

CONTART 2016. La Convención de la Edificación
20 - 22 de abril de 2016; Granada (Spain): Colegio Oficial de Aparejadores y
Arquitectos Técnicos de Granada. Consejo General de la Arquitectura Técnica
de España, p.545-555

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA ENVOLVENTE. APLICACIÓN A UN CASO REAL

CLARO PONCE, JOSÉ CARLOS¹; RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, CARLOS E²;
MARRERO MELENDEZ, MADELYN³

1: Construcciones Arquitectónicas II

e-mail: jclaro@us.com, web: www.departamento.us.es/ca2/

2: Construcciones Arquitectónicas II

e-mail: ceugenio@us.com, web: www.departamento.us.es/ca2/

3: Construcciones Arquitectónicas II

e-mail: madelyn@us.com, web: www.departamento.us.es/ca2/

Palabras clave: envolvente; eficiencia energética; blowerdoor; termografía.

RESUMEN

En edificios existentes, el diagnóstico de las condiciones energéticas de la envolvente cuenta con numerosas herramientas informáticas avanzadas que permiten modelizar el funcionamiento de la misma. Sin embargo determinados parámetros clave en el comportamiento energético son por defecto, a partir de aproximaciones teóricas o valores nominales.

Se plantea como objetivo la mejora de este procedimiento para acercarlo a las condiciones existentes en el inmueble, sumando nuevas tecnologías de diagnosis al área de eficiencia energética en la edificación. Para ello se utiliza un edificio residencial plurifamiliar situado en Sevilla con problemas de infiltraciones de aire en la envolvente afectando al confort interior. La solución constructiva la conforma una fachada ventilada exterior apoyada sobre una citara y una cámara de aire interior no ventilada con tabiquería de yeso laminado. El proyecto del edificio es anterior al Código Técnico de la Edificación.

1. INTRODUCCIÓN

La edificación es un sector de enorme influencia en la evolución del consumo de energía y las emisiones de CO₂. En el conjunto de la Unión Europea, los edificios son responsables del 40% del consumo total de energía (WWF, 2010) y del 36% de las emisiones de dióxido de carbono. En España, las viviendas y los edificios del sector terciario representan el 26% del consumo de energía final, un 17% y 9%, respectivamente (IDAE, 2009). Además, tan sólo el uso de energía en las viviendas supone la quinta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero de nuestro país. Si a estas, además, se les suma las originadas en el propio proceso de construcción de los edificios, se concluye que el sector residencial concentra la tercera parte del total de emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (WWF, 2010).

Existe en la actualidad un amplio consenso sobre la importancia estratégica de los edificios para alcanzar los objetivos comunitarios de eficiencia energética y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La construcción de nuevos edificios bajo requisitos de diseño y eficiencia energética mucho más exigentes que los actuales y que demanden poca o ninguna energía (edificios de consumo de energía casi cero o nulo) será una obligación para los países de la UE a partir del 31 de diciembre de 2020 (UE, 2011).

Sin embargo, las mejoras energéticas sobre las nuevas construcciones, por sí solas, no son suficientes para reducir el consumo de energía y las emisiones de la edificación. Con ello se consigue ralentizar el ritmo de incremento de estas dos variables, pero no las disminuye. Las emisiones originadas por el consumo de energía de la edificación guardan una estrecha relación con las emisiones del parque ya edificado (Cuchí, 2007) [1], ya que la tasa anual de construcción de nuevos edificios tan sólo representa en torno al 1% de todo el parque edificatorio existente. Por otro lado, gran parte de los edificios que disfrutamos hoy día fueron construidos con unas exigencias de limitación de la demanda energética muy bajas, y en algunos casos, inexistentes.

Mejorar el uso de la energía en los edificios es un paso clave para cumplir con los objetivos comunitarios para 2020 del 20% de ahorro energético y del 30% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (UE, 2002). Apostar por unos edificios mejor aislados ayudaría también a reducir la dependencia energética del exterior, y a disminuir las facturas energéticas de los ciudadanos, mejorando las rentas domésticas. Pero también es una oportunidad para la recuperación económica y la creación de miles de puestos de trabajo en uno de los sectores económicos más afectados por la crisis y el desempleo.

En España, la rehabilitación energética ofrece un amplio potencial de desarrollo, aunque tradicionalmente ha tenido un peso residual dentro de la actividad del sector. La rehabilitación representó en 2009 tan sólo el 19% de la inversión total de la construcción en España, frente al 43% de media en la UE. En Alemania, por ejemplo, las obras en edificios existentes suponen el 62% de la actividad del sector y la nueva construcción algo más del 37% [1].

