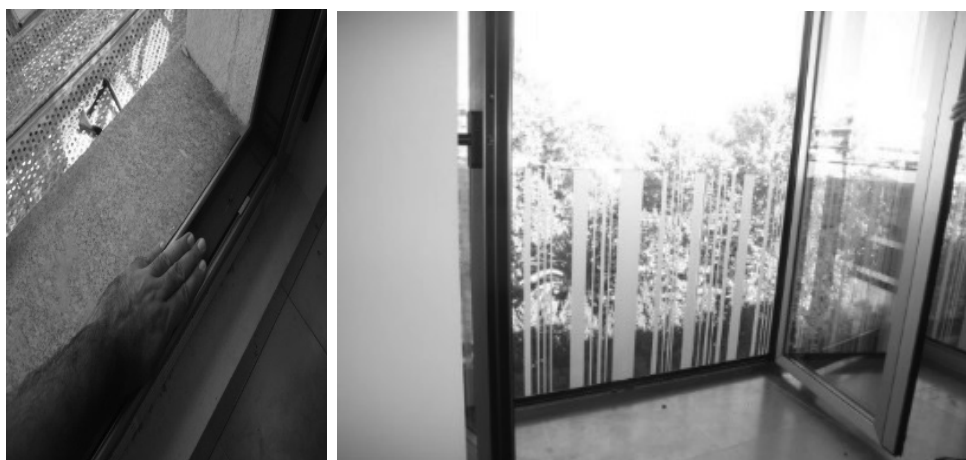


Figura 9. Detalles de ventana y carpintería

## INSTALACIONES

- Equipos de alumbrado mediante LED.
- Detectores de presencia y autorregulación en la intensidad.
- Motores con control electrónico para optimizar consumos con variadores de frecuencia
- Energía solar fotovoltaica
- Instalación solar térmica con acumulación individualizada para cada oficina y zonas comunes mediante acumuladores de 50 litros.
- Climatización con sistema VRF con alto rendimiento. Control individualizado de las unidades interiores para facilitar la compartimentación de las oficinas.
- Ventilación mediante recuperador de energía sensible con ventiladores de alta eficiencia plug-fan y bajo consumo. Extracción de garajes temporizada a través de las centrales de monóxido de carbono e incendios.

## CONCLUSIONES

	Superficie m2 considerados	Consumo energía primaria anual (kWh) por m2	Consumo energía final anual (kWh) por m2	Consumo energía primaria anual total (kWh)	Consumo energía final anual total (kWh)	Emisiones totales CO2 en kg	% de mejora del edificio frente al edificio sin reformar en energía final
<b>Edificio sin reformar</b>	2.400	223,20	85,70	535.680	205.680	133.559	100
<b>Edificio reformado</b>	2.400	59,10	22,70	141.840	54.480	3.597	73,51

Tabla IV. Comparativa estado inicial y estado final del edificio

El Ahorro Energético del edificio reformado frente al edificio previo es de un 73,5% en Energía Final Anual. La disminución de las emisiones de CO2 emitidas a la atmósfera es de un 73,51%

## AGRADECIMIENTOS

Ingeniería ATEI Consultores.

Estudio de arquitectura de Jose Manuel Granados Baño, Eduardo Gómez García e Inmaculada Díaz Hernández.

# DREAM PROJECT: METODOLOGÍAS ESTANDARIZADAS PARA LA REHABILITACIÓN CON CRITERIOS EECN DE EDIFICIOS RESIDENCIALES

**Ángel Luis Teso Alonso**, Director de Desarrollo, Everis Ingeniería (Exeleria) - NTT Data Company

**Resumen:** Las aproximaciones actuales a la rehabilitación energética de edificios residenciales no están utilizando una perspectiva integrada de los diferentes sistemas energéticos que pueden intervenir en ellas, ni se está utilizando todo el potencial de posibles interacciones entre múltiples edificios, escalas y configuraciones. La aproximación propuesta por DREAM puede contribuir a un ahorro adicional de un 30% de energía primaria sobre el 45-55% actualmente ahorrado por las rehabilitaciones energéticas convencionales. La utilización racional de estas metodologías podría suponer un ahorro total de 225 kwh/m<sup>2</sup>.año de energía primaria consumida en el edificio. Las empresas participantes en el Proyecto son: SINCEO2, EXELERIA, WUPPERTAL INSTITUTE, OPENDOMO, NAPE ENERGY, EURHONET, SAVILLS, BAX&WILLEMS, SP TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN, LANDSKRONAHAM, ATER TREVISO, PLACES FOR PEOPLE, CHALMERS University.

**Palabras clave:** EECN, Rehabilitación, Tecnologías, Envolverte, Aislamiento, EST, EFV, Micro Eólica, Cogeneración, Bomba de Calor Geotérmica

## DREAM PROJECT. H2020-EEB-2015 ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS (680511)

### Introducción y Presentación del Proyecto

El proyecto DREAM (DEMONSTRATING AN INTEGRATED RENOVATION APPROACH FOR ENERGY EFFICIENCY AT THE MULTI-BUILDING SCALE) tiene como objetivo demostrar la replicabilidad de los enfoques de rehabilitación de edificios residenciales de viviendas sociales o protegidas para lograr edificios residenciales de energía neta casi nula logrando una reducción de la demanda total del 75% de la energía neta. Los enfoques actuales de rehabilitación residenciales no están utilizando una perspectiva de sistemas integrados ni están considerando adecuadamente el espectro de posibles interacciones entre los tamaños de construcción, escalas y configuraciones. Esto es un obstáculo para la iniciación y la consecución de proyectos de rehabilitación con metodologías estándar replicables.

Los enfoques predominantes en rehabilitación se centran en mejoras a nivel de la construcción, tales como el aislamiento y sistemas de calefacción / refrigeración de alta eficiencia, que de manera rentable pueden llegar a reducir la demanda de Energía Total Neta en un 45-55%. Esta vía no se espera que alcance la categoría de Edificios Cercanos a la NZEB porque las cantidades de energía renovable aportada (RES) no suele ser rentable en la escala de construcción individual. Una gran oportunidad que quiere explorar DREAM radica en el hecho de que la mayoría de los proyectos de rehabilitación de viviendas públicas se llevan a cabo en un ámbito de edificios o de bloques de similar edad y características técnicas.

Por otra parte, los enfoques de Sistemas Energéticos innovadores basados en las interconexiones de las tecnologías de generación de energía que llegan a ser rentables en escala de multi-edificios se pueden utilizar para reducir la brecha de rentabilidad entre la aplicación de energías renovables a nivel individual y a nivel de múltiples edificios. En particular, los sistemas de gestión de energía del edificio basados en las TIC (BMS) que utilizan algoritmos de aprendizaje, pueden proporcionar un gran avance extra en la optimización de los sistemas interconectados de renovables dentro del mercado residencial multi-edificios. El enfoque propuesto por DREAM podría contribuir a generar una reducción adicional de un 30% en la demanda de energía fósil (primaria), añadido al 45-55% en la actualidad logrado por las rehabilitaciones energéticas del mercado convencionales (hablamos a nivel europeo).



Para un proyecto de rehabilitación europea típico que considerase un edificio residencial construido antes de 1970 con un enfoque de renovación integral y que equilibre de forma óptima la eficiencia energética (EE) con las medidas de suministro de energía renovables (RES) podría lograr una reducción NED del 75%, lo que equivaldría a 225 kWh / m<sup>2</sup> año menos de energía primaria consumida por edificio, o lo que es lo mismo 7,09 TWh / año en toda la vivienda social y pública europea teniendo en cuenta las tasas de renovación anuales en el sector.

DREEAM es una gran iniciativa integrada por un consorcio de la industria e impulsada por expertos en sistemas de energía renovable (3C Pre, SinCO<sub>2</sub>, SAVILLS), la ingeniería en renovación de edificios (EXELERIA, SP), Expertos en el entorno (Chalmers, NAPE), expertos financieros en energía (EnergyP), y las redes europeas (EURH, WI). Está incorporado al H2020 dentro de la iniciativa EeB-2015 Energy Efficient Buildings (680511) con un presupuesto total de 8Mm de Euros y una duración de 4 años.

Actualmente estamos finalizando el primer semestre de ejecución.

## Alcance del Proyecto

DREEAM se centrará en demostrar este enfoque (el potencial de reducción de consumo de energía neta en proyectos de rehabilitación a nivel de múltiples edificios), en los edificios de vivienda pública y social debido al elevado potencial de reducción NED y a su replicabilidad debido a la propia estructura de las propiedades de estos inmuebles basadas habitualmente en una única propiedad individual (el estado o la autoridad local competente) con capacidad para intervenir. Este sector supone el 5% de la demanda total de energía de la UE, el 12% de la edificación residencial total de la UE, y presenta una oportunidad única para una rápida replicación. Además, representa un sector en el que la replicabilidad en los enfoques NZEB contribuiría significativamente a los objetivos de ahorro de energía H2020 de la UE. Al mismo tiempo, puede suponer un fuerte efecto demostrativo sobre el resto de edificios residenciales.

Una barrera clave para alcanzar los estándares NZEB es el limitado potencial para la integración, de forma económicamente viable, de renovables a escala del edificio. Los enfoques individuales de renovación a nivel del edificio no conducirán a soluciones rentables y NZEB replicables. Los enfoques a nivel de distrito (donde 'Distrito' podría tener diversos significados, ya que no hay una definición clara), aunque han llegado a balances de electricidad positiva, en general no han alcanzado las normas NZEB. Estos proyectos se basan en inversiones a gran escala en RES como la calefacción urbana, con la participación de numerosos decisores y la integración de sistemas complejos. Este enfoque conduce a soluciones altamente personalizadas con baja replicabilidad y poca aceptación, sobre todo en proyectos de rehabilitación residenciales. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar un enfoque sistémico que permita el diseño y operación (social, económico, técnico, etc.) de un paquete de actuaciones rentables y un paquete de soluciones replicables para equilibrar EE-RES y alcanzar los estándares de la NZEB en una perspectiva multi-edificio.

Si bien muchas de las tecnologías que pudieran ser consideradas soluciones rentables están disponibles en el mercado, no han sido puestas a prueba en los entornos de la vida real y no existe el enfoque integrado para los segmentos de mercado objetivo.

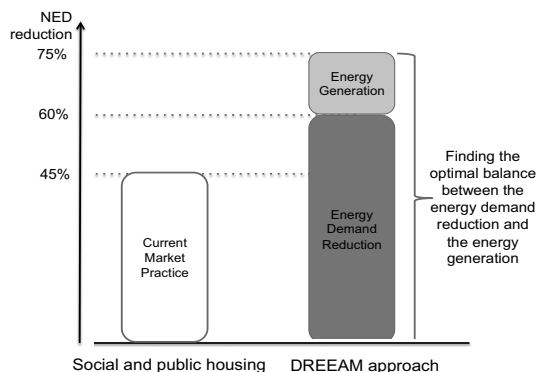
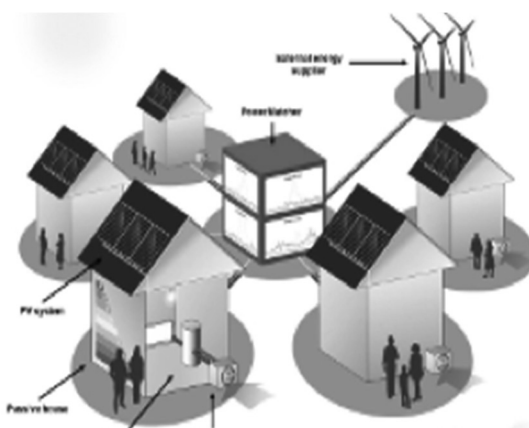


Figura 1. Metodología DREEAM para un 75% NED reducción

## Objetivos del Proyecto

***Demostrar que se pueden configurar paquetes de soluciones rentables que logren la reducción NED de al menos 75% en 3 lugares de Europa***

Las rehabilitaciones energéticas en profundidad que alcanzan más de un 75% NED no son económicamente viables utilizando como único enfoque medidas de reducción de la demanda de energía (EE). Con el fin de lograr de manera rentable este tipo de objetivos de reducción de la NED, es esencial tener en cuenta los sistemas de energía del edificio y el equilibrio entre la aplicación de generación de energía renovable (RES) y las medidas de reducción de la demanda. El óptimo de este equilibrio se encuentra cuando se consideran varios edificios porque los sistemas de generación y almacenamiento renovables tienen un impacto máximo en términos de factor de capacidad de energía en comparación con los costos de implementación. El enfoque de varios edificios además permite la consideración de sistemas flexibles que son capaces de interactuar con las redes de distrito 'inteligentes' por ejemplo.



*Figura 2. Concepto DREEAM: Aproximaciones Replicables para alcanzar Edificios de Energía Casi Nula en la Rehabilitación de Edificios Residenciales a través de estrategias multi-edificio y propietarios únicos.*

***Estimular y aumentar el número de proyectos de renovación de varios edificios a escala europea***

El enfoque de DREEAM y los paquetes de soluciones previstos se pondrán a prueba en proyectos de rehabilitación para múltiples edificios bajo propiedad única, en particular, la vivienda social y pública. El pilotaje de este usuario final (el Estado) permitirá confirmar la replicabilidad dentro de las limitaciones económicas, sociales y legales en tres países de diferentes condiciones climáticas (Italia, Reino Unido, Suecia). Este segmento de mercado representa el 12% de los edificios europeos total y permite dotar al proyecto de credibilidad para oportunidades de repetición en toda la UE.

***Sensibilización eficaz y Compromiso de los Decisores***

Los programas de rehabilitación actuales en el ámbito de la vivienda social y pública habitualmente aportan soluciones constructivas económicas y sistemas energéticos básicos. Tales programas de rehabilitación a menudo no se centran en mejorar el rendimiento energético del edificio. Hay una fuerte necesidad de trabajar con los promotores de proyectos de viviendas públicas sociales y decisores para aumentar la ambición de sus programas de rehabilitación para incluir la eficiencia energética como parte de su agenda. Del mismo modo, con el fin de ofrecer soluciones en línea con las mejores prácticas en los diseños de los sistemas integrados de energía existe una necesidad de involucrar a trabajadores y contratistas muy cualificados.

## Metodología del Proyecto

### Objetivo 1

DREEAM demostrará que los sistemas innovadores interconectados de generación de energía en los que se combinan la reducción de la demanda de energía, la Generación y Tecnologías de almacenamiento, pueden formar paquetes rentables en la escala de varios edificios. Además, DREEAM desplegará TIC avanzadas en forma de sistemas de gestión de edificios basados en la nube que utilizan algoritmos de “aprendizaje” para optimizar el rendimiento de sistemas de energía y maximizar la flexibilidad con respecto a las redes eléctricas y de calor. Las actividades se desarrollarán en tres regiones europeas con el fin de reflejar la diversidad y el impacto sobre el clima, culturas y diferencias institucionales.

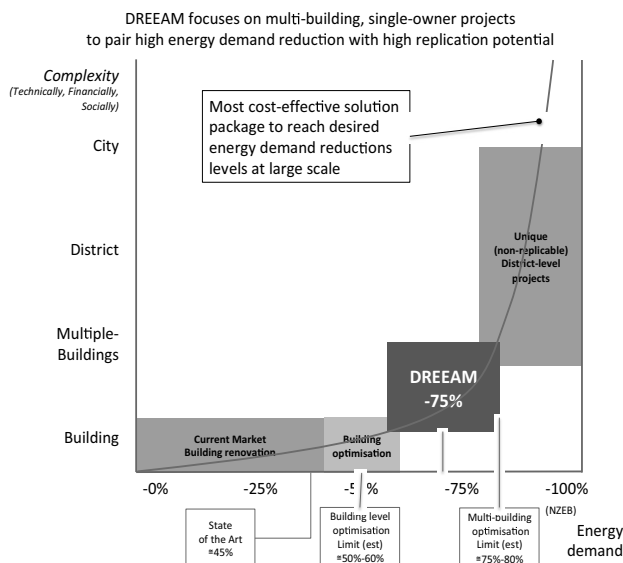


Figura 3. Relación entre la escala y el coste-beneficio de las tecnologías de rehabilitación

### Objetivo 2

DREEAM trabajará con socios como empresas de construcción de viviendas para desarrollar casos de éxito para la replicación en su stock de edificios (en total más de 160.000 viviendas). Por otra parte, DREEAM trabajará con 15 ciudades / empresas propietarias de vivienda social que prevén rehabilitaciones a gran escala de varios barrios para replicar su enfoque. La escala de las pruebas de replicación del proyecto ayudará a validar el enfoque en diversas circunstancias. Además, estos proyectos evaluados en etapas tempranas ayudarán a poner en marcha su replicación generalizada a nivel de la UE.

### Objetivo 3

En toda Europa existen muchas empresas de rehabilitación especializadas que se centran en la eficiencia energética pueden ser consideradas PYME y por lo general están trabajando a nivel local debido al conocimiento regional especializado necesario para entender los diseños de renovación que se aplican a la construcción, el clima y el entorno normativo. La aplicación de DREEAM asegurará que los expertos del proyecto trabajarán con los operadores locales, decisores y contratistas para transferir el conocimiento, además de organizar eventos de sensibilización específica en toda Europa.

## Resultados Esperados del Proyecto

Impacto esperado	Contribución Directa de DREEAM
Demostrar soluciones de rehabilitación innovadoras como casos reales de NZBE replicables.	DREEAM mostrará paquetes de soluciones integrados y rentables en una escala multi-edificio, en vivienda social y pública de propiedad estatal construidas en los años 60 y 70, que logren un 75% de reducción de la Energía Demandada Neta (Energía Primaria). El proyecto se realizará en 3 localizaciones diferentes en Europa (Italia, Suecia y Reino Unido).
Reducción de al menos un 60% del consume de energía (EDR) comparado con los valores antes de la Rehabilitación, asegurando la capacidad para la inversión.	Una combinación de Eficiencia Energética (EE) y sistemas de generación de energía renovable (REG) innovadores que aproximen al cumplimiento de los NZBE standars (mínimo 60% EDR + 15% REG) serán elegidos y demostrados en 3 pilotos (332 viviendas en total) en Italia, Suecia y UK. La energía consumida en los 3 casos piloto será reducida al menos un 60%.
El retorno de la inversión deberá ser menor a 7 años en el caso de Rehabilitaciones energéticas en profundidad.	La aplicación de DREEAM dará como resultado un ROI superior al 30%, reduciendo el pay-back hasta 7 años (en el largo plazo) en el caso de rehabilitaciones en profundidad, mediante: i) Elección de los mejores edificios para rehabilitar de cada portfolio (socios empresas y propietarios), ii) aplicando las mejores medidas de Reducción de la demanda mediante LCC, iii) integrando el balance óptimo de REG y su incorporación a BMS's, iv) siguiendo una estrategia apropiada de compromiso de los propietarios y v) aplicando los modelos financieros más adecuados.
Demostrar una alta replicabilidad potencial del proyecto.	El proyecto se orienta a multi edificios a rehabilitar con una propiedad única, representativos de los edificios sociales y públicos del sector que constituyen el 12% de los edificios europeos residenciales. Los pilotos son altamente representativos del stock residencial (1.836.000 edificios muy similares en los respectivos países).
Formar a una nueva generación de trabajadores cualificados y de pequeñas y medianas empresas contratistas especializadas y concienciadas de esta nueva aproximación a la rehabilitación energética de edificios.	DREEAM intentará llegar al 60% de los promotores de vivienda social y pública de la UE dentro de la duración del Proyecto e informará a unas 200 SME y sus trabajadores de los beneficios de DREEAM. Esto se logrará mediante acciones de diseminación (soportadas por EU networks EURHONET, Climate KIC via WUPPERTAL Institute and Chalmers, and Energy Cities) y programas de formación y training desarrollados y aplicados por los partners del proyecto como Exeleria, SP.

Tabla I. Resultados del Proyecto

## Socios



Figura 4. Socios principales del proyecto y Localización de los Pilotos

## REFERENCIAS

- Common barriers and challenges in current NZEB practice in Europe, D1.1 ZenN Nearly Zero energy Neighbourhoods, 2013
- Zietara, P., Bastiaanssen, R., Quistgaard, L. BEEM-UP Building Energy Efficiency for Massive market Uptake, Booklet, FP7 Project 2010-2014
- Ostermeyer Y, Wallbaum H. Reuter, F. Multidimensional Pareto optimization as an approach for site-specific building refurbishment solutions applicable for life cycle sustainability assessment, International Journal of Life cycle assesment, 2013
- Morbiducci, R., Vite, C., Applications of a methodology for a sustainable requalification project, Architectural Research through to Practice: 48th International Conference of the Architectural Science Association 2014
- TABULA and EPISCOPE projects, Intelligent Energy Europe, 2014
- BPIE, Data Hub for the Energy Performance of Buildings, 2014 IEA, Sustainable Buildings Centre, Building Energy Efficiency Policies, 2014

# OPTEEMAL: UNA HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE REHABILITACIÓN DE ÁREAS URBANAS HACIA DISTRITOS DE ENERGÍA CASI NULA

**Miguel Á. García-Fuentes**, Coordinador Proyecto OptEEmAL, Fundación CARTIF

**Gema Hernández**, Investigadora, Fundación CARTIF

**Víctor Iván Serna**, Investigador, Fundación CARTIF

**Julia M<sup>a</sup> Vicente**, Investigadora, Fundación CARTIF

**Resumen:** El diseño de proyectos de rehabilitación de distritos y edificios para hacerlos más eficientes desde el punto de vista energético y de recursos debe involucrar a todos los actores implicados en la cadena de valor en un proceso colaborativo que permita el desarrollo de soluciones económicamente sostenibles. El proyecto OptEEmAL está enfocado a desarrollar una plataforma de diseño de proyectos de rehabilitación energética a nivel de distrito. Proporcionará un diseño sistemático, integrado y optimizado basado en un enfoque de tipo IPD, reduciendo el tiempo de desarrollo de los mismos y las incertidumbres asociadas al proceso, resultando en mejores soluciones cuando se comparan con las prácticas habituales en el negocio, contribuyendo así al diseño de rehabilitaciones eficientes en el uso de energía y recursos a nivel de distrito y también de edificio.