El primer paso en la rehabilitación energética es la auditoría que se puede definir como un estudio integral de todos los aspectos, tanto técnicos, sociales, ambientales como económicos, que afectan el consumo de energía en un edificio, cuyo objetivo es establecer reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía. Dichas mejoras no deben suponer una disminución en la calidad de los servicios prestados, en

la productividad o en la habitabilidad, pudiendo incluso aparejar mejoras adicionales en estos aspectos [2].

La auditoría parcial o simplificada estudia solamente ciertos elementos del edificio. Los objetivos primordiales son básicamente establecer, un diagnóstico desde el punto de vista de la eficiencia energética y definir una lista justificada de medidas de mejora encaminadas a un uso más racional de la energía en el edificio. De los elementos a evaluar que tienen un impacto significativo en la demanda del edificio encontramos las fugas o pérdidas de estanqueidad de la envolvente. Par ahorrar energía sin comprometer el confort se debe comenzar por evaluar la estanqueidad y conseguir una envolvente eficiente, que no derroche la energía, para luego proceder a la evaluación de las instalaciones [3]. En el Reino Unido la experiencia muestra que mejorar el aislamiento de las cubiertas, fachadas, o suelos y la calefacción son los elementos básicos en el ahorro energético de los edificios, por ejemplo en paredes, lo más complicado, el periodo de retorno suele estar en 14 años [4].

En edificios existentes, el diagnóstico de las condiciones energéticas de la envolvente cuenta con numerosas herramientas informáticas avanzadas que permiten modelar el funcionamiento de la misma. Sin embargo determinados parámetros clave en el comportamiento energético son por defecto, a partir de aproximaciones teóricas o valores nominales.

Se plantea como objetivo la mejora de este procedimiento para acercarlo a las condiciones existentes en el inmueble, sumando nuevas tecnologías de diagnosis al área de eficiencia energética en la edificación. Para ello se utiliza un edificio residencial plurifamiliar situado en Sevilla con problemas de infiltraciones de aire en la envolvente afectando al confort interior. La solución constructiva la conforma una fachada ventilada exterior apoyada sobre una citara y una cámara de aire interior no ventilada con tabiquería de yeso laminado. El proyecto del edificio es anterior al Código Técnico de la Edificación.

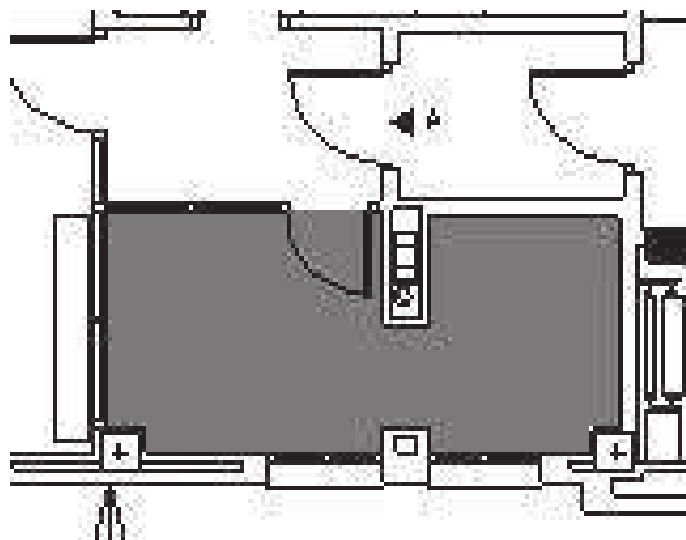


Figura 1. Planta del recinto objeto de las pruebas.

2. METODOLOGÍA

La metodología seguida se basa principalmente en el análisis comparativo que surge al realizar un conjunto de pruebas y comprobaciones sobre un edificio antes y después de introducir en ella una serie de mejoras que se proponen como solución a las anomalías, esto es, el recinto se comprueba bajo los dos estados:

- A. ESTADO INICIAL: cerramiento con huecos de fachada en la situación existente, es decir sin introducir ninguna mejora a lo construido.
- B. ESTADO MEJORADO: cerramiento con huecos de fachada mejorados siguiendo las directrices marcadas por los dictámenes periciales realizados a instancias de la parte demandada.

Así, en caso de validar dichas mejoras, estaremos en condiciones de hacerlas extensivas al resto de los puntos con patología similar de la promoción, pudiéndose garantizar de este modo la subsanación de los defectos relacionados con la permeabilidad y estanquidad de los huecos de fachada.