**Palabras clave:** Rehabilitación, Diseño, Distrito, Eficiencia Energética, Indicadores, Simulación, BIM, Medidas de Conservación de la Energía, IPD

## INTRODUCCIÓN

OptEEmAL es un proyecto financiado por la Unión Europea dentro del programa marco H2020 cuyo principal objetivo es el desarrollo de una herramienta para el diseño de proyectos de rehabilitación energética a nivel distrito.

La plataforma OptEEmAL está compuesta de diversos módulos que garantizan su funcionamiento, pero se asienta sobre ciertos pilares fundamentales que se definen a continuación, a saber: fomentar el uso de BIM (Building Information Modeling) y de estrategias de colaboración de todos los agentes involucrados en el proceso, como el IPD (Integrated Project Delivery), la implementación de un catálogo de medidas de conservación de la energía a nivel de edificio y distrito y la evaluación multi-objetivo a través de indicadores específicos para distrito, DPls por sus siglas en inglés (District Performance Indicators) en los ámbitos de energía, confort, coste y aspectos sociales, ambientales y urbanos.

## Implementación de la aproximación IPD

El Integrated Project Delivery se asienta sobre principios de respeto y confianza entre los participantes, la consecución de un beneficio mutuo, innovación colaborativa y toma de decisiones en común, implicación de los participantes principales desde un primer momento, establecimiento temprano de objetivos, planificación intensiva, comunicación abierta, tecnología apropiada, organización y liderazgo.

Con la implantación de esta metodología se consigue un mayor conocimiento por parte de todos los participantes en el proyecto constructivo y se reorganizan las fases del mismo, comenzando todas ellas en un punto anterior a lo que suele ser habitual. Esto garantiza que no se realicen cambios en el proyecto en fases posteriores, consiguiendo reducir los numerosos gastos que estas modificaciones conllevan, además de fomentar un mayor intercambio de información entre los participantes.

OptEEmAL propone una integración de esta aproximación en la forma de comunicarse e informar a los distintos participantes dentro de la fase de diseño de proyectos de rehabilitación integrales a nivel de distrito. La plataforma se asegurará de ofrecer las funcionalidades necesarias para cada una de estos actores en forma de interfaces para la entrada o salida de datos, así como la visualización de las

alternativas tanto en forma de evaluación de indicadores como visualización 3D del aspecto del distrito bajo las diferentes alternativas.

## Método basado en BIM

El uso de una aproximación IPD para la gestión de las comunicaciones entre los participantes y la estructura del proceso constructivo encaja dentro de la estructura colaborativa propuesta en el universo BIM. Este sistema de gestión de la información permite tener un control del edificio o elemento a construir durante todas las fases de su desarrollo y durante el ciclo de vida de edificio. La información se recoge en los distintos elementos paramétricos que componen el edificio y que contienen información semántica, siendo estos además editables de forma sencilla.

Aunque este sistema viene desarrollándose desde hace unos años, hoy en día no se ha conseguido una sólida implantación ni un uso habitual de este proceso. Sin embargo, este método de trabajo permitirá aumentar la productividad del sector de la construcción, así como la calidad y transparencia de la información, lo que hace que incluso a nivel normativo se esté trabajando en regular su implementación en un futuro próximo. Establecer esta adaptación de la normativa para el empleo generalizado del BIM se encuentra ya dentro de la hoja de ruta de los estados miembros de la Unión Europea.

Con BIM, la interacción entre los distintos participantes en el proceso constructivo está garantizada, permitiendo incluir información de cada tipo de disciplina en un mismo archivo y comprobando su adecuada interrelación, además de poder recoger la información e inteligencia necesaria para poder llevar a cabo un seguimiento después de su construcción.

Por su parte, OptEEmAL requerirá como dato de entrada para su funcionamiento información generada a través de métodos BIM y exportados siguiendo formatos de intercambio de datos estándares (como IFC, CityGML, etc.) fomentando de esta manera el necesario cambio hacia esta eficiente forma de proceder en el ámbito de la construcción.

## Catálogo de Medidas de Conservación de la Energía

La plataforma OptEEmAL generará y evaluará posibles escenarios de rehabilitación basados en la aplicación de una serie de medidas de conservación de la energía que podrán ser tanto convencionales como innovadoras. Dichas medidas estarán recogidas en un catálogo de acuerdo a un modelo de datos basado en estándares (como IFC o CityGML) que será consultado por la plataforma OptEEmAL en distintas fases del proyecto de diseño para obtener la información necesaria.

Las soluciones incluidas este catálogo serán tanto de tipo pasivo (mejoras de la envolvente, cambio de ventanas), como de tipo activo (relativas a los sistemas de generación de energía, energías renovables o estrategias de control) y se aplicarán tanto a nivel de edificio como a nivel de distrito. Las medidas podrán ser soluciones genéricas con valores establecidos por defecto o soluciones específicas proporcionadas por casas comerciales.

Todas estas soluciones serán almacenadas en formato BIM, de modo que su implementación en el BIM original introducido por el usuario pueda ser posible mediante un proceso de adaptación que deberá ser supervisado por el usuario.

## Evaluación a través de indicadores de comportamiento de distrito (DPIs)

Los DPIs, o indicadores de rendimiento a nivel distrito, son indicadores empleados para la evaluación del distrito siguiendo distintos parámetros. OptEEmAL está basado en seis categorías principales para esta evaluación: energéticos, de confort, medioambientales, económicos, sociales y urbanos. Tanto la evaluación como optimización de las diferentes alternativas de diseño, que permitirán el diseño óptimo de las alternativas, se basa en el cálculo de estos indicadores a través de diferentes herramientas de simulación tanto energética como de cálculo de costes, aspectos ambientales, etc., donde el compromiso

entre el tiempo de computación y la precisión de los resultados necesaria se convierte en un elemento clave del desarrollo.

Tanto los cálculos de estos indicadores como los algoritmos de optimización que se están implementando se basan en la integración de los intereses de todos los actores involucrados en el proceso, de forma que se asegure que la implementación del proceso colaborativo es capaz de reflejar los objetivos de cada uno de estos agentes.

## LA PLATAFORMA OPTEEEMAL

### Qué es OptEEemAL

OptEEemAL es una plataforma para el diseño de proyectos de rehabilitación energética a nivel distrito. Trabajando con los datos de entrada proporcionados por el usuario (BIM, CityGML, datos contextuales y de proyecto) la plataforma evaluará mediante unos indicadores el rendimiento energético del distrito (entre otros). Se propondrán diversas soluciones para su rehabilitación, aplicando medidas de conservación de la energía (tanto pasivas como activas o de control), recogidas en un catálogo, y se mostrarán al usuario las mejores soluciones obtenidas como resultado del proceso de optimización llevado a cabo en la plataforma, es decir, aquellas soluciones que ofrezcan mejores resultados de la evaluación de los indicadores. Como resultado del proceso el usuario obtendrá información detallada, de acuerdo a diferentes estándares de intercambio de información, del proyecto de rehabilitación seleccionado, con un alto nivel de precisión.

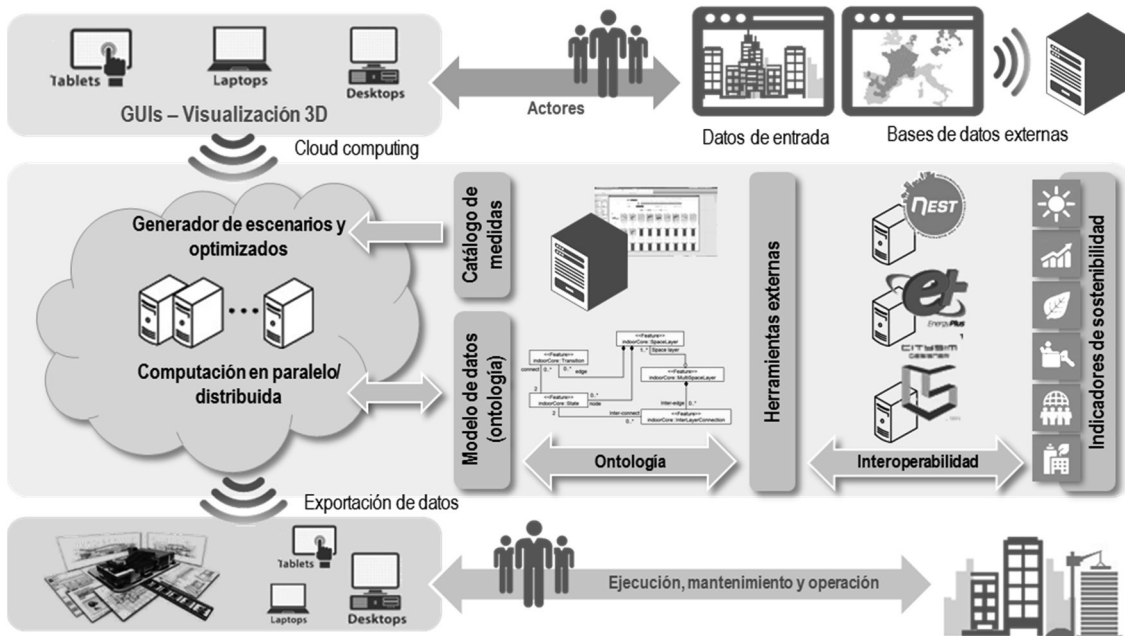


Figura 1. Esquema de funcionamiento de OptEEemAL

Tal y como muestra el esquema de funcionamiento, la evaluación que permite seleccionar el proyecto óptimo de rehabilitación se basa en un diagnóstico del estado actual del distrito (en base a los indicadores de rendimiento), y a la generación automática de diferentes alternativas de implementación de medidas (cuya información estará almacenada en el catálogo de medidas de conservación de la energía). El intercambio de datos necesario para asegurar la interoperabilidad interna entre los datos que maneja la plataforma y las diferentes herramientas de evaluación y optimización se basa en un modelo de datos enriquecido semánticamente, donde a través de la integración de diferentes estándares de datos (como IFC para información de los edificios, CityGML para la información de distrito y diferentes datos



contextuales siguiendo un modelo de datos basado en ontologías), de forma que el modelo de datos (que también rige el desarrollo del catálogo de medidas de conservación de la energía) se convierte en el elemento de unión entre todos los componentes de la herramienta.

## Cómo funciona OptEEmAL

El proceso dentro de la herramienta OptEEmAL se describe a continuación y se podría dividir en siete fases: introducción de datos, cálculo de DPIs, consulta del catálogo de medidas de conservación de la energía (ECMs o Energy Conservation Measures), comprobación de estrategias, generación de escenarios y optimización, generación del BIM modificado y exportación de datos.

- 1. Introducción de datos:** en esta primera fase se introducirán datos correspondientes a cuatro categorías principales: datos de contexto, datos de configuración del proyecto, información de distrito e información relativa al edificio. Esta recopilación de datos se llevará a cabo de forma automática o de forma manual por parte del usuario.

Los datos imprescindibles para el funcionamiento de la plataforma son los archivos en formato IFC y CityGML, que habrán sido modelados siguiendo unas determinadas pautas. Estos contendrán la información geométrica y constructiva necesaria y la relación existente entre los edificios.

Otros datos que también tienen especial relevancia para llevar a cabo el proceso en OptEEmAL son los que tienen que ver con los objetivos de los usuarios y barreras para la instalación de tecnologías en el distrito.

Entre los datos que se recopilan de forma automática se encuentran la información relativa al clima y a los precios de la energía. Estos se conseguirán a través de la consulta de bases de datos asociadas a la localización del proyecto.

- 2. Cálculo de DPIs:** después de haber introducido toda la información necesaria en el sistema, se invocarán herramientas externas que permitan el cálculo de los indicadores de las seis categorías anteriormente indicadas. Se obtendrán así unos indicadores de diagnóstico, que evalúan la situación inicial, e indicadores asociados a cada escenario que la plataforma genere, pudiendo así comparar entre ellos e identificar el escenario que mejores resultados arroje. Después del cálculo de los indicadores de diagnóstico, se mostrarán al usuario para comprobar si los objetivos que había establecido anteriormente se mantienen o desea editarlos.
- 3. Consulta del catálogo:** tras haber calculado los DPIs de diagnóstico, y sabiendo cuáles son los objetivos generales y barreras que existen para la aplicación de diversas medidas de conservación de la energía, la plataforma consulta el catálogo para conseguir las medidas que podrían ser de aplicación en el distrito.
- 4. Comprobación de estrategias:** las estrategias seleccionadas del catálogo se mostrarán al usuario con el fin de que éste pueda rechazar aquellas que, por cualquier motivo, no pueda incluir y que no hayan sido filtradas por las barreras que había establecido en un principio. Con lo que se consigue también reducir el número posible de combinaciones que pueda crear la plataforma.
- 5. Generación de escenarios y optimización:** una vez validadas las estrategias del catálogo con las cuales puede trabajar OptEEmAL se generarán distintos escenarios, que consisten en la aplicación en el modelo base de una o varias medidas de conservación de la energía.

Para cada uno de estos escenarios se calcularán los valores de DPIs, que se compararán con el escenario base y también entre ellos para, mediante el proceso de optimización iterativo, poder seleccionar los mejores escenarios posibles. Estos serán mostrados al usuario con el objetivo de que seleccione el que mejor satisfaga sus criterios.

- 6. Generación del BIM modificado:** habiendo seleccionado el usuario el mejor escenario se procederá a la generación del BIM modificado, que consiste en la aplicación en el IFC introducido por el usuario de las distintas medidas del catálogo empleadas, también en formato IFC.

Este proceso será realizado de forma automática en la medida de lo posible, aunque la supervisión por parte del usuario será necesaria para garantizar la correcta implementación de las nuevas medidas.

- 7. Exportación de datos:** al final del proceso se obtendrán diversos tipos de datos necesarios para la realización del proyecto de rehabilitación. Entre ellos destacan el archivo IFC modificado (con las medidas de conservación de la energía implementadas), informes acerca de las medidas a implementar y otros datos complementarios que sean de utilidad.

En la plataforma OptEEmAL existen numerosos puntos donde la interacción con el usuario es necesaria, por una parte, debido a la implementación de la estrategia IPD y por otra, para garantizar el adecuado funcionamiento de la plataforma. En estas interacciones se informa al usuario de las operaciones llevadas a cabo, como se pide su validación de distintos procesos. De hecho, en cada una de las fases descritas anteriormente siempre existe alguna parte donde el usuario ha de interactuar con la plataforma: introduciendo datos, comprobando estrategias, cambiando o no sus objetivos, seleccionando el escenario óptimo, supervisando la generación del BIM modificado o exportando los datos.

## DEMOSTRACIONES

La plataforma OptEEmAL se validará, durante su desarrollo, a través de una estrategia de demostración basada en justificar el comportamiento de cada uno de los módulos de la herramienta en un primer nivel, la demostración de su operatividad y funcionamiento a través de un prototipo completo y, finalmente, la demostración real de su operación en casos de estudio en los que los potenciales usuarios finales la emplearán para el diseño de proyectos de rehabilitación a nivel de barrio.

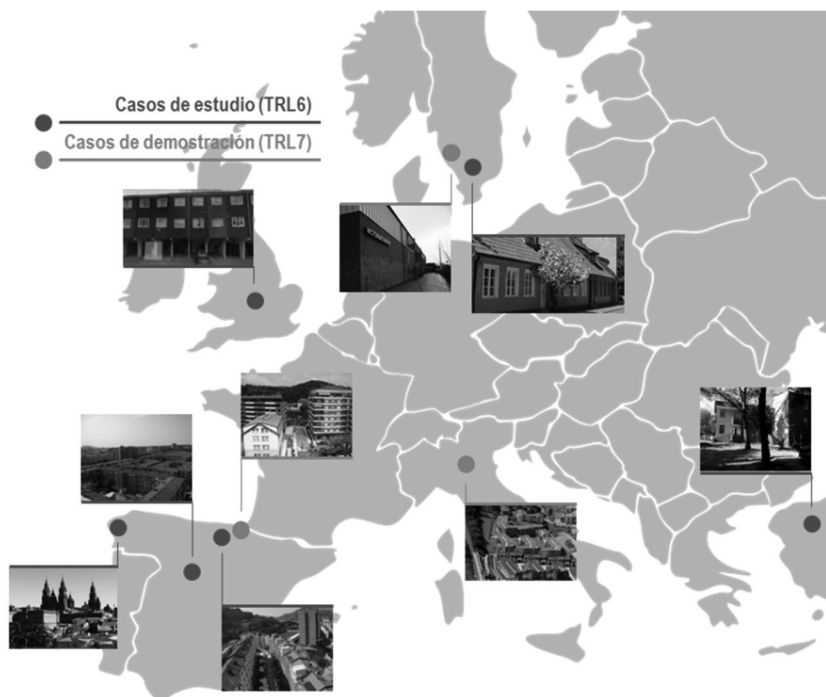


Figura 2. Localización de los casos de uso y demostración de OptEEmAL

La evaluación del prototipo cubrirá un amplio espectro de casos, lo que garantiza un buen funcionamiento de la plataforma bajo diferentes condiciones, tales como aspectos climáticos y distintas condiciones de

contorno (usos, tipologías de construcción, niveles de intervención, condiciones de conservación, existencia de barreras específicas, consideración de edificios como históricos, etc.).

Para la etapa final de demostración, el proyecto cuenta con la participación de tres entidades diferentes que realizan habitualmente diseño de proyectos de rehabilitación a nivel de distrito. Una municipalidad, un consorcio privado de oficinas técnicas y una empresa municipal serán los encargados de demostrar el rendimiento, la utilidad y la facilidad de utilización de la herramienta para el desarrollo de planes integrados de rehabilitación energéticamente eficiente de distrito mediante tres entornos reales, tres casos de demostración ya comprometidos con el proyecto: San Bartolomeo (Trento, Italia), Txomin Enea (San Sebastián, España) y Möllevången (Lund, Suecia).

Serán cubiertas, por tanto, una amplia gama de condiciones de contorno y también posibles mecanismos financieros que permitan evaluar el comportamiento de la plataforma OptEEmAL en un entorno de diseño operativo real.

## CONCLUSIONES

OptEEmAL proporcionará una plataforma sistémica para diseñar proyectos de rehabilitación de eficiencia energética a nivel de edificio y de distrito con un alto potencial de aplicación en toda Europa. Su objetivo será el de acelerar el despliegue de soluciones integradas plenamente cuantificados en términos de objetivos de rendimiento, acordes con la regulación y orientadas a cubrir las expectativas y las restricciones de los usuarios para mejorar significativamente la vida cotidiana de las Comunidades Europeas, y en paralelo aumentar la sostenibilidad de los edificios y mejorar la eficiencia energética y los recursos a la vez que reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las zonas urbanas.

Pueden lograrse amortizaciones rápidas de las inversiones iniciales gracias a las soluciones integrales mejoradas resultantes de la utilización de OptEEmAL, consiguiéndose un mejor diseño reduciendo el tiempo, las incertidumbres y las restricciones y mejorando la operación y mantenimiento de las zonas rehabilitadas. Todo esto da lugar a soluciones mejoradas en comparación con el enfoque de negocio tradicional.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha recibido fondos del Programa de Investigación e Innovación de la Unión Europea HORIZON 2020 bajo el acuerdo de subvención nº 680676. Toda la información relacionada con el proyecto OptEEmAL está disponible en la página web [www.opteemal-project.eu](http://www.opteemal-project.eu).

## REFERENCIAS

- Integrated Project Delivery: A Guide, American Institute of Architects, AIA California Council, Report, 2014.
- Sauer B. et Pedrola B. (2014), First survey of existing tools and methods supporting evaluation indicators for urban district retrofitting and renewal, ECODISTR-ICT project.
- Giannakis, G., Lilis, G. N., Kontes, G., Valmaseda, C., & Garcia-Fuentes, M. (2015). A methodology to automatically generate geometry inputs for energy performance simulation from IFC BIM models. IBSPA Conference, Hyderabad, India, (pp. 504-511).
- Sicilia, A., Leandro, M., & Pleguezuelos, J. (2014). Integrating multiple data sources, domains and tools in urban energy models using semantic technologies. ECPPM, Vienna, Austria, (pp. 837-844).

# METODOLOGÍA PARA LA REDACCIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE E INTEGRADO (EDUSI)

**Enrique Mínguez Martínez**, Arquitecto, Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM) & Universidad de Alicante (UA)

**María Vera Moure**, Arquitecto, Enrique Mínguez Arquitectos

**Diego Meseguer García**, Ingeniero de Edificación, Enrique Mínguez Arquitectos

**Resumen:** Actualmente más de dos tercios de la población europea se concentra en ciudades y siendo estas una pieza fundamental en la lucha contra el cambio climático y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, tal y como recoge el documento europeo Ciudades del Mañana. Por ello es necesario establecer estrategias que apoyándose en un análisis integral del entorno urbano permitan planificar las actuaciones que desencadenen los procesos de regeneración urbana, fomentando el consumo energético responsable. Para la materialización del cambio es preciso manejar los mecanismos de financiación europeos. La metodología planteada trabaja de forma simultánea ambos ámbitos, conformando una herramienta imprescindible para la regeneración urbana.

**Palabras clave:** Fondos Europeos, Gestión Integrada, Ciudades Sostenibles, Estrategia DUSI, Sistema de Polinúcleos Sostenibles (SPS)

## INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad urbana, tal y como se establece en el Programa Operativo de Crecimiento Sostenible 2014-2020 (POCS), debe garantizar una mejora duradera y a largo plazo de las condiciones sociales, económicas y ambientales de las ciudades. Para conseguir este objetivo se deben desarrollar estrategias coherentes, equilibradas y con una visión de largo plazo. Más allá de actuaciones específicas sobre ámbitos puntuales.

España actualmente ha experimentado un importante desarrollo demográfico alrededor de las ciudades, por lo que cualquier Operación integral que colabora en una evolución urbana orientada a la sostenibilidad supone la mejora en la calidad de vida de un porcentaje muy elevado de ciudadanos. *“Actualmente, la estructura urbana española está formada por áreas urbanas que representan el 81,6% de la población española y un 20,4% de la superficie”* (Comisión Europea, 2015b). Dada la repercusión y la “rentabilidad” que supone este tipo de políticas para el futuro europeo, las ciudades tienen una oportunidad de enfocarse hacia una verdadera sostenibilidad: social, ambiental y económica, aplicando estrategias integradas de renovación y regeneración urbana.

Los objetivos cuantificables planteados para España, para el año 2020 por el POCS son:

- La Reducción de las emisiones de GEI en los ámbitos de transporte, edificación y servicios en un 10% respecto de los valores del 2005.
- Fuentes renovables de energía para al menos el 20% del total del consumo.
- Una mejora de la eficiencia energética de un 20%.

Para lograrlo se proponen una serie de operaciones en distintos Ejes Temáticos, que de una manera coordinada consigan cambios a largo plazo en el comportamiento urbano como son El Eje 4: Economía Baja en Carbono, el Eje 12: Desarrollo Urbano integrado y Sostenible, el Eje 6: Calidad del agua y por último el Eje 7: Transporte Sostenible.

Dentro de cada uno de ellos se presentan una serie de retos (rehabilitación energética del parque de viviendas, infraestructuras y edificios públicos, el incremento de la eficiencia de las empresas, reducción de trayectos y emisiones del parque de vehículos motorizados, incremento de la presencia de energías renovables en usos térmicos, etc.). Pero por su carácter innovador e integrador sobresale sobre todas las

propuestas el desarrollo de Estrategias de Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado (EDUSI) para ciudades de más de 20.000 habitantes.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El artículo 7 FEDER define a las EDUSI como estrategias urbanas integradas que “... deben estar compuestas por acciones interrelacionadas que traten de mejorar de forma duradera la situación económica, medioambiental, climática, social y demográfica de una zona urbana” (Comisión Europea, 2105a). Pretende precisar de un modo claro, mediante un análisis integral de los distintos aspectos económicos, físicos, energéticos, demográficos o sociales, los retos, puntos fuertes, deficiencias y las oportunidades del ámbito, tal y como recomienda la Carta de Leipzig. Una vez establecidas las conclusiones de este análisis se debe planificar una estrategia de desarrollo eficiente y rentable (acciones indicativas, medidas, inversiones y operaciones).

Después de establecer las prioridades de actuación es fundamental seleccionar y calcular una serie de Indicadores estadísticamente validados que permitan cuantificar la eficacia de las actuaciones ejecutadas. Estos Indicadores (de resultado y productividad proporcionados por el POCS) se centran en evaluar, entre otros, la “(C034) Reducción anual estimada de gases efecto invernadero (GEI), (Toneladas equivalente de CO<sub>2</sub>/año)”, “(C030) Capacidad adicional para producir energía renovable (MW)”, “(E007) Capacidad adicional de producción y distribución de energía renovable para usos térmicos (Ktep/año)”, “(C032) Reducción del consumo anual de energía primaria en edificios públicos (kWh/año) o “(E016) Número de usuarios que están cubiertos por un determinado servicio público electrónico de Smart Cities (usuarios)”.

Finalmente, para garantizar la materialización de todos los objetivos se debe contar con la implicación de la ciudadanía. En innumerables ocasiones mejorar la sostenibilidad urbana supone un esfuerzo para el ciudadano, las acciones planteadas deben priorizar la comunicación. Todos los ciudadanos tienen su propia concepción de la ciudad y sus circunstancias, adaptándola a sus vidas de la manera más ventajosa para cada individuo. Si se busca implementar nuevos modelos de transporte, ahorro energético... es necesario vincular a los futuros usuarios para optimizar la inversión.



Figura 1. Una ciudad para cada ciudadano (Fuente: Elaboración propia)

## METODOLOGÍA

El tejido urbano está formado por múltiples elementos. Las relaciones entre ellos y sus características determinan la calidad del entorno urbano. Para conseguir un entorno urbano eficiente y el carácter integrador de las estrategias no basta con buscar valores óptimos en algunos indicadores de análisis de una manera independiente, es necesario estudiar la superposición de todos ellos, para determinar una imagen global del estado real de la ciudad. “La superposición debe ser, además, la correcta. Esto es particularmente importante, porque es muy tentador realizar planes donde la superposición se introduzca por la superposición misma. (...). Pero la superposición por sí sola no proporciona una estructura; debemos utilizar la superposición correcta” (Alexander, 1968).

Para alcanzar los retos de la sostenibilidad para las ciudades resulta imprescindible:

- Determinar cuáles son los indicadores con mayor repercusión en la transformación del ámbito.

- Indicar que estrategias son susceptibles de combinarse entre sí para aumentar su eficacia
- Ordenar la actuación de la forma más adecuada.
- Introducir los diferentes mecanismos que faciliten la simplificación, aumentando la eficacia de los procesos de implementación de las estrategias a desarrollar.

Por ello es necesario superponer estrategias e indicadores individuales de análisis, estableciendo conexiones entre ellos mediante una Matriz Compleja de Indicadores (figura 2) donde se puede observar como la Matriz desarrollada refleja todos los factores de influencia. La línea de relación aúna Concepto – Estrategia – Indicador valorando las interrelaciones entre ellos. Cuantas más líneas de conexión converjan en una estrategia determinada, en principio, más valiosa resulta para la regeneración eficiente de un entorno urbano. Rentabilizando y optimizando el gasto al invertir los recursos en las acciones de mayor repercusión urbana. Todo el proceso se basa en la precisión y calidad de los indicadores de análisis por lo que es conveniente usar siempre indicadores de fuentes contrastables y datos oficiales como son los Indicadores de la “Guía Metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano” redactados por Salvador Rueda (2012) para el Ministerio de Fomento.

Para complementar la actuación, existen estrategias vinculadas a la gestión y organización de los procesos de materialización, que resultando fundamentales, no tienen por qué relacionarse con los indicadores analizados. Priorizando estrategias como la integración de las nuevas tecnologías en la ciudad, al objeto de aumentar las vías de información bidireccional entre la ciudadanía y los diferentes servicios, mejorando la comunicación y optimizando el resto de medidas a implementar.

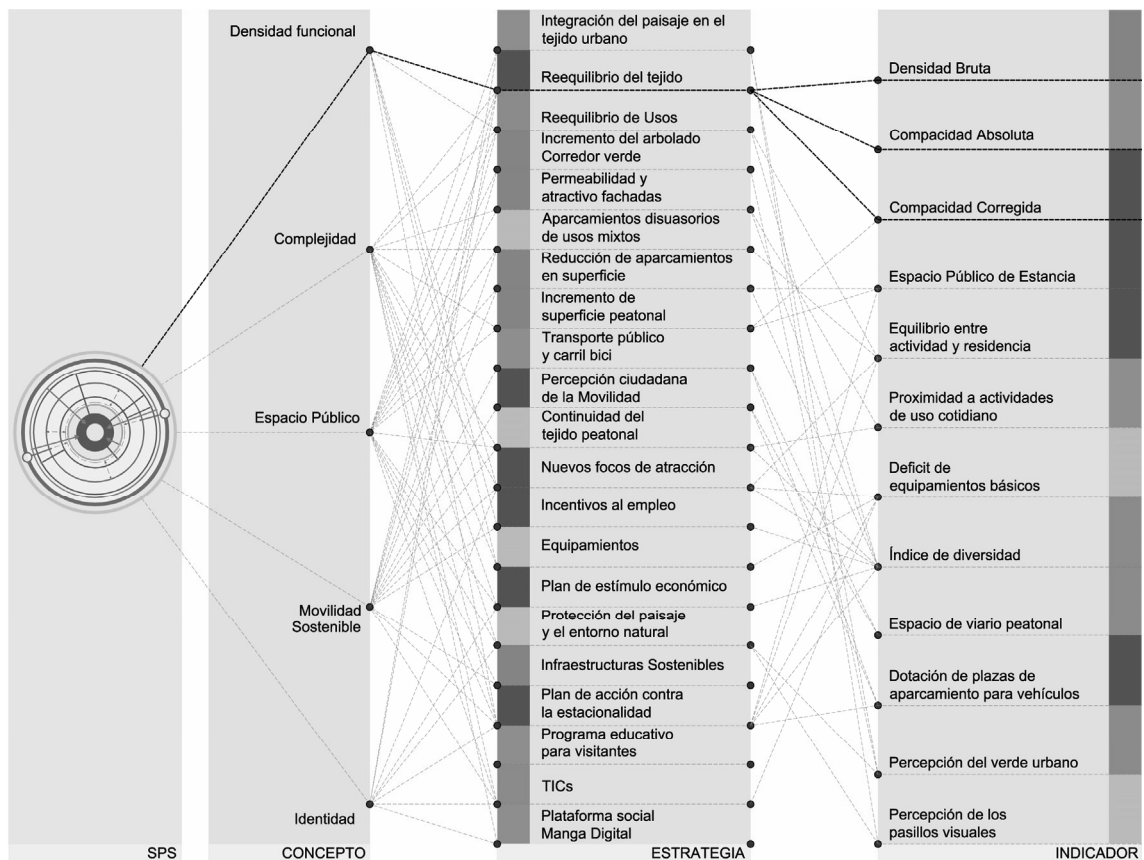


Figura 2. Ejemplo de Matriz Compleja de Indicadores (Fuente: Elaboración Propia)

Para que la EDUSI suponga un cambio hacia la sostenibilidad debe incluir metodologías de interconexión de estrategias que garanticen el carácter integral, complejo y justificativo. Apoyándose en el análisis

pormenorizado se identifican las necesidades del entorno, determinándose posteriormente las estrategias que pueden desencadenarlas y cuáles serán los resultados conseguidos, perfectamente cuantificables por los indicadores de resultado y productividad del POCS y el Anexo VIII (Indicadores EDUSI).

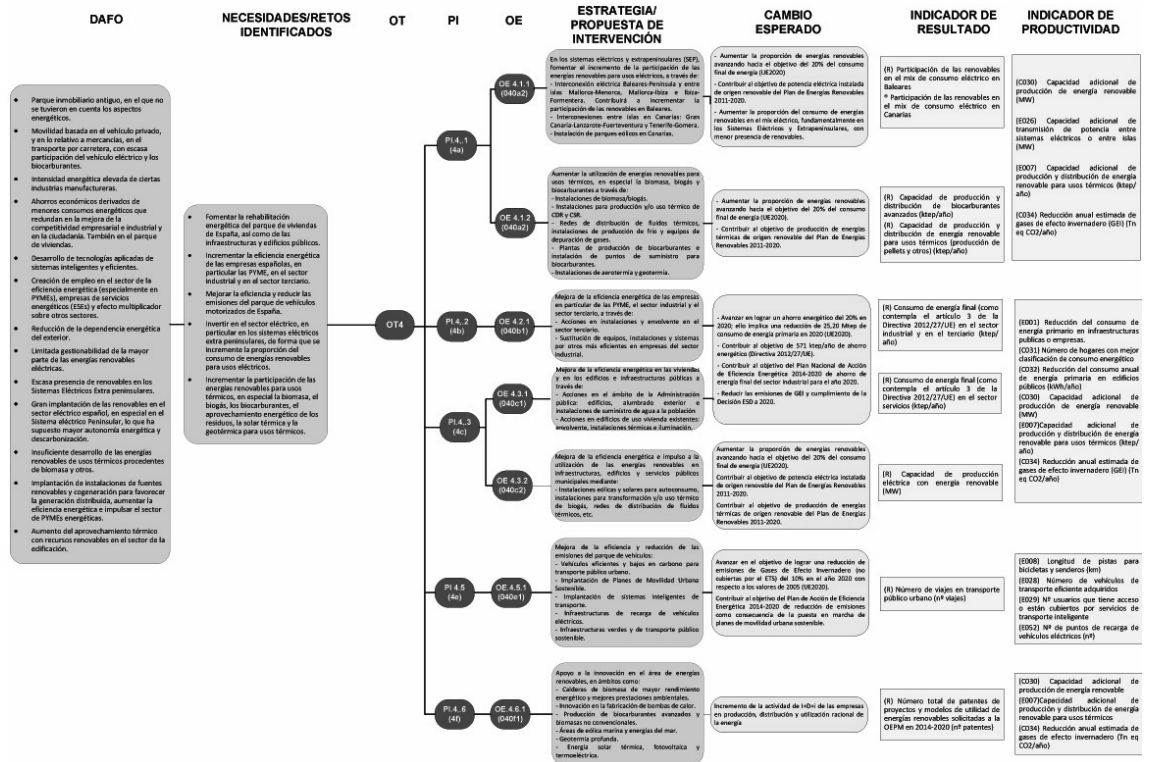


Figura 3. Ejemplo planteamiento integral Objetivo Temático 4 (Fuente: Dirección General de Fondos Comunitarios)

Para vertebrar la estructura “necesidades – estrategias – cambios esperados – cuantificación mediante indicadores” y determinar de un modo coherente la Matriz Compleja de Indicadores que permita una evolución hacia una ciudad eficiente, es primordial establecer cuál es el modelo urbano óptimo hacia el que deben dirigirse las estrategias de ahorro energético y sostenibilidad. Dentro de los retos que el POCS remarca destaca el “Incremento de la presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales que sufren algunas ciudades en España, en particular en relación con el consumo energético muy elevado, de origen predominantemente fósil y muy vinculado con el transporte, la movilidad y las necesidades del medio urbano construido (edificios y viviendas)” (Comisión Europea, 2015b) y sus repercusiones en la contaminación acústica, atmosférica y lumínica, además del problema que supone la elevada tasa de residuos.

A fin de conseguir una regeneración integral se deben aplicar principios de actuación pasiva adaptados a la casuística de cada entorno. Estrategias flexibles que actuando sobre el tejido urbano, lo reconfiguren eliminando el origen del problema en lugar de resolver sus síntomas. Se deben de desarrollar modelos que a través del reequilibrio de usos, densidades y poblaciones, permitan eliminar trayectos en transporte motorizado al introducir los desplazamientos habituales (residencia – trabajo – ocio) dentro del ámbito considerado peatonal “Generalmente se considera que la población está dispuesta a caminar una distancia de 500 metros, distancia que se ve refrendada por el tamaño de los centros urbanos” (Gehl, 2014).

El Sistema de Polinúcleos Sostenibles (SPS) recoge todos estos principios pasivos de planificación urbana eficiente, complementándolos con un sistema de transporte público y una red ciclable entre núcleos, una estrategia flexible de participación urbana que garantice la masa crítica para dotar de vida a la ciudad y la

integración de las nuevas tecnologías para garantizar la correcta evolución urbana. Las estrategias integrales deben perseguir una ciudad compacta, al igual que el SPS, de usos mixtos, articulada a distancias peatonales, densidades medias-altas, en entornos confortables que permitan aunar la ciudad cómoda individual con la ciudad sostenible común, tal y como la define Richard Rogers: “La ciudad compacta, multicéntrica, de usos mixtos, que favorece el andar, ir en bicicleta y el transporte público, es la forma urbana más sostenible. Una ciudad compacta, conectada y bien diseñada es una estructura flexible que relaciona las partes con el todo.” (Rogers, 1999).

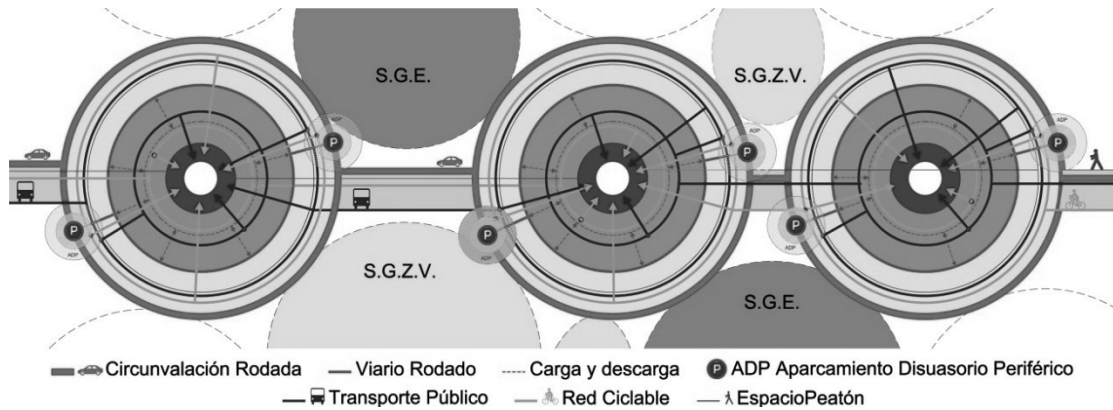


Figura. 4. Esquema Polinúcleos Sostenibles. Nodos interconectados (Fuente: Elaboración propia)

Organizar la ciudad en nodos peatonales de usos mixtos interconectados por redes de transporte que cuenten con el suficiente atractivo comercial, social... mejora la eficiencia de las ciudades. Es necesario adaptarse a la identidad de cada entorno de un modo flexible y tener en cuenta los distintos Objetivos Temáticos financiados por FEDER.

● ● ● ●	E1 Estrategia OT2	E016	OE 020c3	OT2. Mejorar el uso y calidad de las tics y el acceso a las mismas
● ● ● ●	E2 Estrategia OT2	Número de usuarios que están cubiertos por un determinado servicio público de Smart Cities. (usuarios)	Promover las TIC en Estrategias de desarrollo urbano integrado a través de actuaciones en Administración electrónica local y Smart Cities	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT2...			
● ● ● ●	E1 Estrategia OT4	C034	OE 040e1	OT4. Favorecer el paso a una economía baja en carbono en todos los sectores
● ● ● ●	E2 Estrategia OT4	Reducción anual estimada de gases efecto invernadero (GEI). Tn equivalentes de CO2/año	Fomento de la movilidad urbana sostenible	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT4			
● ● ● ●	E1 Estrategia OT4	C034	OE 040e3	OT6. Conservar y proteger el medio ambiente y promover la eficiencia de los recursos
● ● ● ●	E2 Estrategia OT4	Reducción anual estimada de gases efecto invernadero (GEI). Tn equivalentes de CO2/año	Mejora de la eficiencia energética y aumento de la energía renovable en las áreas urbanas	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT4...			
● ● ● ●	E1 Estrategia OT6	C009	OE 060c4	OT9. Promover la inclusión social y luchar contra la pobreza y cualquier otra forma de discriminación.
● ● ● ●	E2 Estrategia OT6	Aumento de número de vistas (vistas/año)	Promover la protección, fomento y desarrollo del patrimonio cultural y natural de las áreas urbanas, en particular las de interés turístico	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT6...			
● ● ● ●	E1 Estrategia OT6	C022	OE 060c2	OT9. Promover la inclusión social y luchar contra la pobreza y cualquier otra forma de discriminación.
● ● ● ●	E2 Estrategia OT6	Superficie total de suelo rehabilitado (Hectáreas)	Acciones integradas de revitalización de ciudades, de mejora del entorno urbano y su ambiente.	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT6...			
● ● ● ●	E1 Estrategia OT9	E059	OE 090b2.	OT9. Promover la inclusión social y luchar contra la pobreza y cualquier otra forma de discriminación.
● ● ● ●	E2 Estrategia OT9	Personas beneficiadas por operaciones de regeneración física, económica y social del entorno urbano, incluidas en Proyectos pertenecientes a Estrategias Urbanas Integradas. (Número)	Regeneración física, económica y social del entorno urbano en áreas desfavorecidas a través de Estrategias Integradas	
● ● ● ●	E3 Estrategia OT9 ...			
Conektividad entre distintos OT	Estrategias	Indicador de Productividad según Anexo VIII	Objetivo Específico FEDER	Objetivo Temático FEDER

Figura 5. Resumen EDUSI (Fuente: Elaboración Propia)



## CONCLUSIONES

Proponer estrategias integrales coordinadas que permitan organizar la ciudad en nodos peatonales de usos mixtos, conectados entre sí por redes de transporte público eficiente, adaptándose a las características específicas y a la identidad de cada entorno es la manera más eficiente de enfrentarse a los retos planteados para las ciudades españolas en el ámbito del Desarrollo Sostenible, la eficiencia energética y la lucha contra el cambio climático del Programa Operativo de Crecimiento Sostenible (POCS) 2014-2020.