Para ello se proponen los siguientes pasos:

- a) Se evalúan el estado inicial del edificio mediante ensayos estandarizados: puerta soplante (blower door en inglés), termografías, y toma de muestras y catas de la fachada.
- b) Se simula el comportamiento energético del edificio con un programa de ordenador, LIDER. En la simulación se emplean los datos reales medidos *in situ*.
- c) Se evalúa el estado mejorado con los mismos ensayos y se simula el nuevo comportamiento.
- d) Finalmente, se calculan los futuros ahorros en calefacción y refrigeración, y se representa gráficamente su evolución mes a mes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ENSAYOS

Se emplea el ensayo no destructivo de puerta soplante, con el que determinaremos la permeabilidad al aire del cerramiento. Las infiltraciones se obtienen mediante presurización o despresurización de las dependencias objeto de ensayo apoyándose además en imágenes termográficas para su localización [5], según lo regulado en la vigente norma UNE-EN 13829:2002.

3.2.1 Simulación energética

Se lleva a cabo un análisis de la envolvente mediante el uso del programa informático que es un Documento Reconocido del Código Técnico de la Edificación, denominado LIDER:

- a) Cuantificación de la mejora que las soluciones incorporadas provocan con respecto a las infiltraciones exteriores

- b) Utilización de un modelo de comprobación térmica de la envolvente utilizando los valores reales de ensayo y de las comprobaciones in situ realizadas.

Los datos de partida para el cálculo de estos parámetros se obtienen de los resultados de los ensayos descritos anteriormente; y de las catas realizadas en los trabajos periciales, lo que garantiza una elevada fiabilidad de los resultados.

4. ESTUDIO DE CASO

En el estado inicial la envolvente se encuentra tal como fue construida. Se trata de un cerramiento compuesto por fachada ventilada de placas cerámicas, citara de ladrillo perforado, aislamiento y trasdosado con tabiquería de cartón yeso. Las carpinterías son de aluminio y un recercado perimetral de chapa al exterior que cubre el encuentro de los huecos con la fachada ventilada (Figuras 2 y 3). En la habitación objeto de las pruebas existen dos ventanas de dimensiones 0.9 x 1.4 m, con dos hojas abatibles cada una y sendos cajones de persiana incorporados.



Figura 2. Vista de la ventana por el interior.



Figura 3. Vista de la ventana y recercado por el exterior.

Las intervenciones propuestas que conforman el estado mejorado son:

1. Sellado del cargadero y la chapa recercado: la chapa del recercado colocada a tope sobre la zona de dintel, no evita alguna abertura entre la chapa y el cargadero, por donde circula el aire procedente de la cámara exterior de la fachada ventilada. Se procede a sellar este punto con espuma de poliuretano. (Figura 4 y 5)
2. Tapajuntas exterior de la caja de persiana y chapa recercado: en la zona exterior del dintel, existe una holgura entre el cajón de persiana y la chapa de recercado

superior, bajo el cargadero. Ello produce una comunicación directa entre el exterior y la cámara del cerramiento. Por tanto, se cubre con una chapa de aluminio a modo de tapajuntas, debidamente sellada (Figuras 6 y 7).

3. Sellado interior en las uniones con la carpintería: Se trata de un sellado con silicona entre el perímetro de la carpintería y el paramento interior de la vivienda así como en el contorno de la unión interior de la ventana con el cajón de persiana. Con ello evitamos las filtraciones de aire entre juntas de los diferentes elementos que conforman el hueco al interior (Figuras 8 y 9).
4. Cierre de la cámara interior del cerramiento: La cámara existente entre el trasdosado y la hoja exterior del cerramiento se encuentra inicialmente abierta en el capialzado (Figura 10).

Esta abertura se ciega con un obturador de espuma de polietileno con célula cerrada (Figura 11), debidamente sellado.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto y construcción de los edificios objeto de nuestro análisis se lleva a cabo antes del CTE y cuya normativa de condiciones térmicas es de 1979 (NBE CT 79). En consecuencia nos encontramos ante una ausencia de limitaciones a los parámetros de infiltración de aire, lo que nos impide movernos bajo criterios de aceptabilidad o rechazo normativo de estos resultados.



Figura 4. Apertura entre el cargadero-chapa.



Figura 5. Sellado con poliuretano.



Figura 6. Holgura entre el cajón-chapa.



Figura 7. Colocación de tapajuntas.



Figura 8. Sellado perimetral por el interior.



Figura 9. Sellado de la junta del cajón-ventana.