Los desafíos europeos planteados suponen una oportunidad para la revitalización de las ciudades. Es necesario plantear análisis complejos que permitan establecer los detonantes para el cambio. Estableciendo relaciones directas y cuantificables “causa-efecto”, contabilizando los parámetros de cambio de los indicadores de productividad y resultado, para lograr la evolución eficiente de las ciudades españolas. Para conseguir las inversiones que materialicen las acciones se debe trabajar un enfoque integral y contrastable donde la aplicación de indicadores de sostenibilidad y el uso de la Matriz Compleja de Indicadores conforman una metodología óptima para seleccionar los puntos de inversión, logrando ciudades más eficientes y sostenibles.

## REFERENCIAS

- Alexander, C., 1968, La ciudad no es un árbol. En: Cuadernos suma-nueva visión, nº20, p.20-30. Ediciones Visión, Buenos Aires.
- Comisión Europea, 2011. Ciudades del Mañana. Retos, visiones y caminos a seguir. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo.
- Comisión Europea, 2015a. Orientaciones para los Estados miembros. Desarrollo Sostenible integrado en el medio urbana. Reglamento FEDER. Artículo 7.
- <http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/D6570009-42D8-4364-9E3E-830493B44DBB/131957/REGIO2015003440000ESTRA00.pdf> (16 febrero 2016)
- Comisión Europea, 2015b. Programa Operativo de Crecimiento Sostenible 2014-2020. Dirección General de Fondos Comunitarios, Ministerio de Hacienda y Administraciones públicas.
- Gehl, J., 2014. Ciudades para la gente. Ediciones Infinito, Buenos Aires.
- Rogers, R. (dir), 1999. Towards an Urban Renaissance. Urban Task Force, London.
- Rueda, S. (dir), 2012. Guía Metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, Madrid.

## NUEVO CONCEPTO DE MANTENIMIENTO EN LOS EECN RESIDENCIALES, LA GARANTÍA DEL ÉXITO

**Fernando Aranda Moreno**, Innovación y eficiencia energética, Institut Català del Sòl, Generalitat de Catalunya

**Resumen:** El mantenimiento de los edificios residenciales sigue siendo una asignatura pendiente en la gestión patrimonial. Si bien los sectores terciarios, comerciales u hoteleros tienen bien resueltos sus mantenimientos como parte de su negocio, el patrimonio residencial sigue muy lejos de los parámetros mínimos que garanticen el buen uso y la durabilidad del bien. 2020 presenta además nuevos retos tan importantes como la exigencia de conseguir un balance energético nulo. La promoción de EECN es sin duda el menor de los requerimientos, el gran reto garantizar su perdurabilidad en el tiempo con los rendimientos exigidos el primer día y, si es posible, mejorarlos en el tiempo. Esa es la función del mantenimiento. El mantenimiento de los EECN debe ir al ritmo de las exigencias energéticas y por lo tanto debe plantearse como una herramienta eficaz para asegurar el nuevo reto energético.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Eficiencia, Monitorización, EECN, Residencial, Patrimonio

### LAS EXIGENCIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS EDIFICIOS EECN. EL PUNTO DE VISTA DEL ADMINISTRADOR/GESTOR PATRIMONIAL

La promoción de un edificio representa una inversión muy importante para un promotor. Este busca en su inversión una rentabilidad económica que no que no se convierta en un gasto. El mantenimiento es una exigencia necesaria para poder garantizar el buen funcionamiento y la durabilidad de cualquier elemento o instalación existente en el edificio.

Cualquier mantenimiento ha de garantizar una serie de parámetros que son: el aumento de la disponibilidad de los elementos, equipos y sistemas que componen el edificio, conseguir la máxima fiabilidad de los mismos, aumentar su vida útil y optimizar los costos para llevar a cabo los tres requerimientos anteriores.

No cabe duda que la mayoría de los promotores públicos o privados que se dedican al alquiler ya encargan de forma directa o mediante gestores, el mantenimiento de su patrimonio, pero normalmente con criterios de conservación, seguridad y durabilidad.

La Directiva 2010/31/UE sobre Eficiencia Energética de Edificios, publicada el mes de junio de 2010 en el Diario Oficial de la Unión Europea, las derivadas de ella y las posteriores transposiciones a las normativas estatales, que prevé como exigencia el balance neto en los edificios a partir de 2018/2020 como elemento fundamental para conseguir la máxima eficiencia energética y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Conseguir el balance neto implica la producción con energías alternativas de las necesidades energéticas previstas en el sector o en el edificio y poder implantar criterios fundamentales como la generación distribuida.

Este nuevo requerimiento como otros de índole medioambiental, hacen que las exigencias hechas a los mantenimientos hasta ahora cambien de forma substancial. Ya no es suficiente con la disponibilidad, la fiabilidad, la vida útil de los bienes y los costos propios del mantenimiento. Ahora las demandas normativas, de eficiencia y ambientales, hacen que pensemos en nuevos modelos de mantenimiento.

Hay que pensar en mantenimientos que cubran la globalidad del bien y no solo sus partes. Ya no podemos pensar en elementos aislados y que hay que conservarlos para reducir el gasto de su reposición, si no en elementos que tienen una utilidad concreta y muy definida y que condicionan al resto de componentes, ya sean pasivos o activos, del edificio o de la agrupación de estos.

Un cerramiento, por ejemplo, tiene una utilidad muy concreta, la protección del interior del edificio, protección física (estanqueidad, térmica, seguridad etc.), pero con un nuevo criterio ambiental, este elemento forma parte de una cadena que no se puede romper. Este cerramiento ha de servir para garantizar que los equipos que se ocupan de la salubridad, la climatización, la eficiencia, etc, funcionen de forma óptima.



*Figura 1. Fachada ventilada promoción pública de viviendas*

Las reducciones de consumos, la eficiencia de los equipos, la reducción de emisiones; en definitiva, depende de los componentes de este cerramiento. El aislamiento ha de estar en las mejores condiciones, los revestimientos deben garantizar la estanqueidad i la permeabilidad al vapor, los puentes térmicos deben estar localizados y controlados, ya que cualquier variación de esta normalidad hará dispararse el consumo y no podrá conseguir los objetivos exigidas a un edificio de consumo de energía casi cero.

En cuanto a los equipos tendrán que tener en cuenta 2 necesidades, su propia función y la máxima eficiencia energética, no solo individual si no colectiva.

Por descontado la prioridad de un equipo es su uso, su utilidad, en definitiva, su función. El concepto clásico de mantenimiento era conseguir esta optimización, es decir que no tenga averías, que dure el máximo tiempo posible y que su Seguridad sea absoluta. Ahora tendremos que pensar en un concepto nuevo, el mínimo consumo posible o incluso en muchos casos su aportación energética.

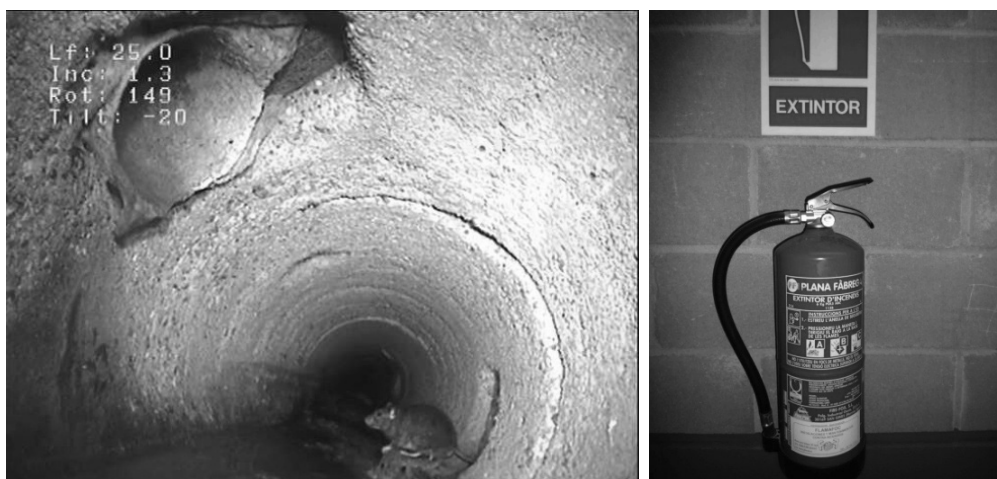


Figura 2. Mantenimientos preventivos, correctivos o normativos clásicos

Estamos incorporando nuevas instalaciones, Nuevos elementos, Nuevos equipos, que consumen energía pero que en muchos casos la aportan o al menos reducen el consumo global. Los edificios EECN han de compensar la energía consumida con la producción equivalente. Por ello hay que conseguir un consumo mínimo para tener un requerimiento también mínimo. Aquí es donde entra en escena la unidad del edificio y su comportamiento global.



Figura 3. Energía solar, térmica y fotovoltaica

Los nuevos mantenimientos se deben estudiar como una gestión global. Debemos pensar en la figura de un gestor del edificio más que un mantenedor parcial. No se puede tener en el caso de un EECN mantenedores aislados que solo observen sus productos sin tener en cuenta los otros que en muchos casos pueden alterarse con interferencias funcionales.

Un sistema de ventilación permanente ha de garantizar además de la calidad del aire, la inexistencia de humedades de condensación en los cerramientos, pero los cerramientos deben garantizar la reducción de los consumos de los sistemas de climatización, que a su vez necesita de una aportación solar para

garantizar el suministro de agua caliente sanitaria, y así se van ligando todos los elementos que acabaran constituyendo el edificio con características de EECN y que están absolutamente relacionados entre si.

El criterio de coordinación de mantenimiento, ha de influir el mantenimiento preventivo, el correctivo i el normativo, ya que, tratándose de criterios clásicos de mantenimiento, se están realizando habitualmente de forma independiente en los diferentes elementos de los edificios. Es más, se podría decir que en la mayoría de los casos de forma estanca.

Si bien, en los mantenimientos normativos, esta estanqueidad está empezando a eliminarse, aunque sea planteando intereses comunes, es seguramente la sección más compleja de unificar y la que el plazo de actualización sea seguramente el más lento. En cambio, los nuevos contratos de mantenimiento preventivo e incluso correctivo, deben incorporar vínculos entre los diferentes componentes de los edificios. Si no se puede contratar un mantenimiento unificado, sí que debe hacerse una importante labor de coordinación entre los diferentes mantenedores más sectoriales.

Esta coordinación debe garantizar que todos los mantenedores sean capaces de aportar el máximo sus equipos o elementos, pero también que favorezcan a los otros mantenedores para que entre todos se consiga el concepto de edificio de energía casi nula concebido en el proyecto inicial.

Todos los elementos del edificio consumen energía de una forma u otra, todos los elementos del edificio ahorran energía de una u otra forma e incluso en algunos casos de edificación, todos los elementos producen energía. Por ello ahora es necesario compensar, simultanear, traspasar, unificar, proteger, almacenar, etc. energías entre todos los componentes de los EECN.



*Figura 4. La complejidad de la nueva gestión energética*

Esta responsabilidad debe adjudicarse al mantenedor. El mantenedor ha de ser el artífice del mantenimiento a lo largo del tiempo del consumo casi nulo exigido o previsto en el edificio. Sólo él será capaz de conseguir y garantizar este objetivo.

Si bien los proyectos ya incorporan unes soluciones iniciales que garanticen este consumo casi nulo, este objetivo es inviable si nadie hace un seguimiento continuo, unes mejoras en momentos de pérdidas o incluso una evolución en el tiempo en los elementos que sea necesario actualizar por pérdida de rendimientos o por la aparición en el mercado de mejores soluciones de ahorro o producción.

Esta responsabilidad nunca la puede garantizar el propietario, el inquilino o el usuario ni el administrador o el gestor patrimonial. Es necesario que quien sea titular tenga la capacidad técnica, de gestión, económica y legal para dar respuesta a la exigencia de conseguir el consumo casi nulo en el edificio en cuestión. Por eso, el nuevo mantenedor debería ser gestor energético, empresa de Servicios energéticos, asesor jurídico, servicio técnico, etc.

Los nuevos productos energéticos existentes y, todavía con más sentido los futuros, abren un gran abanico de posibilidades de ahorro y eficiencia, pero incorporan una cierta complejidad en la gestión.

El concepto de contador único como figura clave en los edificios que incorporan consumo y producción, la incorporación de sistemas compensatorios de las necesidades eléctricas y térmicas, los equipos con demanda energética muy baja, pero también los requerimientos normativos de nuevos sistemas con consumo energético hasta ahora no computable, son los grandes factores diferenciadores del futuro energético vinculado a los edificios. Por ello, se deberá modificar, también, la forma de abonar los Servicios aportados por los mantenedores.

El coste del mantenimiento siempre ha ido ligado a unas cuotas concretas, es decir, un precio por unidad a mantener, unas anualidades en función a unos trabajos definidos. Siempre relacionado a una actividad y no a un objetivo perfectamente mesurable.

Como el mantenimiento ha de servir para cumplir unos objetivos concretos, durabilidad de los elementos o equipos, buenos funcionamientos, fiabilidades... estos conceptos si no están bien definidos y con unos buenos indicadores, dan unos resultados muy subjetivos. Por ello la parametrización de los resultados es fundamental. Un mantenimiento también debe ser mesurable. No es tan importante el número de visitas realizadas como el resultado efectivo de estas visitas.

Las monitorizaciones y el control telemático de las instalaciones es el complemento imprescindible para un buen y rentable mantenimiento. Con ellos conseguimos por una parte disponer de toda la información permanente y por otra reducción los costes de posibles desplazamientos improductivos.

Las monitorizaciones pueden ser más o menos exhaustivas, lo que está claro es que han de estar dimensionadas a las necesidades propias del mantenimiento, por lo que las limitaciones económicas de su coste se pueden controlar y reducir a las informaciones que realmente sean importantes.

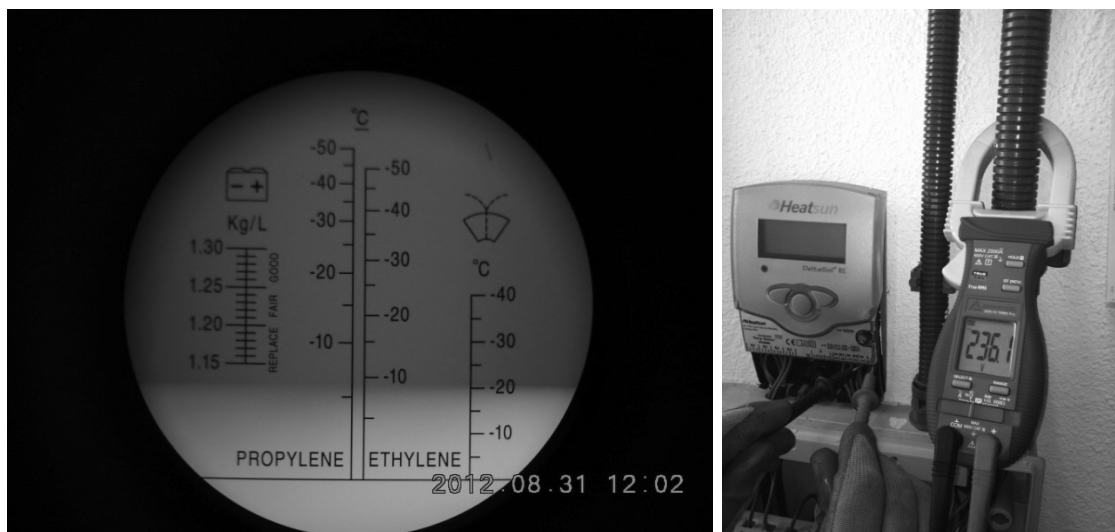


Figura 5. Elementos de control y monitorización

Con este soporte se puede plantear un nuevo concepto que refleja realmente el sentido del mantenimiento en los EECN, la garantía de resultados. Así, los honorarios correspondientes al mantenimiento van en función de unos objetivos medibles frente a unos criterios meramente de intervenciones y/o de controles.

El mantenedor garantizará la compensación de energías, las importadas y las producidas. Para conseguirlo utilizará todos los recursos a su alcance, mínimo consumo y máxima producción. Por ello el mantenedor será más gestor energético y menos mantenedor clásico.

Para conseguir con éxito esta compensación de energías, esta reducción de consumos, esta optimización de recursos, es imprescindible la valorización de todos esos recursos, ya sean energía, agua, medios o tiempo y convertirlo en algo valorable de forma objetiva y única, el coste por unidad.

Las energías aportadas, aunque sean renovables, nunca son gratuitas. Las aguas reutilizadas tampoco. Valorizar estos nuevos recursos es fundamental para tener conciencia de lo importante que es el mantenimiento.

En resumen, el mantenimiento siempre debe ir unido al objetivo final para el que ha sido pensado el bien mantenido. En el caso de los EECN, a garantizar el mínimo consumo y la máxima aportación que compense ese consumo. Por ello la única vía para asegurar esa exigencia es disponer de un mantenimiento global con garantía de resultados, poniendo precio (kWh, m<sup>3</sup>, o lo que corresponda) que sea el valorador de los honorarios a pagar por un servicio de mantenimiento.

Y a partir de aquí ya podemos redactar nuestro pliego de mantenimiento con garantía de resultados para un EECN.

# PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y MANTENIMIENTO DE 12 EDIFICIOS RESIDENCIALES REHABILITADOS. MEJORA DE LA EFICIENCIA EN 576 VIVIENDAS

**Isabel Martín Sanz**, Arquitecto restaurador, 3IA Ingeniería acústica  
**Iñigo Urra Mardaraz**, Investigador, Tecnalía Research & Innovation  
**Javier Martín Sanz**, Ingeniero de Estudios, Veolia Servicios LECAM  
**Francisco Javier Rodríguez**, Ingeniero Técnico, LKS Ingeniería  
**Félix Larrinaga Barrenechea**, Investigador, Mondragon Unibertsitatea  
**Susana María Gutiérrez Caballero**, Investigador, Fundación CARTIF  
**Carol Pascual Ortiz**, Investigador, Tecnalía Research & Innovation  
**Imanol Aguirre**, Arquitecto, LKS Ingeniería  
**Ali Vasallo Belver**, Dr. Ingeniero e Investigador, Fundación CARTIF  
**Andoni Diaz de Mendibil**, Investigador, Tecnalía Research & Innovation

**Resumen:** Una vez realizadas las actuaciones de rehabilitación energética a nivel de distrito, y para garantizar el uso eficiente de la energía, se han establecido diferentes estrategias de gestión y mantenimiento en los elementos pasivos (reequipamiento de fachadas) y de generación y consumo de energía (red de calor con biomasa). Las estrategias se centran en las buenas prácticas a nivel de usuario y en una metodología innovadora de control a nivel de distrito, de edificio y de vivienda. La consecución de los niveles de consumo calculados y comprometidos en la fase de diseño se garantiza a través de un plan de gestión y mantenimiento de las instalaciones, que incorpora las decisiones del gestor energético y del usuario final.

**Palabras clave:** Envolvente, Rehabilitación Energética, Edificación Sostenible, Uso y Mantenimiento en Rehabilitación Residencial, Buenas Prácticas, Libro del Edificio, Red de Calor, Obsolescencia, GEI, Monitorización

## INTRODUCCIÓN

El proyecto objeto de intervención forma parte del proyecto CITYFIED que recibe fondos del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea para la investigación, desarrollo tecnológico y demostración bajo el acuerdo de subvención número 609129. El proyecto CITYFIED tiene como propósito desarrollar una estrategia replicable, sistemática e integrada para adaptar ciudades europeas y ecosistemas urbanos en las ciudades inteligentes del futuro. Una estrategia centrada en reducir la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) e incrementar el uso de energías renovables desarrollando e implementando tecnologías y metodologías innovadoras para la reforma de edificios, redes inteligentes y redes de calor interconectadas con las TIC y la movilidad.<sup>1</sup>

Los escenarios de intervención se enmarcan en Suecia, Turquía y España, siendo este último objeto de desarrollo y análisis en este caso: el distrito de Torrelago ubicado en Laguna de Duero, Valladolid.

Una vez se realiza la actuación a nivel envolvente y red de calor, se diseña un plan de gestión, uso, mantenimiento y buenas prácticas. Se tiene en cuenta tanto a nivel edificio aspectos como la ventilación, a nivel vivienda con el sistema proyectado por el exterior de la fachada, así como a nivel red de calor con su monitorización posterior. Este control y las pautas que se llevan a cabo forman parte del Libro del Edificio para que el usuario final conozca los elementos de eficiencia energética con los que va a trabajar y las futuras mejoras a implementar tanto en su uso diario como con el tiempo.

La gestión y el mantenimiento se entienden como piezas energéticas en el futuro del usuario final, y por ello se realiza un análisis del caso residencial del distrito que proporciona información a los inquilinos.



## PROYECTO

El distrito residencial contempla la rehabilitación de las fachadas y de la red de calor existente mediante la integración de energías renovables y generación eléctrica distribuida, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las viviendas organizadas en altura afectan a 576 propietarios y por su forma en planta a unas 130 fachadas a rehabilitar. Esta implicación a gran escala afecta a las cuatro orientaciones posibles hallándose 4 viviendas en cada planta, y teniendo que dar una solución homogénea a todos los propietarios. La actuación desarrolla a nivel edificio sólo el tratamiento de la envolvente de la fachada, no actuando en cubierta, techo de planta baja o suelo de planta primera, huecos y acristalamientos. Existen 12 bloques de tipología en H, según se observa en el plano de situación y emplazamiento correspondientes a la Comunidad de Propietarios 1, y los 19 restantes a la Comunidad de Propietarios 2 (futura actuación a realizar).

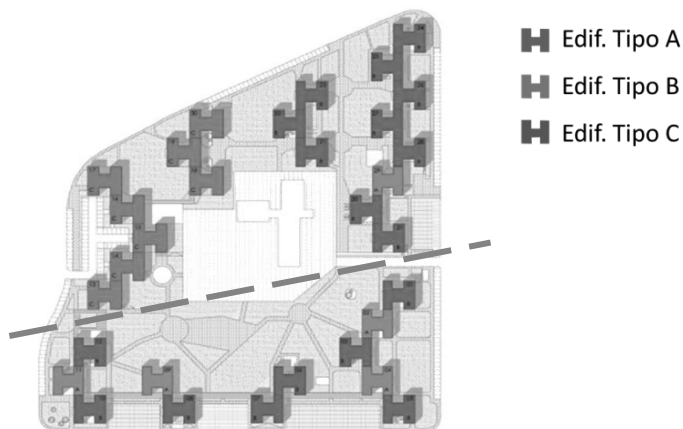


Figura 1. Distrito residencial de Torrelago compuesto por 31 bloques. Tipología H. CCP1. 12 bloques

La actuación en los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria, se divide en tres partes:

- Unificación de las dos redes de calor existentes en una y cambio del sistema de generación de 100% gas natural a 80% biomasa y 20% gas natural. El mix energético permite asegurar el suministro de energía en todo momento, estabilización de los costes energéticos y reducción de las emisiones de GEI.
- Instalación de un sistema de control avanzado a nivel de barrio, edificio y vivienda. Con ello se permite la monitorización de consumos y sensores, permitiendo optimizar el uso energético del edificio, adaptando en cada momento la producción a la demanda.
- Producción de energía eléctrica y térmica mediante un equipo de cogeneración a gas. El sobreconsumo adicional de los sistemas de trasiego de biomasa, se ven reducidos por la aportación de la energía generada en el motor de cogeneración y el aprovechamiento del calor en la generación de agua caliente sanitaria.

La problemática que se aborda es este proyecto es la rehabilitación energética de un barrio, bajo criterios de viabilidad técnica y económica. Una vez realizadas las intervenciones y superadas las dificultades técnicas y económicas, el objetivo es clarificar si edificios cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> son casi nulas requieren un mantenimiento específico diferente a los convencionales. Para ello se describirán en los siguientes puntos, las diferentes buenas prácticas y usos de los sistemas energéticos (pasivos o activos) que tienen influencia en el consumo, concluyendo finalmente si la operación de estos sistemas o proyectos de rehabilitación suponen un coste o una dedicación extra. Es de especial importancia en este proyecto no solo la reducción de las emisiones, sino dotar al propietario de la capacidad de decisión para el uso del sistema de calefacción, evitando sobrecostes.

## CONSERVACIÓN O MANTENIMIENTO

### Nivel vivienda

“El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir así mismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.” (Artículo 15 de la Parte I del Código Técnico de la Edificación).

Es por ello, que se ha realizado una simulación energética de los edificios del 01 al 12 del distrito de Torrelago, con los programas informáticos Lider y Calener, y considerando tanto el antes como el después de la instalación del Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior, SATE. El mantenimiento de la fachada es prácticamente nulo ya que el revestimiento lleva un acabado *Silancolor Base Coat* que se limpia con agua de lluvia. De esta manera los usuarios no notaran diferencia con respecto al ladrillo original con el que contaban que no requería mantenimiento específico de su superficie.

Demanda calorífica del Edificio Original Tipo A				Demanda calorífica del Edificio con instalación del SATE Tipo A			
Numero de zonas: 12				Numero de zonas: 12			
Nombre	m2	Calefacción	Refriger.	Nombre	m2	Calefacción	Refriger.
P02_E01	352,34	-129,226422	0	P02_E01	352,34	-96,943687	0
P03_E02	352,34	-61,110945	0	P03_E02	352,34	-23,733238	0
P04_E03	352,34	-63,181391	0	P04_E03	352,34	-25,047453	0
P05_E04	352,34	-62,820793	0	P05_E04	352,34	-22,25148	0
P06_E05	352,34	-58,024422	0	P06_E05	352,34	-19,072824	0
P07_E06	352,34	-55,801914	0	P07_E06	352,34	-22,341512	3,023481
P08_E07	352,34	-55,964516	1,517971	P08_E07	352,34	-17,702334	3,289108
P09_E08	352,34	-56,860047	0	P09_E08	352,34	-17,978871	3,151006
P10_E09	352,34	-60,668242	0	P10_E09	352,34	-21,145934	3,071135
P11_E10	352,34	-62,092539	0	P11_E10	352,34	-21,883094	0
P12_E11	352,34	-49,839387	3,463612	P12_E11	352,34	-18,019051	4,138027
P13_E12	352,34	-72,864703	3,588199	P13_E12	352,34	-44,430961	3,720712
<b>TOTAL</b>	<b>4228,08</b>	<b>-65,704608</b>	<b>0,714149</b>	<b>TOTAL</b>	<b>4228,08</b>	<b>-29,212537</b>	<b>1,699456</b>

Tabla I. Simulación de la demanda energética del bloque existente y con SATE. Programa Lider

En la Tabla I se puede observar la demanda calorífica previa a la actuación de un edificio tipo A del distrito de Torrelago, cuyo valor estimado es 65.70 kWh/año m<sup>2</sup>. Una vez se lleva a cabo la rehabilitación el valor estimado de la demanda calorífica se reduce hasta un valor de 29.21 kWh/año m<sup>2</sup>, lo que supone un ahorro superior al 40%.

Por otro lado, se sugiere al usuario el cambio de ventanas después de 35 años desde la creación de los bloques, dado que las ventanas colocadas en origen en los bloques estaban compuestas por un vidrio simple. A lo largo de los años la variedad que se presenta hace que no se pueda definir un modelo único. Debido a esto, se realiza una estimación de las características que podría presentar un hueco en fachada llegando a los siguientes datos: transmitancia térmica del vidrio de 3,7 W/m<sup>2</sup>K y factor solar 0,76, donde se estima que como mínimo se coloquen ventanas con doble vidrio con cámara de 16 mm, transmitancia térmica de 2,3 W/m<sup>2</sup>K y factor solar de 0,62, teniendo siempre en consideración la altura, orientación y radiación solar que recibe cada usuario según el confort que quiere obtener en su hogar.

### Nivel edificio

La intervención se realiza en el distrito residencial con el proyecto de actuación, a nivel fachada y red de calor produciendo una mejora llegando a unos ahorros en el consumo de calefacción que pueden rondar

entre el 40 - 50% de media como hemos visto anteriormente. Dicha estimación se basa en las simulaciones realizadas según el estado inicial de los edificios, contemplando los siguientes elementos: fachada, cubierta, suelo, ventana, medianera, así como el nivel de infiltración, comparándolo con el estado rehabilitado. Para determinar los parámetros incluidos en la simulación se realizaron ensayos del comportamiento térmico de la fachada y de los niveles de infiltraciones, con la intención de que la estimación fuese lo más precisa posible.

Aunque el ahorro energético es un parámetro importante a considerar, es más relevante la mejora de confort generalizada que supone la renovación de la envolvente, ya que se reducen los contrastes térmicos (paredes frías), las infiltraciones en las viviendas y corrientes de aire incontroladas. Dicho confort se ve mejorado por el aprovechamiento de la inercia térmica de la fachada cuando el sistema de calefacción no está en marcha, gracias a que el aislamiento exterior lo favorece.

Esta situación se puede ver incrementada si la intervención se amplía a todas las ventanas, techos exteriores de planta baja (suelo de primera) y tejado. Desde el punto de vista energético una mejora generalizada de las ventanas puede suponer reducir el consumo de calefacción hasta un 50%, no solo por la reducción de las pérdidas de calor, sino por la disminución de las pérdidas por infiltraciones de aire incontroladas en invierno. De la misma manera, la estrategia en verano pasa por airear las viviendas durante las horas nocturnas que baja la temperatura, aprovechando dicha inercia.

Por otro lado, a través de la mejora de los suelos al exterior de planta primera y cubierta, se llevaría a cabo una mejora de la situación de dichas plantas.

Otro factor a tener en cuenta, relacionado con la envolvente, es la calidad del aire interior; es decir, es necesario asegurar un nivel suficiente de aporte de aire exterior que garantice la renovación de aire viciado. Para ello se puede contar, en parte, con la intervención activa de los residentes de las viviendas, pero para poder garantizar un nivel mínimo de renovación de aire a lo largo del día es recomendable la colocación de aireadores en las carpinterías.

## Nivel red de calor

La legislación relativa a calefacción y ACS se publica en el Reglamento de Instalaciones térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas complementarias, que supusieron un nuevo impulso para las instalaciones en el tema del reparto de gastos, al incluir la obligatoriedad de los contadores de energía para calefacción y la exigencia de termostatos de ambiente y válvulas motorizadas individuales. Aprovechando la experiencia adquirida con las reglamentaciones anteriores se fijan las medidas de obligado cumplimiento en este tipo de instalaciones; las ya existentes se ven afectadas en el mantenimiento y en las inspecciones periódicas.

Si se tiene en cuenta lo expuesto anteriormente, se proporciona a continuación una serie de pautas y guías de buenas prácticas tanto para el sistema de calefacción y agua caliente sanitaria como para el resto de instalaciones, que los vecinos deberían llevar a cabo para el buen uso de las mismas y el aprovechamiento tanto de ellas como de la actuación de rehabilitación.

**Generación:** El primer motivo del empleo de biomasa en la red de calor es la reducción de las emisiones de GEI, lo cual implica un incremento en las operaciones de mantenimiento respecto a la operación habitual de calderas de otros tipos de combustible como gasóleo o gas. El incremento anual de horas de mantenimiento se cifra entre un 25% y un 30%, considerando las operaciones de limpieza de hogar, extracción de cenizas, aprovisionamiento de biomasa al silo y mantenimiento de los sistemas de alimentación a calderas. Por otro lado, la gestión eficiente del calor producido se realiza a través de estrategias de regulación y control en base a los datos recogidos por el sistema de monitorización, y se incluyen varios sistemas de bombeo de caudal variable, que adaptan el consumo a la demanda.

**Calefacción:** Un hogar bien aislado reduce los costes de calefacción entre un 20% y un 40%, a la vez que disminuye la necesidad de refrigeración en verano. Aún con esto, se recomienda dentro de cada vivienda

abrir las persianas y las contraventanas durante las horas soleadas para aprovechar el calor del sol, y durante la noche en cambio, dejarlas cerradas para que no se pierda el calor interior. Las cortinas evitan pérdidas de calor, aunque éstas no se deban revestir ni cubrir como los radiadores de la calefacción.

Por otro lado, con la instalación de burletes adhesivos en puertas y ventanas se mejora el aislamiento y se reducen entre un 5% y un 10% la energía consumida. Las dobles ventanas o acristalamientos como ya se ha mencionado, permiten ahorrar hasta un 20% de energía en climatización. Es necesario que se mantengan limpias las superficies de los radiadores para la transmisión de calor.

Es recomendable utilizar termostatos y relojes programables en el interior de la vivienda para regular la temperatura de la calefacción. Estos termostatos deberían ajustarse periódicamente. En invierno la temperatura de confort está entre 19°C y 20°C durante el día, siempre que el hogar esté ocupado. Durante la noche o con la vivienda desocupada, la temperatura interior se deberá mantener entre 16°C y 17°C. La reducción de la temperatura interior en un grado supone un ahorro de energía de un 8%.

**Agua caliente sanitaria:** Deben señalarse diferentes acciones economizadoras para llevar a cabo por cada usuario sobre la instalación del agua caliente sanitaria. En primer lugar, es importante señalar que una ducha gasta de 30 litros a 40 litros de agua, cuando en un baño se necesita entre 120 litros y 160 litros, con el consiguiente gasto adicional de combustible, por lo que es recomendable el uso de las primeras.

## Monitorización

El sistema de monitorización tiene como objetivo proveer de los sistemas y mecanismos para medir y controlar el consumo energético en el distrito residencial. Se realiza a través de sistemas de medición y gestión de energía, y de una plataforma de recogida y gestión de datos.

Los sistemas de medición y gestión de energía se implantan a tres niveles; hogar (HEMS, *Home Energy Management System*), edificio (BEMS, *Building Energy Management System*) y distrito (DEMS, *District Energy Management System*). A nivel HEMS se recogen datos de consumo energético (eléctrico o térmico) además de otros datos (ej. Confort). A nivel BEMS monitorizando el consumo y la demanda energética del edificio (temperatura, caudal, etc.), y controlando el consumo energético (consumo térmico de los anillos del edificio en el DH, *District Heating*). A nivel DEMS recogiendo información del consumo de energía en el distrito, producción instantánea, caudales y acumulaciones de energía.

El acceso a los datos de los tres niveles se facilita mediante una plataforma en la nube:

1. Donde se realiza el seguimiento y control del comportamiento energético del distrito, de cada edificio, y de los distintos hogares, mediante indicadores (KPI) y cuadros de mando.
2. Donde se presentan los datos permitiendo visualizar y adaptar la información a las necesidades del usuario mediante aplicaciones o informes.
3. Que proporciona información complementaria (ej. geolocalización o meteorología).

Estos datos se emplean en la generación de diferentes algoritmos y estrategias de optimización en edificios y viviendas. Por ello, la recogida, almacenamiento y tratamiento de datos permite establecer una estrategia definida de producción. Así se mostrarán datos donde se extraerá que los edificios con menos fachadas exteriores o con orientaciones más desfavorables tendrán una demanda menor y por lo tanto entrarán en carga de manera posterior a otros edificios, con ello se consigue reducir el pico de potencia en la producción, aplanando la curva de demanda y por lo tanto reduciendo el consumo energético.

## RESULTADOS

Se pueden distinguir una serie de pautas de uso y mantenimiento residencial para una mejor gestión energética. A nivel edificio la renovación de las ventanas supondría una importante mejora del confort de las viviendas, desde el punto de vista térmico y de la calidad del aire interior, como efectos más relevantes. De la misma manera, se puede completar la mejora con la adición de aislamiento a la primera y última planta de los edificios para conseguir una mejora global del ecodistrito. A nivel vivienda la incorporación

del SATE en la envolvente ha reducido la demanda calorífica más del 40% tal y como se comprueba en la simulación de la Tabla I, con un mantenimiento del acabado final prácticamente nulo. A nivel red de calor los objetivos de reducción del 50% se han cumplido y la integración de energías renovables hace que la reducción de emisiones de GEI sea superior al 70%.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El distrito residencial de Torrelago es definido según el planeamiento urbano de Laguna de Duero, como *conjunto con proyecto*, y es necesario marcar un sistema de gestión energético único futuro para los 31 bloques. Por tanto, el libro del edificio conocido como de uso y mantenimiento o de buenas prácticas, va a tener por objeto establecer unas pautas para conservar y aumentar la vida útil de los edificios destinados a viviendas, así como salvaguardar los derechos de los usuarios finales. Por ello, con un buen sistema de gestión energética y respondiendo a la pregunta de origen de si con este tipo de intervenciones para la mejora de la eficiencia energética, se supone un sobre coste de los sistemas habituales en uso y mantenimiento, la respuesta es que los costes de mantenimiento son superiores, aunque compensados con la reducción de coste energético global, y en consecuencia desde el punto de uso y mantenimiento supone un esfuerzo mayor en operación, rentable energéticamente. Además de tratarse de un distrito residencial que aún pasados 35 años desde su diseño, pierde su obsolescencia a través de unas medidas de gestión energética que lo vuelven a poner en valor en el parque inmobiliario actual, siguiendo unas pautas de uso, mantenimiento y sostenibilidad acordes al tiempo que vivimos.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al consorcio del proyecto CITYFiED, a Tecnalia, LKS Ingeniería, Mondragon Unibertsitatea, a la Fundación CARTIF, y a las empresas que intervienen en la envolvente térmica de los edificios y la red de calor, 3IA Ingeniería acústica y Veolia Servicios LECAM.

## REFERENCIAS

- Martín, J., Martín, I., Gutiérrez, SM., Vasallo, A. et. al, 2015, Proyecto europeo CITYFiED: rehabilitación con criterios de eficiencia energética de 1.488 viviendas en la urbanización Torrelago en Laguna de Duero (Valladolid), Libro de Comunicaciones del I Foro de Rehabilitación, Ahorro y Energía. FORAE, Madrid.
- Larrinaga, F., Gutiérrez, SM., Urra, I., Vasallo, A. et. al, 2015, Proyecto Europeo CITYFiED. Estrategia para la rehabilitación y transformación de espacios residenciales urbanos en áreas de energía casi nula, Libro de Comunicaciones del I Congreso Ciudades Inteligentes, Madrid. URL: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/i-congreso-ciudades-inteligentes-cityfi> (15abril2016).
- Martín, J., Martín, I., Barrientos, JL., 2015, Proyecto de intervención a nivel distrito residencial para la mejora de la Eficiencia Energética de 4000 ciudadanos en España, Libro de Comunicaciones del I Congreso Ciudades Inteligentes, Madrid. URL: <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/i-congreso-ciudades-inteligentes-mejorar-la-eficiencia-energetica> (15 abril 2016).
- Martín, I., Julián, G., Rabanal, R., N<sup>o</sup> Nov-Dic 2015, Edificación. Be ENERGY. Revista de la eficiencia y el ahorro energético. Proyecto de rehabilitación a nivel distrito para la mejora de la eficiencia energética en Valladolid, pp.18-20 URL: <http://beenergy.es/n%C2%BA-noviembre-diciembre-2015> (15abril2016).

## Notas al Final

<sup>1</sup> Página web [www.cityfi.ed.eu](http://www.cityfi.ed.eu) (15 abril 2016)

# MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN A TRAVÉS DE LA MONITORIZACIÓN Y AUDITORÍAS ENERGÉTICAS. PROYECTO ME3A

**Lorena Druet**, Jefe de proyecto, Fundación HABITEC  
**Diego Fernandez**, Director Técnico, Fundación HABITEC

**Resumen:** Este comunicación presenta el proyecto ME3A, financiado por la Junta de Andalucía, y que se centra en la mejora de los procesos de toma de datos, análisis y propuesta de mejoras de las instalaciones consumidoras de energía en los edificios. Engloba la definición de los equipos y procesos para la adquisición de datos en los edificios, así como el tratamiento posterior que permite cuantificar en coste y energéticamente las opciones de ahorro.

**Palabras clave:** Eficiencia Energética, Edificios, Auditorías, Consumos, Certificados Energéticos

## INTRODUCCIÓN

ME3A, Mejora de la Eficiencia Energética de los Edificios en Andalucía, es un proyecto de aplicación del conocimiento concedido por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, actual Consejería de Economía y Conocimiento (CEC), en la convocatoria de 2011. El proyecto tiene 26 meses de duración, empezó el 1 de mayo 2014 y finalizará el 30 de junio de 2016.

ME3A se desarrolla en colaboración con distintos grupos de investigación; el grupo de eficiencia energética de HABITEC, como coordinador del proyecto, el grupo de máquinas y motores térmicos de la Universidad de Málaga (UMA), el grupo de telecomunicaciones de CITIC, los grupos de termotecnia y de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla (US).

El objetivo principal del proyecto ME3A es mejorar la eficiencia y el ahorro energético en la edificación en Andalucía. Para conseguirlo el proyecto desarrolla cuatro herramientas:

1. Interfaz de Monitorización de consumos eléctricos globales (PT3). Permite a los propietarios de los edificios seguir el consumo de su edificio y el análisis detallado comparativo de edificios de la misma tipología. ME3A monitoriza hoy en día 30 edificios.
2. Sistema de monitorización de múltiples parámetros de edificios (PT4) (temperatura, humedad, presencia, iluminación, etc.).
3. Aplicación informática de evaluación de ahorros energéticos (PT5). Esta herramienta mejora las aplicaciones existentes de evaluación de mejoras a través del ajuste de los consumos reales obtenidos con la monitorización.
4. Definición de protocolos de auditorías (PT6) para distintas tipologías edificatorias.

Esta comunicación se centra en los desarrollos y resultados obtenidos del paquete de trabajo 3.

## ESQUEMA DE TRABAJO

Las Figura 1 y Figura 2 muestran las relaciones entre los distintos paquetes de trabajo del proyecto y las actuaciones realizadas en los distintos edificios.