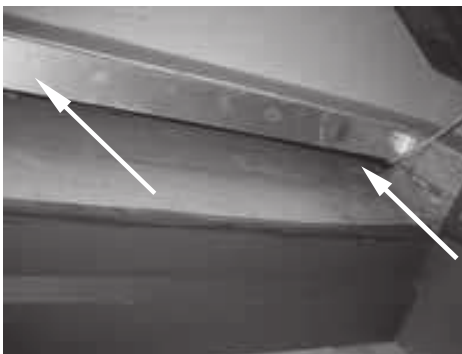


Figura 10. Abertura cámara en capialzado.



Figura 11. Obturador.

A tenor de lo anterior nuestro estudio mediante puerta soplante se basa en un análisis comparativo. Contrastamos los valores obtenidos en el estado inicial (tal como fue construido) con respecto al estado mejorado (con las soluciones de reparación aplicadas). Las mejoras deben restablecer las prestaciones características del cerramiento en las condiciones en que fue proyectado, es decir, las propias de esos elementos constructivos, excluidas anomalías.

A continuación, en la Tabla 1 se expone una tabla resumen con los datos obtenidos del flujo de aire y número de renovaciones por hora a la presión de referencia de 50 Pa para el recinto ensayado.

Tabla 1. Resultados de la permeabilidad

	INICIAL	MEJORADO
Flujo de aire m ³ /h	273,0	144,0
n50 (renov/h)	10,50	5,51

Las imágenes termográficas de apoyo tomadas durante las pruebas de puerta soplante delatan los puntos de mayor permeabilidad al aire en el estado inicial y permiten diseñar las soluciones de forma eficaz (Figuras 12 y 13).

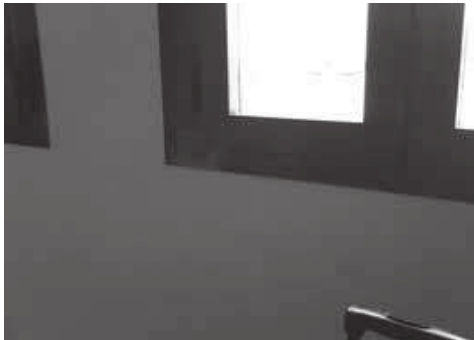


Figura 12. Fotografía de la ventana.

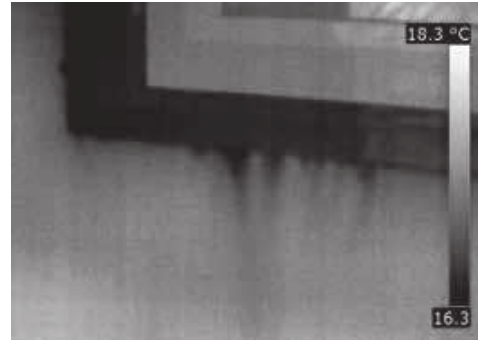


Figura 13. Imagen termográfica paralela.

A partir de estos datos, procedemos a realizar un análisis energético de la envolvente. Para ello estudiamos la envolvente completa del edificio. El objetivo de este apartado es determinar las características de la envolvente del edificio en el estado inicial y mejorado. Partimos del comportamiento del cerramiento vertical exterior en dos aspectos, su transmitancia y las características de permeabilidad del mismo frente a la entrada de aire. Finalmente, con estos datos se realizará una simulación del edificio para obtener la demanda energética del edificio, para calefacción y refrigeración, utilizaremos la herramienta LIDER.

Para la permeabilidad operamos con los datos de entrada obtenidos en el ensayo, renovaciones de aire a presión natural, que se producen en la situación inicial y mejorada, las renovaciones hora son 4,4 y 1,6 respectivamente.

Para el cálculo de los valores de transmitancia, nos basaremos además en los datos del cerramiento vertical obtenidos mediante catas realizadas a la fachada del edificio, en

el resto de elementos se tomarán datos de proyecto. Con ello la transmitancia obtenida pasa de 0,61 w/m²K en el estado inicial a 0,58 w/m²K en el mejorado.

Demanda energética en estado inicial:

En el caso de la situación inicial, en los gráficos que se ven a continuación se puede apreciar como la demanda de refrigeración en los meses con mayor demanda como son julio y agosto, están por encima de los 12 kWh/m²mes, y la demanda de calefacción en los meses con mayor demanda que son los meses de enero y diciembre están cerca los 25 kWh/m²mes.

Demanda Energética en Estado Mejorado:

En el caso de la situación mejorada, en los gráficos que se ven a continuación se puede apreciar como la demanda de refrigeración en los meses con mayor demanda como son julio y agosto, están entorno a los 8 kWh/m²mes, y la demanda de calefacción en los meses con mayor demanda que son los meses de enero y diciembre están cerca los 10 kWh/m²mes, ver Figura 14.

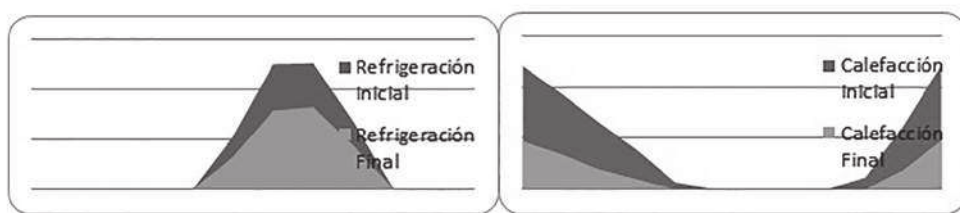


Figura 14. Comparativa de la demanda de refrigeración y calefacción mensual del edificio en kWh/m² mes.

En valores anuales pasamos de demandar 104 kWh/m²año en calefacción en la situación inicial a 36 kWh/m²año y en refrigeración pasamos de una demanda inicial de 37 kWh/m²año a 24 kWh/m²año en estado mejorado. Por lo que se observa una mejora en demanda de calefacción del 65% y en refrigeración del 35%.

6. CONCLUSIONES

- Permeabilidad al aire de los cerramientos

El análisis comparativo mediante puerta soplante, termografías y catas descrito permite cotejar valores de permeabilidad del cerramiento en su estado original con respecto al que ofrece tras las intervenciones de mejora.

Dicho contraste arroja unos resultados que demuestran de forma inequívoca lo que sigue:

- a. La incorporación de la totalidad de medidas correctoras detalladas permiten reducir en su práctica totalidad infiltraciones procedentes de las anomalías detectadas en los huecos del cerramiento.
- b. El cerramiento probado en esas condiciones recupera así sus valores de permeabilidad característicos, dentro de la normalidad.
- c. Como consecuencia de lo expuesto es patente que dichas medidas correctoras son suficientes para solucionar la patología reclamada en relación con filtraciones de aire en huecos de ventana.

- Confirmación de viabilidad de las medidas correctoras a adoptar

El análisis llevado a cabo con la herramienta informática LIDER, pone claramente de manifiesto que:

- a. El cerramiento construido cumple lo establecido en proyecto y en la normativa entonces aplicable en cuanto a transmitancia térmica.
- b. Las mejoras introducidas en los huecos hacen posible una reducción de la demanda energética anual del 65% en calefacción y el 35% en refrigeración.
- c. Además la introducción de estas intervenciones recomendadas permiten a la envolvente alcanzar valores que satisfacen plenamente los requerimientos de limitación de la demanda energética fijados en la normativa que sería aplicable actualmente, el Documento de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE DB HE 1). Si bien este marco legal no es aplicable a la edificación estudiada (dadas sus fechas de proyecto y construcción), nos sirve de útil referencia para valorar las soluciones aplicadas.
- d. Por otro lado no se trata de una determinación puntual o parcial sino que el cálculo considera la totalidad de la envolvente del edificio (cerramientos, ventanas y otros huecos, cubiertas, etc.).
- e. La simulación energética es mejorada gracias a los valores reales introducidos en cuanto a parámetros de entrada para el cálculo que son proporcionados por los ensayos realizados mientras las secciones constructivas se toman de las diferentes catas e inspecciones realizadas durante los diversos trabajos de estudio de las anomalías.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cuchí, A., Pagés, A. Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), Ministerio de la Vivienda, 2007. Consultado: 22 de noviembre 2011. <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/7CA1FD2E-1DB9-4F8D-AF52-D61824ED96C6/95543/GEI.pdf>
- [2] Poel B., van Cruchten G., Balaras, C.A. "Energy performance assessment of existing dwellings", *Energy and Buildings* 39 (2007) 393-403.
- [3] Mickew, H. "Commissioning your building Envelope", *Tomorrow's Environment*, (2009) v. 12, 58.
- [4] Power A (2008) Does demolition or refurbishment of old and inefficient homes help to increase our environmental, social and economic viability? *Energy Policy* 36:4487-4501.

[5] Balaras C. A., Argiriou, A. A., "Infrared thermography for building diagnostics", *Energy and Buildings* 34, (2002) 171-183.

Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020. (Informe WWF, Diciembre 2010).

WWF España, Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020. Informe WWF, Diciembre 2010.

http://assets.wwfspain.panda.org/downloads/informe_potencial_final.pdf (Consultado 22/11/2011).