El proyecto empieza con el paquete de trabajo de monitorización de los consumos eléctricos (PT3) donde, aparte de seleccionar los edificios y desarrollar la plataforma de monitorización, se realiza un análisis de estos consumos; el ajuste de la potencia, la detección de consumos anómalos, la comparación entre pares y la extracción de los datos de consumos de frío y calor del edificio.

Una vez seleccionados los edificios con mayores consumos y usos, se empieza con las auditorías de estos edificios (PT6).

Finalmente se implementa el paquete de trabajo 5, que consiste en ajustar las medidas de ahorros propuestas por el programa de calificación energética Ce3 usando los datos de consumos de calor y frio proporcionado por el PT3.

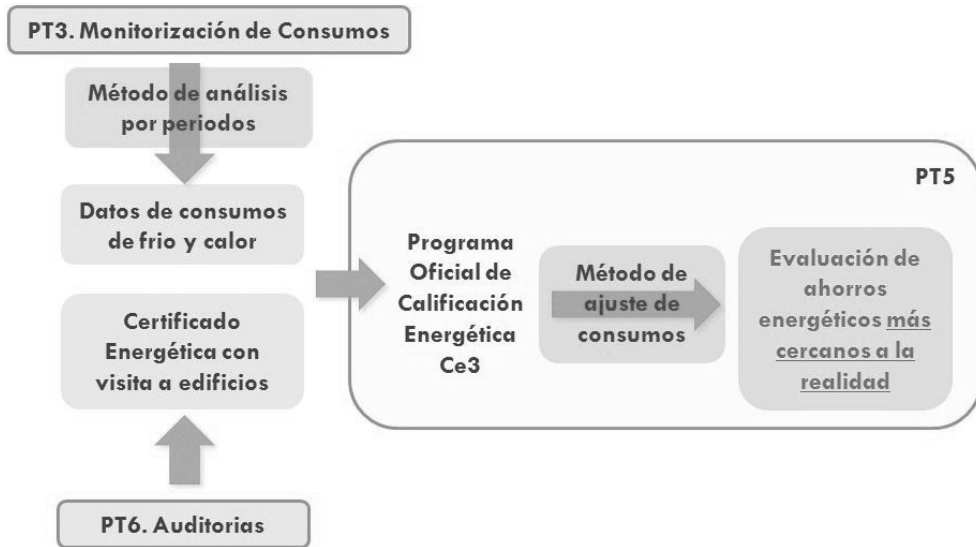


Figura 1. Esquema relacionando los distintos paquetes de trabajo entre sí



Figura 2. Esquema relacionando las actuaciones realizadas en los distintos edificios

## MONITORIZACIÓN DE LOS CONSUMOS

### Recogida de datos

La recogida de los datos de consumos de los 29 edificios se realiza a través de la lectura remota vía los modem de los contadores de la distribuidora. Tras estudiar en detalle las distintas soluciones existentes en el mercado, esta solución ha sido la elegida por el consorcio por su limitado coste y su rapidez de ejecución. No necesita ni la instalación, ni la integración de nuevos equipos, únicamente la instalación de un modem en caso de que el contador no lo tuviera.

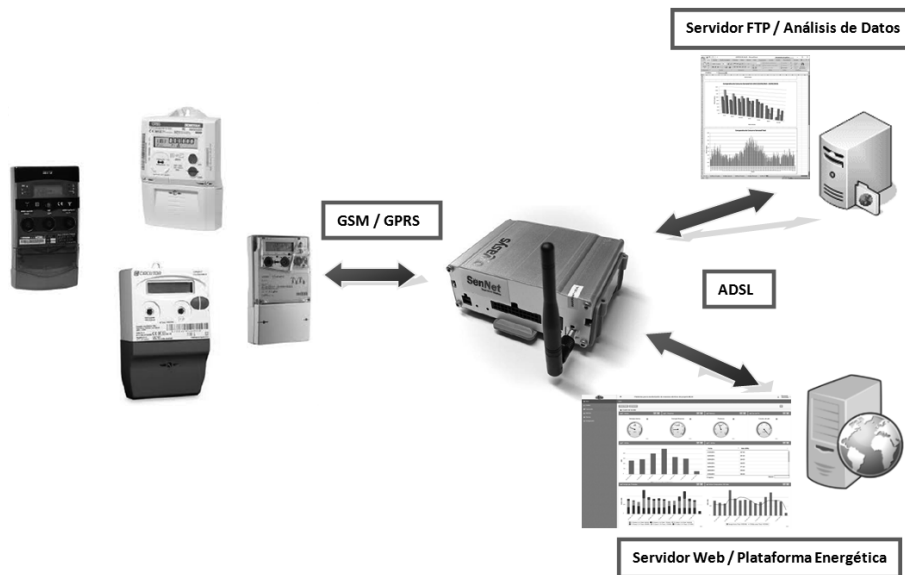


Figura 3. Esquema del sistema de monitorización del consumo de edificios del proyecto ME3A

Una vez configurado el Datalogger, éste realiza la llamada a cada contador vía GSM o GPRS, descarga los datos, los almacena internamente y los envía al servidor. Este servidor puede ser o bien una plataforma de gestión energética o bien un servidor FTP.

## Plataforma de monitorización

### Funcionalidades

La plataforma de monitorización está siendo desarrollada por el equipo de ingenieros de CITIC. Tras estudiar en profundidad las plataformas existentes y sus funcionalidades el equipo de HABITEC definió los requisitos de la interfaz de usuario de la herramienta de monitorización. Se resumen a continuación:

- Descarga y actualización de los datos:
  - o Cada 6 horas, si el modem se comunica por GSM (modem compañía),
  - o Cada hora si se instala un nuevo modem (comunicaciones vía GPRS).
- Monitorización de los datos cuarta horario de cuatro variables,
  - o Potencia,
  - o Energía activa,
  - o Energía reactiva,
  - o  $\cos \phi$
- Flexibilidad en la visualización de los datos;
  - o Contador/Edificio individual o comparativa entre edificios por consumo total y por consumo normalizado por superficie;
  - o Agregación de los datos de forma horaria, diaria, semanal, mensual o anual.
- Dashboard y Widget configurables en función de las necesidades,
- Envío de informe mensual configurable,
- Avisos programables (Alarmas).

### Ahorro energético y económico

Monitorizar los consumos, aunque de forma global, a través del contador de la distribuidora, es muy útil a la hora de generar ahorro, tanto económico como energético. La monitorización efectivamente nos presta varias herramientas a través de las cuales analizar y entender mejor los consumos y de esta forma generar ahorros.



Se resume a continuación lo que permite la herramienta de monitorización:

- Simular las facturas de la distribuidora y comprobarlas,
- Ajustar la potencia contratada y la adecuación de la tarifa y contrato,
- Comprobar el consumo de reactiva diariamente,
- Detectar consumos anómalos en ciertos momentos (por la noche o por el fin de semana), a través de alarmas o análisis de consumos.
- Incentivar el ahorro a través de la comparación con los pares.

## Listado de edificios monitorizados

A continuación se presenta el listado, por tipología, de los 29 edificios monitorizados, seleccionados por la Fundación HABITEC en la provincia de Málaga:

- 10 Centros de salud,
- 3 Polideportivos,
- 1 Museo,
- 1 Edificio de ocio,
- 14 Oficinas,

## Análisis de datos

### Ajuste de potencia

Una vez obtenidos datos de consumo durante unos meses, y sobre todo después de un año de monitorización, la primera actuación que realizar es el análisis del ajuste de la potencia contratada pues en varios casos la potencia contratada supera mucho la potencia real. En la Figura 4, podemos observar cómo la potencia contratada, de 140 kW, supera la potencia realmente demandada por el edificio y se puede ajustar la potencia. El primer ajuste se realizó disminuyendo a 80kW, meses después se volvió a ajustar a una potencia inferior de 55 kW.

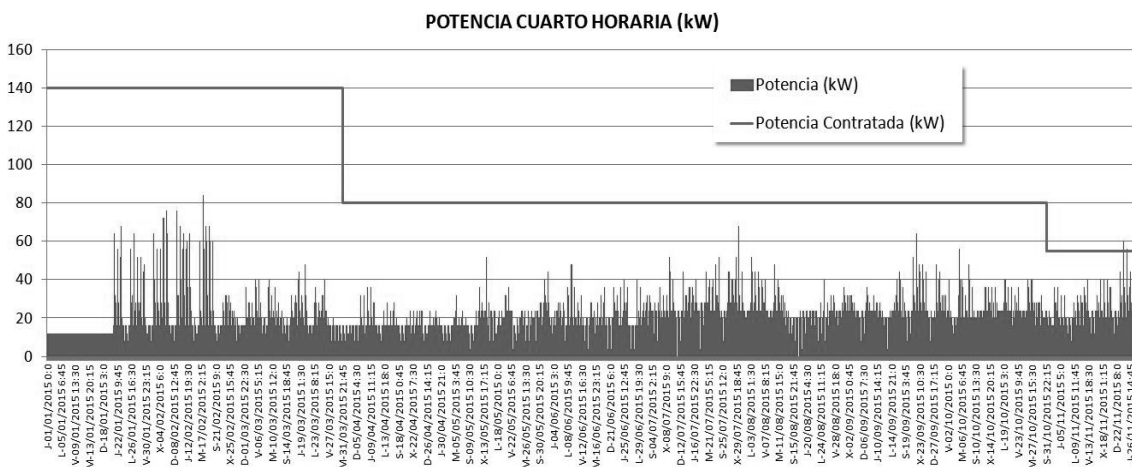


Figura 4. Ejemplo de ajuste de potencia de 140 kW a 55 kW

En España, tras las distintas revisiones de tarificaciones y facturaciones eléctricas, ajustar la potencia contrata supone un ahorro muy importante. En el mencionado caso, la reducción total de potencia consigue disminuir el coste cada mes de 558€, sin IVA, y 703€ incluyendo los distintos impuestos (impuestos sobre la electricidad e IVA). El coste inicial mensual de esta empresa era de 2.775€/mes, por lo que el ahorro conseguido con esta medida ha sido de un 25%.

**Detección de consumos anómalos**

La plataforma de monitorización es muy útil para detectar consumos anómalos por la noche o durante los fines de semana. En la Figura 5 se puede observar cómo, durante la noche del 8 de enero, el consumo nocturno sube de 4kWh a 12kWh por hora respecto a los demás días. Es un claro ejemplo de consumo anómalo. Es este caso probablemente un empleado haya dejado encendida la calefacción en algunas estancias.

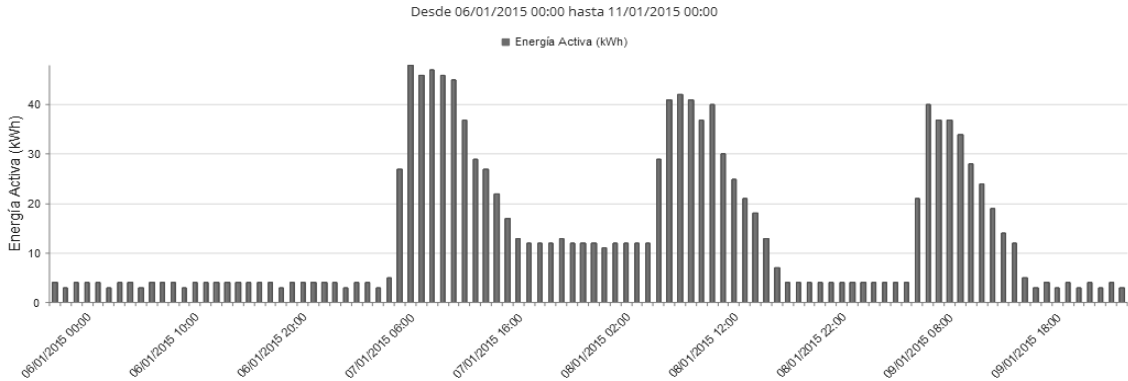


Figura 5. Ejemplo de consumos anómalos por la noche

**Comparativas entre pares**

La comparación de los consumos de distintos edificios de la misma tipología también permite identificar consumos anómalos, comportamiento fuera de lo normal o simplemente ineficiencia en los sistemas de climatización y uso del edificio.

La Figura 6 muestra los consumos eléctricos totales, normalizados por superficie, de distintos centros de salud. Se observa cómo pasa el consumo de un mínimo de 4 kWh/m<sup>2</sup> en abril y noviembre a unos máximos de entre 14 y 16 kWh/m<sup>2</sup> en julio y agosto. En invierno el consumo oscila entre 6 y 10 kWh/m<sup>2</sup>.

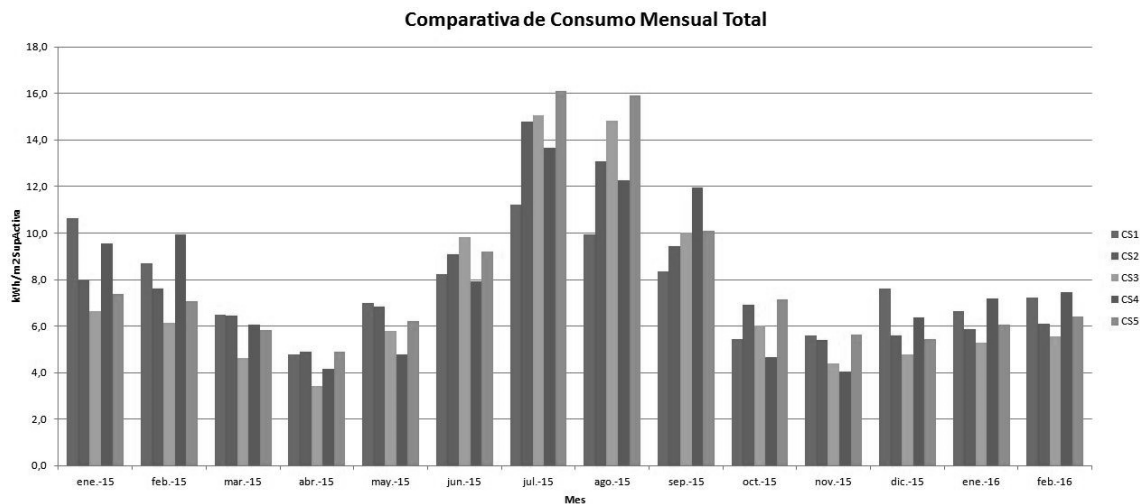


Figura 6. Comparativa de consumos eléctricos mensuales en edificios de oficinas

En cuanto a los centros de salud, se observa en la Figura 7 cómo pasa el consumo de un valor inferior a 3 kWh/m<sup>2</sup> en abril a unos máximos de 6 kWh/m<sup>2</sup> en julio. En invierno, por haber sido el invierno de 2016 muy suave, el consumo oscila entre 3 y 4 kWh/m<sup>2</sup>.

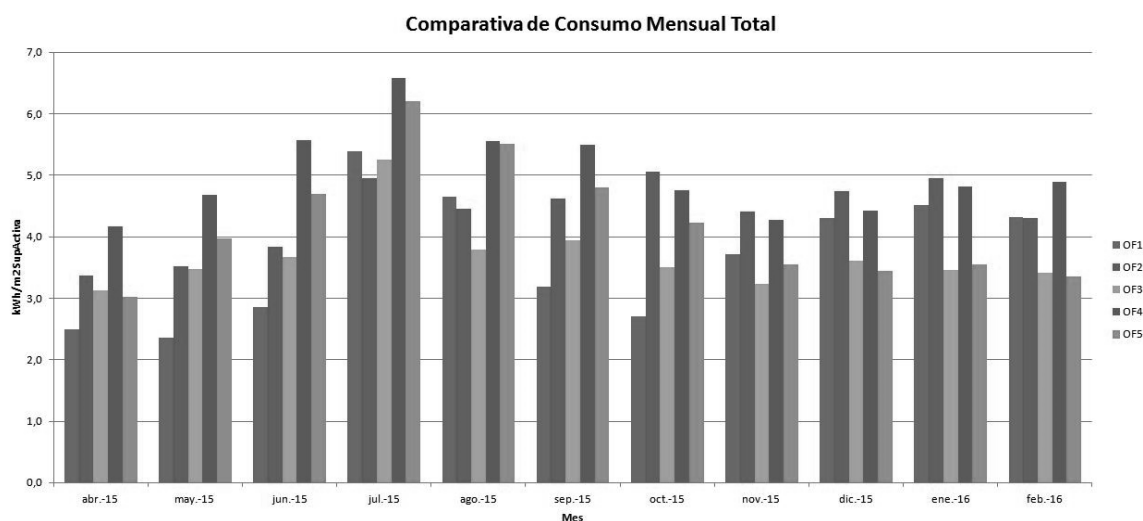


Figura 7. Comparativa de consumos eléctricos mensuales en centros de salud

## AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

A raíz del informe, *E.6.1 – Definición de protocolos*, realizado en la primera fase del proyecto por el grupo de Energética de la Universidad de Málaga (GE UMA), se definieron dos tipos de auditorías que realizar;

1. Una auditoría simplificada consistiendo en realizar una visita en el edificio tomando nota de los sistemas de climatización, sistema de iluminación y envolvente, completada por la realización del certificado energético de estos edificios (Ce3),
2. Una auditoría más profunda incluyendo, aparte de lo mencionado en el punto 1, la realización de una simulación energética del edificio y un análisis de viabilidad técnica y económica de las medidas de mejoras energéticas.

## CONCLUSIONES

La monitorización de consumos eléctricos globales asociada a una auditoría simplificada de edificios son herramientas muy simple y poco costosa que tienen un gran potencial para generar ahorros tanto económicos como energéticos.

En particular la revisión de la potencia contratada es una de las actuaciones más rápida y fácil de poner en marcha. En el estudio realizado en el marco de este proyecto, de los 29 edificios monitorizados (en su mayoría, edificios de oficina y ambulatorios), el 25% de ellos revisaron la potencia contratada generando importantes ahorros alcanzando en algunos casos hasta 700€ mensuales.

Se puede encontrar más información relativa al proyecto en la siguiente página web, [www.me3a.es](http://www.me3a.es).

## AGRADECIMIENTOS

El proyecto ME3A está financiado por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, actual Consejería de Economía y Conocimiento.

## REFERENCIAS

- <http://www.me3a.es> (18 abril 2016)

# CIEMDATALAB-PROYECTO DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO

**Francesco Oliva**, Arquitectura y eficiencia energética, Zeroaplus

**Octavio Cabello Villalobos**, Ingeniería de las instalaciones y eficiencia energética, Zeroaplus

**David de Torres**, Director técnico, Energy-minus

**Daniel Sarasa Fuenes**, Urban Innovation planner, Smart City Program Manager, Ayuntamiento Zaragoza

**Resumen:** Con el proyecto de I+D CiemDatalab, se quiere dar respuesta a la problemática en la gestión energética sostenible de edificios mediante la implantación de nuevas metodologías de optimización energética con herramientas de big data. Nuestro prototipo experimental es el edificio CIEM del Ayuntamiento de Zaragoza. Con este trabajo, buscamos definir unos parámetros de referencia en gestión sostenible para las futuras construcciones de edificios de consumo casi nulo como de edificios existentes. Actualmente somos capaces de diseñar nuevos edificios NZEB y tenemos la tecnología necesaria para generar energía de fuentes totalmente renovables. El nuevo objetivo es conseguimos integrar diseño de baja demanda energética, instalaciones de bajo consumo procedente de fuentes renovables con estrategias de gestión de datos para optimizar al máximo las prestaciones en uso. Tenemos plantadas las semillas para optimizar el ahorro de un edificio NZEB. El proyecto es un estudio sobre edificio de alta eficiencia energética que se utilizado como laboratorio abierto. Un prototipo experimental donde ensayar un modelo metodológico dinámico capaz de orientar estrategias de gestión integral finalizadas a dar resultados a lo largo de la vida útil. Un proyecto prototipo adaptable y repetible dentro de una infraestructura opendata (plataforma EMIOS) accesible y utilizable para nuevas investigaciones.

**Palabras clave:** ECCN, Monitorización, NZEB, Sostenibilidad, Energía, Open Data, Smart City, Diagnóstico de Datos, BIG Data, TIC

## ANTECEDENTES

La propuesta de actividad de I+d, se desarrolla en la ciudad de Zaragoza dentro del marco de Open Urban Lab de Etopia en el Centro de Arte y Tecnología. La propuesta ha sido presentada por Zeroaplus y Energy Minus conjuntamente dentro de la “Convocatoria de proyectos de ciudad inteligente en el marco del Open Urban Lab de Etopia”. El proyecto de una duración de 24 meses al momento se encuentra en el quinceavo mes de desarrollo.



Figura 1. Partners públicos y privados del proyecto

## PROBLEMA GLOBAL CON SOLUCIÓN LOCAL

En Europa, debido a aspectos geopolíticos y de sostenibilidad medioambiental, está presente la necesidad de dar respuestas estratégicas en el ámbito de la gestión energética al parque inmobiliario y las infraestructuras urbanas existentes.

España, dentro de los países de la Unión Europea, es una de las regiones económicas con más dependencia energética, con un stock de infraestructuras y edificios en unas condiciones de uso y funcionamiento que requieren actuaciones inmediatas de rehabilitación y/o optimización en la gestión de los mismos.

Las Comunidades Autónomas, Ayuntamientos, y organismos públicos en general, debido a la presente situación de crisis económica no tienen los recursos necesarios para dar respuestas concretas a la enorme cantidad de bienes disponibles, lo cual representa un problema económico por los costes energéticos y de mantenimiento que llevan asociados.

La mezcla de bajos recursos económicos por parte de la administración pública y el siempre creciente aumento de los costes de mantenimiento y de la energía, junto a los altos compromisos europeos (directiva europea 2010/31/CE) de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumo energético, con la introducción del concepto NZEB (Nearly Zero Energy Building) y EPBD – (Energy Performance Building Directive), obligan a una reinterpretación de la gestión estratégica a nivel de planificación integral en fase de diseño y de uso de los edificios.

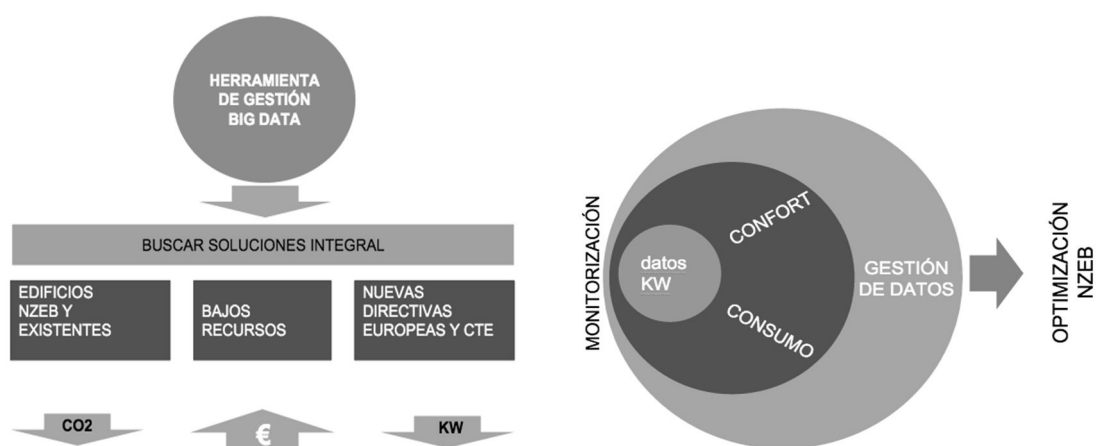


Figura 2. Esquemas con descripción de objetivos del trabajo

## OBJETIVOS

- Definir una metodología de diagnósticos de datos científicos y medioambientales de los edificios NZEB.
- Catalogar soluciones de alta eficiencia energética en uso, medibles y exportables a futuros proyectos.
- Impulsar un protocolo de acción para que los ayuntamientos puedan evaluar el estado energético de las prestaciones de sus infraestructuras.
- Estructurar una certificación en uso de los proyectos NZEB por medio de un análisis de datos con procedimientos no invasivo.

## CIEMDATALAB COMO HERRAMIENTA PARA EVALUACIÓN DE LAS PRESTACIONES DE LOS EDIFICIOS EECN O NZEB

El interés del trabajo subyace en definir unos parámetros de proyecto de un futuro edificio NZEB pasando por el análisis de los datos de una arquitectura en uso de altas prestaciones energética como es el caso del edificio CIEM de Zaragoza. Esto nos sirve para marcar unos protocolos claros de diseño que combinan la evaluación constante del proyecto constructivo de alta eficiencia energética con la gestión y optimización energética del mismo a lo largo de su vida útil.

Para el desarrollo del proyecto nos marcamos una planificación organizada en varios bloques temáticos como se muestra en la imagen.

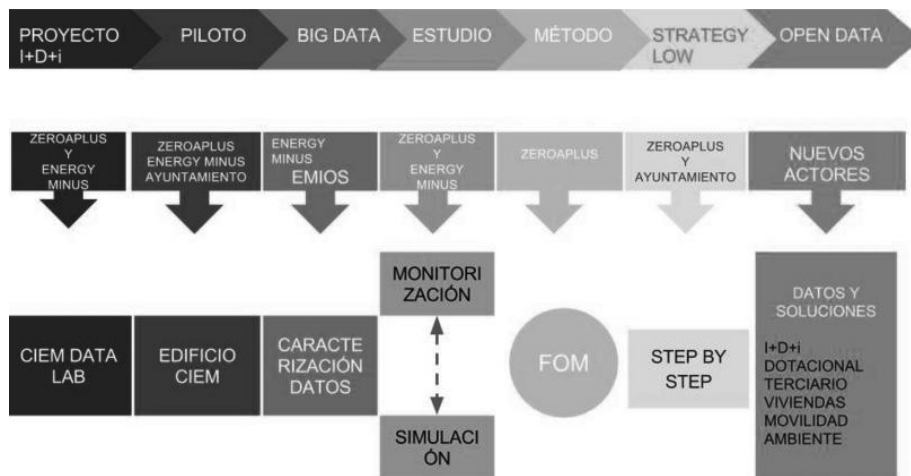


Figura 3. Organigrama de actividades para el desarrollo del proyecto

## LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS EN LOS FUTUROS PROYECTOS DE EDIFICIO NZEB Y LA EDIFICACIÓN EXISTENTE

La nueva tecnología de la información está alcanzando los niveles más altos de experimentación para gestionar gran cantidad de datos (Big Data). La capacidad de poder acceder a ellos es fundamental para la correcta interpretación de los mismos y para evaluar su potencial en vista de las mejoras en la gestión.

Serie	Columna 1	Unidad 2	Columna 2	Unidad 2	Columna 3	Unidad 3	Columna 4	Unidad 4	Columna 5	Unidad 5	Columna 6	Unidad 6	Columna 7	Unidad 7	Columna 8	Unidad 8	Columna 9	Unidad 9	Columna 10	Unidad 10
consumoelectrificoclima	MC-CL-I2	A	MC-CL-P1	Kw	MC-CL-P2	Kw	MC-CL-IV	kwH	MC-CL-I1	A	MC-CL-I3	A	MC-CL-P3	KW						
consumoelectrificogeneral	MC-CG-I2	A	MC-CG-IV	kwH	MC-CG-I1	A	MC-CG-P1	KW	MC-CG-P2	KW	MC-CG-I3	kwH	MC-CG-P3	KW						
contadoreskcal	MC-CK-EN	kwH	MC-CK-P2	kwH	MC-CK-CL	kwH														
climatizador	DT-CL-TI	°C	DT-CL-TR	°C	DT-CL-TE	°C	DT-CL-QI	M3/S	DT-CL-QR	M3/S	DT-CL-VF	%	DT-CL-VC	%	DT-CL-VI	%				
geotermia	DT-GT-TI	°C																		
plantabaja	PB-Z1-TA	°C	PB-Z2-TA	°C	PB-Z2-TP	°C	PB-Z3-TA	°C	PB-Z1-TS	°C	PB-Z1-V1	%	PB-Z2-TS	°C	PB-Z1-V2	%	PB-Z1-V3	%	PB-Z3-TS	°C
plantacubierta	PC-LC-CP	0-1	PC-LC-TA	°C	PC-LC-LL	0-1	PC-SE-TA	°C	PC-NO-TA	°C	PC-LC-OS	0-1								
plantaprimera	P1-Z1-TA	°C	P1-Z2-TA	°C	P1-Z3-TA	°C	P1-Z4-TA	°C	P1-Z5-TA	°C	P1-Z6-TA	°C	P1-Z7-TA	°C	P1-Z8-TA	°C	P1-Z9-TA	°C	P1-P1-TA	°C
plantasegunda	P2-Z1-TA	°C	P2-Z2-TA	°C	P2-Z3-TA	°C	P2-Z4-TA	°C	P2-Z5-TA	°C	P2-Z6-TA	°C	P2-Z7-TA	°C	P2-Z8-TA	°C	P2-Z9-TA	°C	P2-P1-TA	°C
plantatercera	P3-Z1-TA	°C	P3-Z2-TA	°C	P3-Z3-TA	°C	P3-Z4-TA	°C	P3-Z5-TA	°C	P3-Z6-TA	°C	P3-Z7-TA	°C	P3-Z8-TA	°C	P3-Z9-TA	°C	P3-P1-TA	°C
bombacalor	BC-CE-TR	°C	BC-CE-TI	°C	BC-CE-VL	M3	BC-CE-PT	KW	BC-CE-EC	KWH	BC-CE-DT	°C	BC-CE-QL	LH						
caldera	CD-CD-VL	M3	CD-CD-TI	°C	CD-CD-TR	°C	CD-CD-PT	KW	CD-CD-EC	KWH	CD-CD-DT	°C	CD-CD-QL	LH						
pozo	PZ-PZ-TI	°C	PZ-PZ-TR	°C	PZ-PZ-QL	LH	PZ-PZ-DT	°C	PZ-PZ-VL	M3	PZ-PZ-EC	KWH	PZ-PZ-PT	KW						
compuertas	PC-LC-CP	0-1	PC-CS-CP	0-1	P3-CP-PM	0-1	PC-CN-CP	0-1	P2-CP-PM	0-1	P1-CP-PM	0-1	DT-GT-CP	0-1						
climatizadocompuertas	PB-Z2-CP	0-1	DT-GT-CP	0-1	DT-CP-HB	0-1	DT-GT-HR	%HR	DT-CL-TE	°C										
datosenfriadora	EN-PZ-TA	°C	EN-EN-TI	°C	EN-CS-TE	°C	EN-CP-TS	°C	EN-CS-TS	°C										
datoscaldera	CD-CD-TI	°C	CD-CD-TR	°C	SR-CA-TI	°C	SR-CA-B1	0-1	SR-CA-B2	0-1	EN-CS-TS	°C	EN-CP-TS	°C						
	NUEVOS SENSORES A AÑADIR EN EMIOS																			
	DAR DE BAJA EN EMIOS																			
	SENSORES COMPROBADOS QUE FUNCIONAN CORRECTAMENTE																			
	FALLO EN EL SENSOR. MANTENER PORQUE TIENE DATOS ÚTILES																			
	SENSORES CON DATOS BUENOS QUE AÚN NO ESTÁN INCORPORADOS A EMIOS																			

Figura 4. Clasificación de familias de datos

En el ámbito de la eficiencia energética en el sector de la edificación, un sector en crecimiento con más del 40% de incidencia en el ámbito del consumo y emisiones de gases contaminantes, tener datos históricos del comportamiento energético es fundamental para un diseño más eficaz de planificación y gestión estratégica.

Estamos delante del nacimiento de nuevos paradigmas que incorporan datos en el ámbito del diseño de la planificación. Hasta hace muy pocos años incorporar datos de funcionamiento de los edificios y de las infraestructuras urbanas representaba una labor técnicamente compleja y económicamente poco viable. Hoy, con pocos instrumentos de lectura de consumo del edificio somos capaces de interpretar el origen de sus consumos y detectar fallos de funcionamiento y corregirlos para mejorar sus prestaciones.

Por su diseño de “CERO” emisiones y tecnología con múltiples sensores el edificio CIEM (Temperatura interior y exterior, humedad relativa, calidad del aire, y parámetros de consumo eléctricos) se convierte en un verdadero laboratorio para los estudios de optimización energética y ambiental.



Figura 5. Vista general del edificio CIEM de Zaragoza

En este edificio se implanta un sistema de procesamiento de datos basado en Big Data, llamado EMIOS con el que hemos sido capaces de recopilar, clasificar e interactuar con los datos históricos de funcionamiento del edificio a lo largo de 4 años de funcionamiento.

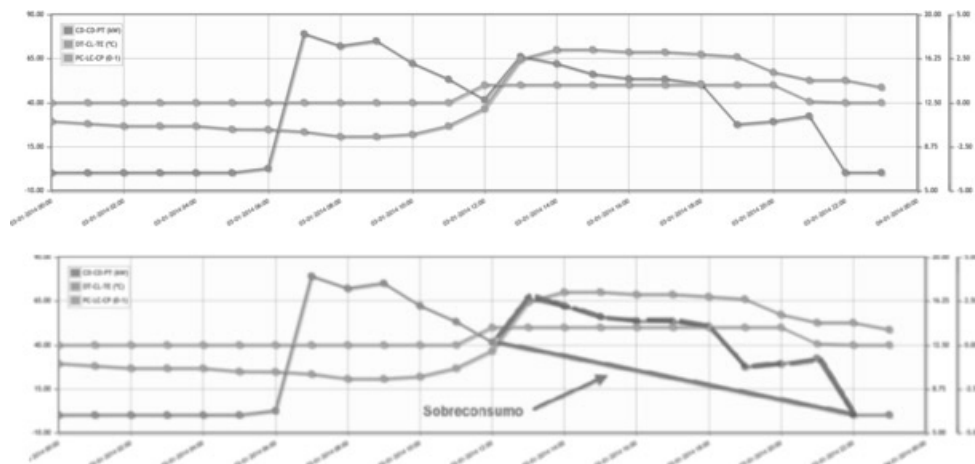


Figura 6. Análisis de datos utilizando la herramienta EMIOS

Con estos datos, clasificados y ordenados según familias estamos caracterizando al máximo el comportamiento del edificio para mejorar su gestión, optimizar el consumo y controlar su calidad ambiental. Tenemos a nuestra disposición más de 40 millones de datos y más de cientos de sensores para empezar un proceso complejo de simplificación de la definición los patrones de comportamiento de los edificios y generar nuevas dinámicas que se puedan exportar en edificios de servicios parecidos para mejorar la calidad ambiental y reducir consumos.

Las optimizaciones que se han realizado se ciñen en ajustes de funcionamiento, horarios, parámetros de temperatura, uso activo de la inercia térmica. Todo esto implantado sin necesidad de inversiones adicionales.

Los primeros resultados obtenidos son muy esperanzadores, constatamos que sin bajar el confort de los usuarios del edificio y con estas optimizaciones se recortan los consumos energéticos de manera apreciable.

Gracias a los datos obtenidos en la monitorización del edificio y el uso de una herramienta (EMIOS) hemos sido capaces de ajustar un modelo de simulación del edificio con el que experimentar de manera previa a su puesta en marcha, optimizaciones y ajustes en el edificio. Posteriormente hemos introducido la previsión meteorológica en la ecuación del edificio, y hemos constatado que los cambios en la gestión basados en la previsión de las condiciones externas es una herramienta no solo útil, sino que permite incrementar los ahorros energéticos de la instalación.

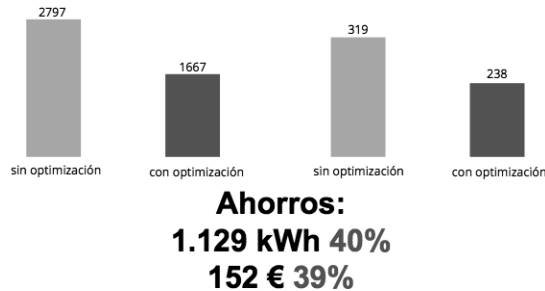


Figura 7. Análisis de datos utilizando la herramienta EMIOS. Resultados obtenidos a lo largo de un periodo concreto de una semana de actuación con estrategias de optimización energética de bajo impacto

## ANÁLISIS DE UN CASO CONCRETO. ESTUDIO DE LOS DATOS DE LA INSTALACIÓN GEOTERMIA AIRE

En el caso de la geotermia con temperatura exterior, llega hasta 42 grados y la temperatura a la que se capta el aire en el edificio máximo 27 grados. En la segunda semana de agosto, que es de las que se define como “tropical”, vemos tres días con temperaturas superiores a los 40 grados (42) y temperaturas nocturnas en torno a los 30, sin embargo, el sistema se alimenta de aire de entre 24 y 27 grados, son saltos térmicos de 15 grados.

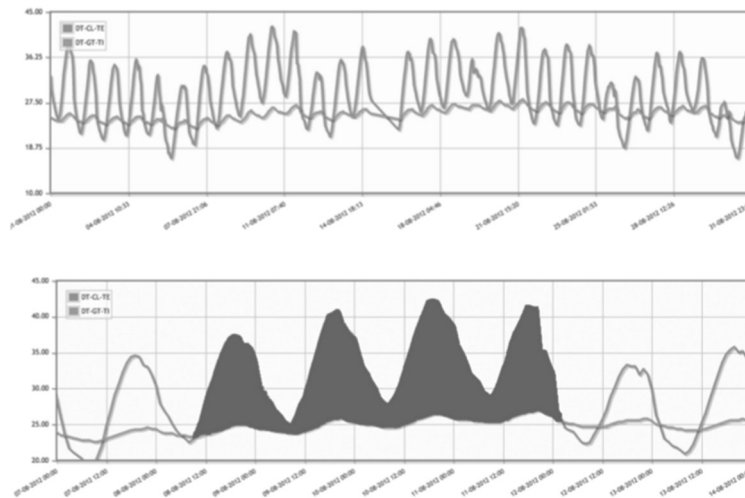


Figura 8. Potencial de ahorro detectado por medio de los análisis de los datos

El diagnóstico de los datos de comportamiento de la geotermia nos proporcionó un importante punto de partida para comprobar el funcionamiento real de los conductos. Posteriormente nos pusimos a analizarlo por medio de una simulación dinámica y detectamos un posible error en el diseño de los conductos de entrada de aire y el bajo o nulo funcionamiento de algunos. Con esto se planteó un nuevo diseño optimizado de la geotermia por el caso concreto del edificio CIEM.



## CONCLUSIONES

Después de un largo análisis y caracterización de los datos energéticos empezamos a tener una información muy concreta del comportamiento del edificio, el funcionamiento de su envolvente como de las instalaciones. Además, empezamos a tener datos del comportamiento y el uso del edificio por parte de los usuarios.

La información nos da datos concretos de cómo actuar en optimización energética y medioambiental:

1. Un primer nivel de bajo impacto que se ciñe en la aplicación de protocolos de usos responsable de las instalaciones por parte de los usuarios.
2. Un segundo nivel que busca la optimización energética de las instalaciones por medio de un control de las mismas sin tener que menoscabar la calidad y el confort de los usuarios.
3. Un tercer nivel de actuación en mejoras de aquellos puntos críticos del edificio (envolvente e instalaciones) que realmente representan una mejora energética a lo largo de la vida útil.

La tendencia general que marca el diseño de los futuros edificios NZEB pasa por un control de la demanda según las indicaciones de diseño passivhaus, integración de sistemas de producción de energía renovable para el control del consumo y una gestión inteligente.

Los NZEB o edificios de consumo casi nulo hoy son viables y controlables en fase de pre-construcción y post-construcción. La implementación de las últimas tecnologías en diseño BIM (Building Information Modeling) donde es posible orientar variables de la arquitectura en diseño, construcción y gestión es una realidad experimentada. Dentro del diseño BIM con el incipiente concepto 6D de control del entero ciclo de vida de un proyecto, nos damos cuenta que el paso siguiente es incorporar todos estos procedimientos bajo una monitorización y diagnóstico científico de los datos para la pre-evaluación y confirmación de las prestaciones o la aplicación de estrategias de optimización orientada a mantener los objetivos de diseño ECCN.

## REFERENCIAS

- Dan Riskin, The Next Revolution in Healthcare en Forbes. 1 de octubre de 2012. [www.forbes.com/sites/singularity/2012/10/01/the-next-revolution-in-healthcare/](http://www.forbes.com/sites/singularity/2012/10/01/the-next-revolution-in-healthcare/)
- Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. [www.mckinsey.com/insights/mgi/research/technology\\_and\\_innovation/big\\_data\\_the\\_next\\_frontier\\_for\\_innovation](http://www.mckinsey.com/insights/mgi/research/technology_and_innovation/big_data_the_next_frontier_for_innovation). Julio, 2011.
- Bonnie Feldman, Ellen M. Martin y Tobi Skotnes. Big Data in Healthcare. Hype and Hope. <http://es.scribd.com/doc/107279699/Big-Data-in-Healthcare-Hype-and-Hope>, Consultora Dr. Boonie 360º, octubre 2012.
- CTE DB HE: Ahorro de Energía.
- De la Casa Pasiva al Estándar Passivhaus. Micheel Wassouf. Gustavo Gili Editorial.
- Proyecto ZEBRA 2020.
- Proyecto de investigación MED-MAIN materiales inteligentes. 2015.

# ESTRATEGIAS DE OCUPACIÓN, OPERACIÓN Y GESTIÓN DE ENERGÍA CASI NULA PARA EL EDIFICIO DE RECTORADO UNSJ, SAN JUAN, ARGENTINA

**Bruno Arballo**, Becario CONICET/UNSJ, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

**Ernesto Kuchen**, Investigador CONICET, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

**Alción Frank**, Becaria CONICET, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

**Yesica Alamino**, Becaria CONICET/UNSJ, Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha)

**Resumen:** El sector edilicio es responsable del 40% del consumo de energía mundial y del 51% en la Provincia de San Juan, Argentina. El objetivo del trabajo es evaluar estrategias de reducción del consumo energético mediante la introducción de conceptos de energía casi nula en edificios existentes. En este trabajo se estudia el Edificio del Rectorado de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), el comportamiento del usuario, los costos de operación y gestión de energía y el potencial uso de energías renovables. A través de la aplicación de las estrategias de bajo costo, la demanda energética llega a cubrirse en un 80%. La incorporación de energía renovable, permite cubrir el 100% de la demanda energética, alcanzando la meta de energía casi nula con una recuperación de la inversión en 4 años.

**Palabras clave:** Edificios Energía Casi Nula, Edificios Públicos, Energía Solar

## INTRODUCCIÓN

Según datos recientes de la Secretaría de Energía de la Nación Argentina (SEN), el 87% de la energía primaria del país, proviene de hidrocarburos. Como medida de ahorro el Decreto 140/2007, propone la reducción del 10% del consumo de energía en edificios públicos. Aunque esta medida es para el corto plazo, es un primer paso en cuidado de recursos energéticos. A nivel mundial, las edificaciones representan alrededor del 40% del uso de energía, constituyéndose naturalmente en potenciales escenarios de ahorro de energía y emisiones.

Un edificio con una alta eficiencia energética genera bajo impacto ambiental (EnBop, 2008, en Toranzo *et al.*, 2012). En Edificios Energía Casi Nula (del inglés Net Zero Energy Buildings, *NZEB*), la gestión del uso de la energía se basa en reducir al mínimo la demanda del edificio combinando estrategias de costo cero en la fase de ocupación (adaptación del usuario) y de bajo costo en la fase de operación (control y optimización), con mejoras constructivas de la envolvente del edificio e implementación de energía renovable generada in situ.

Según estudios en edificios locales llevados a cabo en proyecto PICT2009-0014 Res.ANPCyT-304/2010, "EEC, Eficiencia Energética y Confort en Espacios de Trabajo", el usuario es responsable del mal uso de la energía y los ítems climatización y aparatos de consumo eléctrico (ACE), sobre los cuales debe aplicarse estrategias de uso racional y eficiente de la energía (URE).

De considerar la elevada radiación solar en la región (San Juan, Argentina), el creciente aumento del costo energético (incremento >300% en 2016), se llega a justificar el empleo de tecnología fotovoltaica, en pos de alcanzar la meta NZEB. En este contexto, el objetivo de la investigación es definir potenciales de ocupación, operación y gestión para aplicar el potencial NZEB en edificios públicos. Para ello, se toma el Edificio de la Sede Central de Rectorado de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina en adelante "ECU", se detectan potenciales de reducción del consumo energético, se implementan estrategias de bajo costo y se estudia el potencial empleo de energía solar. Finalmente, se fundamenta una propuesta de mejora para el edificio, definida en términos de viabilidad económica y aplicación en el contexto local.

## METODOLOGÍA

Para el análisis, se consideran los fundamentos NZEB desarrollados en Hootman (2013). Los datos del edificio en análisis, se toman mediante trabajo de campo. Se realizan mediciones y encuestas simultáneas en el edificio de Rectorado de la UNSJ, en las tres estaciones (invierno, verano y período transitorio). La observación del edificio es de tipo transversal y la cantidad de datos relevados (25 espacios), permite conseguir una distribución normal. Se releva la potencia instalada en climatización y artefactos de consumo eléctrico, se relevan datos de consumo y se detectan potenciales de ahorro energético de baja y elevada inversión. Se elabora una propuesta de NZEB para el edificio ECU.

## DESARROLLO

### Concepto NZEB

Un edificio NZEB se define como aquel en que el balance energético está en equilibrio. En estos, la cuota económica del costo de energía es cero durante un período de tiempo (anual). En general presentan alto rendimiento energético, la gestión de la energía es racional y parte de ella se cubre mediante el uso de fuentes renovables. Estos aspectos se pueden expresar holísticamente en la ecuación conceptual de la Figura 1, en la cual se consideran variables de análisis de tipo subjetivas y objetivas y en donde la propuesta de un diseño pasivo, sumado a la eficiencia del sistema energético y la aplicación del potencial renovable minimizan y equilibran un proceso integrado por la ocupación, operación y gestión del edificio durante su vida útil (ver Hootman, 2013).



Figura 1. Ecuación Conceptual de Tom Hootman

### Edificio ECU

El objeto de estudio es el Edificio de Rectorado de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina (ECU), construido entre 1949 y 1952, diseñado con criterios bioclimáticos, situado en zona bioambiental IIIa (Norma IRAM 11603), con altitud de 630 metros, Latitud 31,6° Sur y Longitud 68,5° Oeste, clima templado cálido seco, con temperatura exterior media anual de 17,2°C, humedad relativa media de 53%, elevada radiación solar anual de 2239.64 kW/m<sup>2</sup>, 3300 horas de sol/año, amplitud térmica anual y diaria elevada >14K (Kelvin) y vientos del sector sud-este.

Fachada Norte



Fachada Sur



Figura 2. Edificio Rectorado de la UNSJ, San Juan, Argentina

Estos condicionantes se resuelven en una propuesta arquitectónica de tipo pasivo en la que se destacan aspectos como: inercia térmica en muros, parasoles horizontales/verticales, variación del porcentaje de vidrio según la orientación de fachada, desarrollo longitudinal en sentido este-oeste, con ventajas en ventilación, ganancia solar y retardo/amortiguación de la onda de calor (ver Kuchen et al. 2011).

## Estrategia de Ocupación

Los datos de comportamiento energético del usuario de ECU, obtenido de encuestas durante la jornada laboral por estación de análisis, en relación a su actitud ante el control de la temperatura para alcanzar el confort térmico, permiten construir la Figura 3. Se destacan tres estrategias pasivas que los usuarios emplean: la adaptación de la ropa, la apertura de puertas y apertura de ventanas. En promedio, el 67% de las estrategias empleadas por el usuario para restituir su condición de confort, son de tipo pasiva.

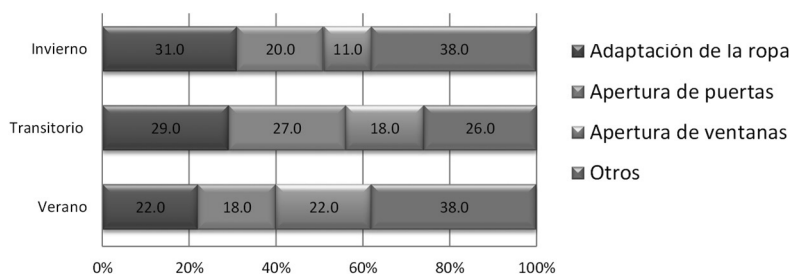


Figura 3. Estrategias de adaptación de los usuarios en ECU – por período

Esto indica un elevado potencial de adaptación de los usuarios al clima local y con ello a la posibilidad de considerar su adaptación como estrategia de eficiencia energética. A raíz de este estudio, se encuentra que el usuario es responsable de 33% sobre el mal empleo de la energía (ver Alonso-Frank *et. al.*, 2015) y se comienza con la instrumentación del proyecto de investigación MUEEE, *Manual de Usuario para la Eficiencia Energética en Edificios*. Estos aspectos se resumen en un análisis de viabilidad económica para identificar al usuario como una variable económica en el funcionamiento del edificio.

## Estrategia de Operación

El funcionamiento del ECU exige considerar la potencia instalada y los valores de consumo energético. En cuanto a la demanda de energía, ECU posee un sistema de climatización mixto. La potencia de calefacción está dada por una caldera de gas (baja demanda de energía). La potencia de refrigeración es por bomba de calor de 33,9kW, cuatro sistemas de tipo splits central de 13,9 kW y siete equipos splits individuales de 2 kW, llegando a un total de 103,5kW de potencia eléctrica. En el sector de oficinas, el ítem Artefactos de Consumo Eléctrico (ACE) representa el 33% de la potencia instalada en el edificio. Los ACE se distribuyen en PC (43%), Estufa Eléctrica (20%), Lámpara compacta (14%), Lámpara fluorescente (10%), Teléfonos (5%), Otros (8%). La demanda de energía final del edificio asciende a un total de 153,64 kWh/m<sup>2</sup>a.

En cuanto al consumo de energía final para un año de referencia (2012), el edificio consume 438856 kWh. El consumo final del sector de oficinas es de 393386,87 kWh (EPRE, 2012), alcanzando un índice de eficiencia de 161,1 kWh/m<sup>2</sup>a. El consumo de energía en el sector de oficinas se distribuye en función de los siguientes ítems: Climatización (39%), Aparatos de Consumo Eléctrico (33%), Iluminación (14%) y Ventilación (7%), según estudios en Toranzo *et. al.* (2012).

## Estrategia de Gestión

En Alamino *et. al.* (2015), se destacan medidas con inversiones (bajo costo) y sin inversiones (costo cero), para edificios públicos, a fin de disminuir el consumo energético manteniendo el bienestar del usuario dentro del espacio de trabajo. La Figura 4, expone diferentes porcentajes de ahorro sobre el consumo general, que pueden gestionarse durante la vida útil del edificio, contabilizando control del set-point de

temperatura de climatización, programación y control en modo eficiente de ACE (PC), control de fugas en aberturas, control de iluminación artificial y un plan de recambio de ACE de tipo eficiente en el tiempo. De aplicar estas estrategias se alcanzaría un óptimo de reducción de consumo energético del 47%. En conjunto con las estrategias de ocupación y operación del 33% se conduce una eficiencia energética del **80%** en el edificio. Dentro de la estrategia de gestión, plantear la meta NZEB exige considerar la incorporación de tecnologías en el uso de renovables producidas in situ. El nivel de eficiencia propuesto como meta, no tiene precedentes en la región.

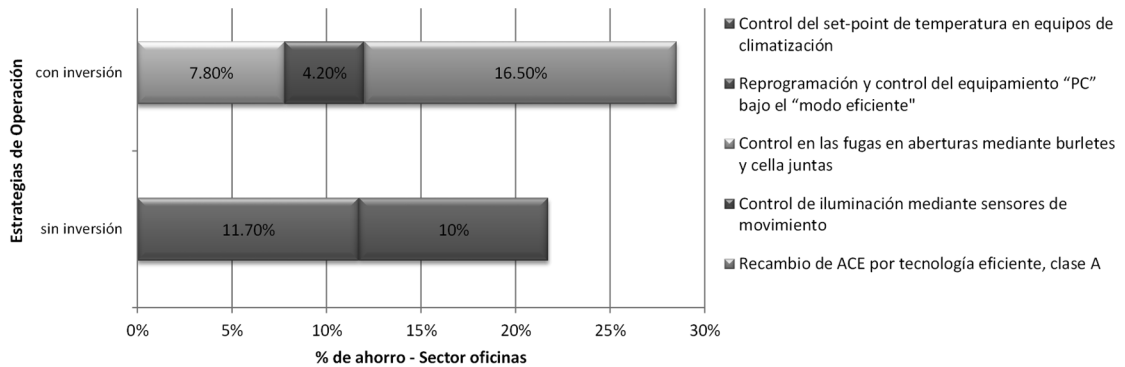


Figura 4. Estrategias de ahorro aplicadas al Sector de oficinas

### Estrategia uso de Energía Renovable

Se analiza el potencial uso de renovable mediante la generación de energía eléctrica de origen solar. Se lleva a cabo un dimensionamiento y se simula un sistema fotovoltaico. Se emplea un esquema geométrico y el software de simulación Solarius-PV (v.7.00g). Los datos de radiación solar sobre plano horizontal son cargados a partir de la base de datos de la planilla de cálculo desarrollada por el CEEMA, para el cálculo de radiación solar sobre el plano, para días claros y cielo promedio (Gonzalo 2002). La selección tecnológica, se basa en disponer de un módulo fotovoltaico tipo "AS-6P30", de dimensiones: 1650 x 991 x 46mm, comercializado por Aldar S.A. y fabricado por Amerisolar. Este, posee 60 celdas de silicio policristalino, potencia nominal máxima de 255W y nivel de eficiencia máxima del 15,9%. El costo aproximado es de 261,6 EUROS (en Europa). La misma tecnología en Argentina cuesta pesos argentinos (\$) 7000.

#### Dimensionamiento y Rendimiento del Sistema

La superficie de captación total considerada para la instalación de módulos es: 9 x 43m, con ángulo de inclinación de 12° para optimizar el uso del espacio. De esta manera es posible colocar 200 módulos, a modo de techo sombrilla, con funciones bioclimáticas, como se observa en la Figura 5.

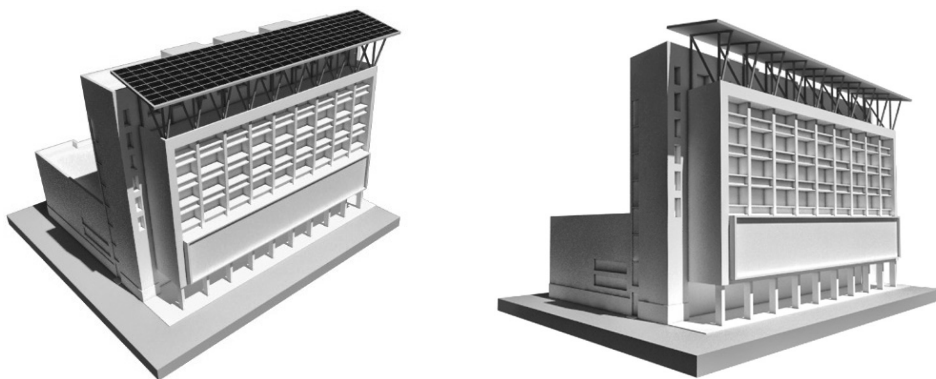


Figura 5. Diseño de la estructura de soporte para el sistema fotovoltaico

La generación de energía prevista mediante tecnología fotovoltaica asciende a 91400 kWh/a, llegando a picos mensuales con radiación acumulada de 20931 kWh. La inversión en este sistema es elevada y exige considerar su viabilidad económica en el contexto local.

## Viabilidad Económica y Gestión

En este apartado se lleva a cabo un estudio de los consumos de energía e inversiones en tecnología solar fotovoltaica, a fin de alcanzar la meta NZEB para ECU. El análisis de viabilidad parte de considerar la evolución del precio de la energía \$/kWh, que se viene dando en el último tiempo bajo el modelo europeo. Siempre en aumento (Eurostat, 2016), constituye la tendencia del pronóstico del precio de la energía en Argentina. La Figura 6, muestra el incremento que se produce en España. Argentina con un precio de \$0,53/kWh en 2015 (T3-BT EPRE, 2015), sufre un incremento del 300% en 2016, llegando a \$1,59/kWh. Es política de Estado el URE y junto a ello un incremento paulatino hasta llegar a nivelar el valor europeo (ver Figura 6).

De aplicarse en ECU, las estrategias de ocupación, operación y gestión, en 2016, se alcanzaría un ahorro del consumo energético del 80%, en 2018, es decir que el consumo bajaría drásticamente de 438856 kWh/a a 87771 kWh/a. El ahorro potencial en el período 2016-2017 permitiría cubrir la primera fase de inversión ocupada en estrategias de costo cero (educación del usuario) y de bajo costo (operación y gestión de la energía), consistente en educación del usuario, control de fugas, setting de temperatura de climatización, control de iluminación, recambio de ACE y mantenimiento de edificio, que asciende a \$160000,00.

El ahorro potencial del período 2017-2018 permite alcanzar el beneficio necesario para abordar la segunda fase de inversión en el sistema solar fotovoltaico. Esta segunda fase conduce al ahorro del más del 100% de la energía, obteniendo el mayor beneficio a partir del año 2020 con recupero total de la inversión realizada y permitiendo alcanzar la meta NZEB (ver Figura 6). El ahorro potencial desde el año 2020, permitiría cubrir ampliamente aspectos de mantenimiento, operación y gestión de la energía a futuro.

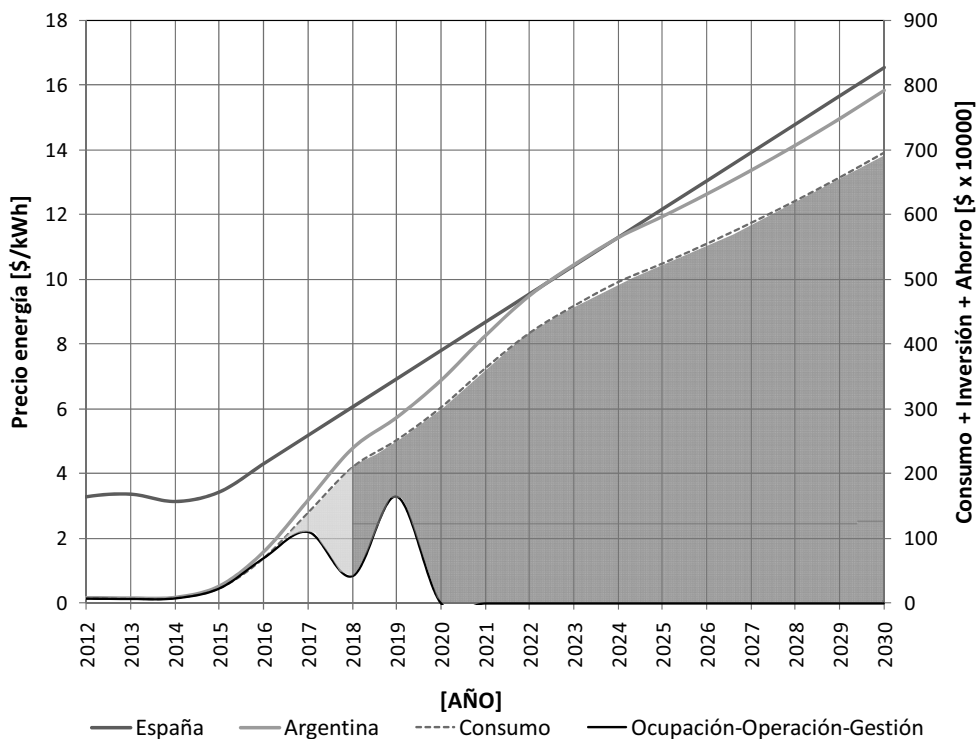


Figura 6. Esquema de la viabilidad económica del plan de inversión en el escenario del costo de energía

## CONCLUSIONES

El costo de la energía en Argentina de los últimos años ha determinado el rumbo de las políticas y estrategias para abordar la eficiencia energética y el cuidado de recursos. En el tiempo se pronosticaron incrementos del precio de la energía que hoy se ven reflejados en un 300% en el último año y posibles aumentos en los próximos. Se prevé una nivelación del precio con los países europeos que se sitúan en factor 6,5 sobre el de Argentina.

A partir del trabajo de campo en ECU se detectan estrategias de ocupación de costo cero y de bajo costo que conducen enormes ahorros potenciales, en el orden del 80% en el corto plazo. Alcanzar estas mejoras en la eficiencia energética del edificio, con recuperación total de la inversión en el primer año, no tiene precedentes en estudios de eficiencia energética en edificios públicos en la provincia de San Juan, Argentina.

La aplicación del potencial solar lleva a evaluar su viabilidad económica en el tiempo. Con la evolución del precio de la energía actual, de aplicarse dicho potencial, se reduce el consumo en más del 100% logrando la meta NZEB con recuperación de la inversión total en 4 años (mediano plazo). Incorporar potencial solar adicional permitiría alcanzar el edificio Energy Plus, con características de innovación en el campo de la arquitectura a nivel local. Los aspectos legales sobre el uso de una red en la que los usuarios generan e inyectan energía al sistema se encuentra en tratamiento en el país.

El presente trabajo sienta un referente de estudio en el impulso de políticas locales y en la implementación de conceptos NZEB en edificios públicos. Finalmente disponer de estos avances lleva a reducir las emisiones e impacto ambiental y aportar a un proceso de concientización del uso adecuado de la energía por parte de los usuarios.

## REFERENCIAS

- Toranzo, E., Kuchen, E., & Alonso, A. (2012). Potenciales de eficiencia y confort para un mejor funcionamiento del Edificio Central de la Universidad Nacional de San Juan. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente*, 16, 157–164.
- EnBop, (2008). *Energie Betriebsoptimierung*. <http://www.enob.info>.
- Hootman, T., (2013). *Net Zero Energy Design: A Guide For Commercial Architecture*. John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-01854-5.
- Alonso-Frank, A.; Kuchen, E.; Alamino, Y., (2015). *DEVELOPING AN ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT TOOL FOR BUILDINGS ACCORDING TO USER BEHAVIOUR INDOORS*. PLEA, *Passive and Low Energy Architecture*. Bologna, Italia.
- Kuchen, E. (2008). *Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäuden*. Tesis de Doctorado. ISBN: 978-3-89959-783-7. Der Andere Verlag, S. 203. Tönning, Deutschland.
- Secretaría de Energía de la Nación (2012). *Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina – GEF*, <http://energia3.mecon.gov.ar>.
- Alamino, Y., Kuchen, E., Gil Rostol, C., & Alonso Frank, A. (2015). Monitoreo de funcionamiento y estrategias de eficiencia energética para el edificio público de Obras Sanitarias Sociedad del Estado, San Juan, Argentina. *Revista Hábitat Sustentable*, 5, 14–23.
- Good, C., Andresen, I., & Hestnes, A. G. (2015). ScienceDirect *Solar energy for net zero energy buildings – A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic – thermal (PV/T) systems*. *SOLAR ENERGY*, 122, 986–996.
- G. E. Gonzalo, (2002). Programa para el cálculo de radiación solar para cualquier orientación del plano, para días claros y para cielos promedios. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) - IAA - FAU – UNT.
- Kuchen, E.; Plesser, S.; Fisch, M.N. (2011). *Eficiencia Energética y Confort en Edificios de Oficina*, XI ENCAC *Encuentro Nacional de Conforto no Ambiente Construido*, ISBN: 978-85-89478-20-5, Rio de Janeiro, Brasil.

## PATROCINIO ORO:



## PATROCINIO PLATA:



## PATROCINIO BRONCE:

