



# AISLAR MEJOR. AHORRAR ENERGÍA.

Termografía infrarroja y ensayo de hermeticidad.

Dos tareas fundamentales antes de acometer una rehabilitación en un edificio.

Sergio Melgosa Revillas  
CEO en eBuilding  
eBuilding eficiencia energética.  
www.ebuilding.es

Somos ya conscientes de que rehabilitar un edificio antiguo, bien sea de viviendas, hotel, residencia o cualquier otro uso, con criterios de eficiencia energética, será rentable a corto o medio plazo y proporcionará un mayor confort a sus ocupantes. Por fortuna, este mensaje ha calado ya entre los ciudadanos.

Estos dos aspectos son quizás los primeros en los que pensamos, pero además hay otros beneficios en esa rehabilitación, sin ir más lejos, se reducirán las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera, se mejorará el aspecto exterior del edificio y en consecuencia la imagen del barrio (habitualmente se produce un efecto llamada, se "contagian" otros edificios sin rehabilitar), sobre todo si la actuación es a nivel de barrio (tenemos los casos del ARI de Ciudad de los Ángeles en Madrid o San Cristobal en Segovia, como muchos otros), se generan puestos de trabajo, pues es un sector que poco a poco va creciendo, al contrario que la construcción de viviendas nuevas, y podemos enumerar algunos otros beneficios más, pero no es el objetivo de este artículo.



La termografía infrarroja ha sido recientemente incluida como Ensayo No Destructivo en AEND,

El objetivo de este artículo es hablar de la información, a mayores, que una inspección termográfica y un ensayo de hermeticidad pueden aportar, siendo ambas pruebas Ensayos No Destructivos (END), es decir, que no dañarán el edificio en ningún caso.

La termografía infrarroja ha sido recientemente incluida como **Ensayo No Destructivo en AEND**, la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, quienes crearon un grupo de trabajo junto a la Asociación Española de Termografía Infrarroja, AETIR, y otros grupos para este

fin. Quien sabe si el test de hermeticidad siga los mismos pasos y sea también incluido.

En ese sentido, **¿por qué no hacer esas pruebas al edificio?** Todo son beneficios, no afectamos al edificio y nos proporcionan mucha información sobre su estado. Sin embargo, no vienen realizándose estas pruebas como rutina o procedimiento de trabajo, por parte de las empresas de rehabilitación y reformas, los arquitectos o ingenierías que redactan los proyectos de rehabilitación, informes periciales y demás agentes intervinientes. Tampoco en obra nueva se hacen estos controles.

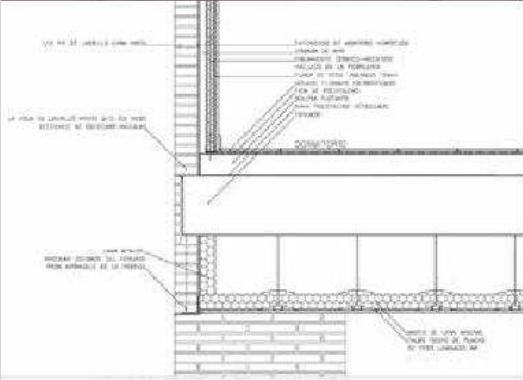
Vamos a ver qué nos pueden aportar estas pruebas.

## INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

Comencemos por hacer una inspección termográfica de la envolvente de un edificio de viviendas en bloque y de dos o tres viviendas del conjunto residencial.

### Edificio objeto

- Conjunto residencial de 72 viviendas en dos bloques.
- Estructura de hormigón (forjados, pilares y vigas).
- Cerramiento de 1/2 pie de ladrillo perforado cara vista, mortero, cámara de aire sin ventilar, trasdosado de placa de yeso laminado y aislamiento (U fachada principal = 0,51 W/m<sup>2</sup>K).
- Carpinterías de aluminio con RPT y apertura abatible, con vidrios 4/16/6.
- Calificación energética C.



Vista de la fachada y detalle constructivo

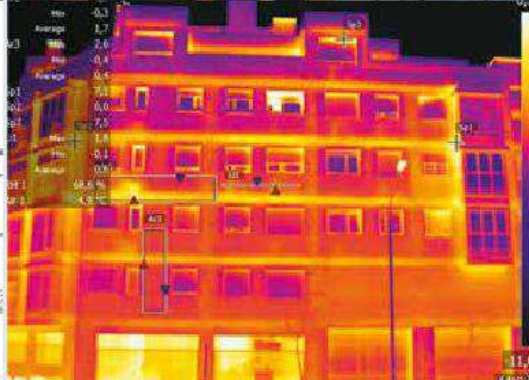


Imagen visual e infrarroja de la fachada exterior del edificio



Detalle de la fachada que da a la zona de jardín

### Motivo de la visita

Se trata de un edificio de nueva construcción (Certificado de final de obra de Septiembre de 2012) y no es de esperar que necesite una rehabilitación, sin embargo las quejas de los vecinos no son por gusto.

Tras la toma de datos inicial, acordamos con los vecinos el realizar una inspección termográfica de tipo cualitativa\* de la envolvente y dos viviendas, así como un test de hermeticidad. Le hacemos al cliente esta recomendación por ser dos pruebas no invasivas (no querían, por el momento, hacer catas) de resultados rápidos. Así que una vez acordada la fecha de la visita nos ponemos manos a la obra y visitamos el edificio durante el mes de febrero, para aprovechar el mayor contraste térmico que nos ofrece esta época, pues en las casas tendremos entre 20 y 22 °C\*\* y en el exterior, bien a primera hora de la mañana o a última de la noche, podemos fácilmente tener entre 2 y 5°C, lo que nos da un salto térmico ideal para una inspección termográfica.

### Trabajo de campo

Encendemos la cámara e inspeccionamos la envolvente del edificio para localizar posibles puentes térmicos, defectos de aislamiento y otros problemas relacionados con la envolvente.

\*La inspección cualitativa no corrige los valores de temperatura aparente reflejada (T<sub>refl</sub>) ni emisividad (ε) si no que se basa en la correcta interpretación de los patrones térmicos para analizar el problema, al contrario de la inspección cuantitativa.

\*\*No recomendamos subir la consigna de calefacción de la vivienda por encima de los 22°C o 23°C, para no forzar unas condiciones interiores que posiblemente no se den en la realidad y en todo caso estén fuera de normas.

### ¿Qué información nos proporciona la imagen?

La cámara termográfica empleada para esta inspección es una Flir T640bx, con lente de 45°, con una resolución de 640x480 píxeles\*, ideal para este tipo de trabajos.

Antes de entrar a valorar los puentes térmicos, defectos de aislamiento, etc, conviene percatarse de que la imagen no sólo nos ofrece datos de temperatura superficial, que es lo que una cámara termográfica nos va a dar (temperatura superficial a partir de la intensidad de radiación recibida en el detector).

En el margen superior izquierdo se detallan todos los datos de los puntos, áreas y líneas usadas para ayudarnos a valorar la imagen. Estas herramientas de medida se han colocado a posteriori, con el software de tratamiento de imágenes infrarrojas, no durante la inspección aunque la cámara nos permite hacerlo. Tenemos por tanto Ar1, Ar3, Li1, y Sp1 a 3, pero abajo del todo hay dos datos fundamentales en toda inspección termográfica, la temperatura ambiente y la humedad relativa.

Estos dos datos nos los ha proporcionado un termohigrómetro con la capacidad de conectarse vía WiFi con nuestra cámara, de manera que siempre que tomamos una imagen, tomamos el dato de temperatura ambiente y humedad relativa, pues sin ellos no podríamos interpretar correctamente la imagen. De otra manera nos

tocaría ir apuntando el dato de temperatura ambiente cada vez que tomemos una imagen si vamos cambiando de exterior a interior, de vivienda o incluso habitación, o si se va alargando la inspección durante horas, con un elevado riesgo de equivocarnos.

La conectividad entre una cámara termográfica y otras herramientas de medida es una ayuda fundamental para el termógrafo experimentado.

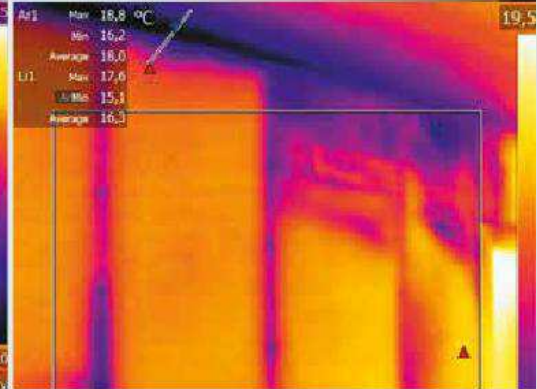
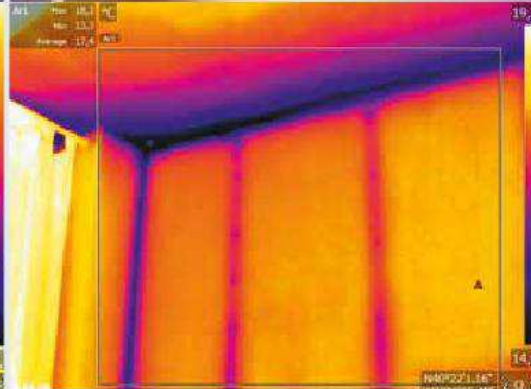
Ahora sabemos que el área 1 tiene una temperatura máxima de 4,9 °C, situada en un forjado, una mínima de -0,3°C (¿negativa?, ¿por qué negativa?, ¿está congelada la fachada?) y una media de 1,7 °C.

Vemos también Sp1, con una temperatura de 7,1°C, en el encuentro del mirador con la fachada, quizás mal solucionado durante la obra y dejando escapar el calor al exterior.

\*Con menor resolución, 320x240 píxeles por ejemplo, los resultados también serían satisfactorios, incluso quizás con 240x180 píxeles, pero no recomendamos hacer inspecciones termográficas en edificación con resoluciones por debajo de éstas si queremos presentar unos informes profesionales, con datos de temperatura fiables.

Sabiendo la temperatura exterior en ese momento, de 4,9 °C y la temperatura interior, de 21°C, tenemos ya suficiente información como para valorar si es significativo o no la pérdida de calor al exterior.

Además de estos datos numéricos, que podrán tener su margen de error debido a la emisividad del material, la distancia o el ángulo,



Detalle de las importantes infiltraciones de aire exterior del mirador

Detalle del puente térmico en la unión del forjado y el tabique

Defectos de aislamiento en patinillos y registros

cuantitativamente, la imagen nos dice claramente que el edificio pierde energía a través de los frente de forjado, las uniones entre diferentes elementos de la fachada (miradores, Sp1), los capialzados y otros puntos que iremos viendo más adelante.

Respecto a la Emisividad\* y el ángulo, son estos dos aspectos lo que hace que veamos temperaturas negativas, pues la cámara está recibiendo una pequeña porción de radiación reflejada del cielo, muy frío, del orden de -40°C en días despejados. Se intentó minimizar este efecto con la ayuda de una escalera pero no fue suficiente y simplemente debemos explicar en el informe a qué se deben las temperaturas negativas de la fachada.

En la imagen IR vemos a la derecha el campo, las temperaturas recogidas en la imagen, con el límite inferior en -11°C. Debido a la particular geometría de este edificio, la presencia de puentes térmicos en los encuentros de fachada es importante. En el caso de la imagen superior vemos que la temperatura de Ar1 se sitúa ya en los 8,9°C. Y a pesar de la distancia, somos capaces de apreciar en Ar2 y 3 los tubos de entrada y salida a los radiadores, algo que no solemos ver en vivienda nueva.

Después de recorrer toda la envolvente, ya podemos empezar a pensar que los vecinos tienen razón al quejarse de sus elevadas facturas de energía. ¡Ésta se les escapa!

\*La emisividad es la capacidad que tiene un cuerpo para emitir radiación infrarroja

La inspección desde el interior de la vivienda debe de seguir un orden (como la del exterior) en su recorrido, para facilitar luego la identificación de cada vivienda y estancia. Desde el exterior veíamos cómo la energía se escapaba del edificio (con colores amarillos y anaranjados) y desde el interior veremos el efecto contrario, cómo el frío penetra al interior a través de los puentes térmicos, defectos de aislamiento o infiltraciones de aire.

A continuación vemos estos defectos:

- **Cualitativamente** podemos ver que la vivienda presenta graves defectos constructivos que inevitablemente llevan al usuario a pagar más por su factura energética sin disfrutar del confort necesario.
- **Cuantitativamente**, podemos analizar la severidad de los puentes térmicos, pues como hemos dicho antes, tenemos datos de temperatura interior y exterior y temperatura superficial, además de la humedad relativa, con la cuál podemos ir al diagrama psicrométrico y analizar el riesgo de condensación en un paramento.

### TEST DE HERMETICIDAD

Terminada la inspección termográfica, llega la hora de realizar la segunda prueba, el test de hermeticidad.

Este ensayo aún es poco conocido y por tanto poro demandado, tanto por los ciudadanos como por los profesionales del sector de la edificación, y sin embargo es de gran utilidad tanto en vivienda nueva como en rehabilitación y reformas.

Además, el resto de países miembros sí tienen contemplado en su reglamentación este ensayo y unos valores fijados de renovaciones / hora.

### ¿Qué es y qué información nos va a dar?

Básicamente consiste en generar una despresurización en el edificio o vivienda, mediante un ventilador acoplado a una lona de nylon, situada generalmente en la puerta principal de la vivienda.

Esta fuerte depresión en la vivienda forzará al aire exterior a entrar en ella por diferentes puntos que iremos localizando con termografía infrarroja, botes de humo, anemómetros e incluso con la mano, pues el aire se notará y hasta silvará.

Una vez concluido el test, el software nos va a cuantificar la permeabilidad al aire de la vivienda mediante el valor n50, la tasa de renovaciones por hora para una diferencia de presión interior-exterior de 50 Pascales.

Además nos dará el caudal de aire de infiltración, en m<sup>3</sup>/hora, y una gráfica con hasta 10 mediciones de caudal de aire para 10 diferencias de presión, desde los 70 hasta los 25 Pascales.

A continuación se detallan las tablas de caudales de aire de infiltración para el proyecto PREI de ANERR, en Fuencarral, antes de la rehabilitación (izquierda) y después. La mejora de la hermeticidad de la vivienda ha supuesto una reducción de las infiltraciones de aire no controladas de 2,3 puntos en el valor n50. Todo un éxito.

Esta mejora de la hermeticidad se ha combinado con una ventilación mecánica controlada,



Imágenes tomadas durante un ensayo de estanqueidad en una vivienda

con recuperación de calor, lo que hace de esta vivienda un lugar más saludable y eficiente.

### CONCLUSIONES

Nuestras ciudades emiten calor y éste no proviene sólo del transporte o de las emisiones de las chimeneas de las viviendas. Gran parte del calor que hay en el ambiente de los núcleos urbanos proviene de las fugas de calor de las propias viviendas y del calor que se emite al exterior a través de los puentes térmicos.

Una vivienda sin un correcto espesor de aislamiento térmico que evite los puentes térmicos, y sin un buen nivel de hermeticidad, perderá rápidamente su temperatura, que viajará al exterior sin que nadie lo evite, para perderse en la atmósfera junto con el de sus vecinos. En este sentido, una inspección termográfica a tiempo nos evitará muchos problemas en el futuro y nos ahorrará mucho dinero.

Como se ve en la imagen que cierra este artículo, a escala más global vemos que nuestras ciudades intercambian energía con el ambiente exterior, en este caso, se enfría y para contrarrestarlo y mantener el confort, o bien producimos más energía o bien nos aislamos mejor.

¿Qué opción eliges? ■

Ejemplo de caudales de aire y valor n50 para el Proyecto PREI de Fuencañal, realizado para ANERR.

## SEVERIDAD DEL PUNTE TÉRMICO (PT) Método de diagnóstico según su EF, EB y EP

EF: Efecto Energético y el coeficiente de heterogeneidad superficial

EB: Efecto sobre el Bienestar

EP: Efecto Patológico (condensaciones)

$EE \leq 1,50$  en fachadas ligeras

$EE = \theta_i - \theta_{psi} / \theta_i - \theta_{nsi}$  en fachadas pesadas

Siendo:

$\theta_i$ : temperatura interior

$\theta_{psi}$ : temp. superficial del PT

$\theta_{nsi}$ : temp. del cerramiento

<b>Termograma 1</b>	$EE = \theta_i - \theta_{psi} / \theta_i - \theta_{nsi}$	$\theta_i =$	18,2
		$\theta_{psi} =$	13,5
		$\theta_{nsi} =$	14,4
		<b>EE =</b>	<b>1,24</b>



### CONCLUSIONES:

Para las condiciones actuales, exteriores e interiores, las dos temperaturas, la de la zona sin PT y la de PT son muy similares, 13,5 y 14,4°C.

Eso significa que la fachada no está aislada, por lo que el EE es bajo.

Por otra parte la temperatura del aire es 18,2°C, eso significa que podría existir EP (la diferencia es superior a 4°C) si se dan las condiciones de temperatura exterior baja e interior alta

Elementos de medida					Elementos de medida																																		
Diagnostico	Edificio	Ventilador	Flujo del ventilador	Tolerancia	Diagnostico	Edificio	Ventilador	Flujo del ventilador	Tolerancia																														
QABCOE	(Pa)	(Pa)	(m³/h)	(s)	QABCOE	(Pa)	(Pa)	(m³/h)	(s)																														
QABCOE	0,4				QABCOE	-0,1																																	
B	-70	75	697	-0,95	B	-78	38	496	-0,95																														
B	-64	67	662	-0,45	B	-64	34	468	0,04																														
B	-60	63	646	0,28	B	-61	31	449	-0,46																														
B	-54	56	603	0,27	B	-55	28	426	1,02																														
B	-48	51	573	0,50	B	-56	24	397	-0,19																														
B	-45	45	543	0,94	B	-46	22	376	0,57																														
B	-39	38	506	0,10	C	-46	265	343	-0,61																														
B	-35	33	462	-0,40	C	-35	222	313	-0,40																														
B	-29	27	424	0,95	C	-31	186	285	-0,70																														
C	-25	313	374	-1,21	C	-25	151	267	0,88																														
QABCOE	0,3				QABCOE	-0,3																																	
Coeficiente de correlación r: 0,999 Intervalo de confianza: <table border="1"> <tr> <td>C<sub>ave</sub></td> <td>(m³/h Pa²)</td> <td>55</td> <td>max. 60</td> <td>min. 52</td> </tr> <tr> <td>C<sub>i</sub></td> <td>(m³/h Pa²)</td> <td>55</td> <td>max. 59</td> <td>min. 53</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>(s)</td> <td>0,60</td> <td>max. 0,62</td> <td>min. 0,58</td> </tr> </table>					C <sub>ave</sub>	(m³/h Pa²)	55	max. 60	min. 52	C <sub>i</sub>	(m³/h Pa²)	55	max. 59	min. 53	n	(s)	0,60	max. 0,62	min. 0,58	Coeficiente de correlación r: 1,000 Intervalo de confianza: <table border="1"> <tr> <td>C<sub>ave</sub></td> <td>(m³/h Pa²)</td> <td>32</td> <td>max. 34</td> <td>min. 30</td> </tr> <tr> <td>C<sub>i</sub></td> <td>(m³/h Pa²)</td> <td>31</td> <td>max. 33</td> <td>min. 30</td> </tr> <tr> <td>n</td> <td>(s)</td> <td>0,65</td> <td>max. 0,66</td> <td>min. 0,63</td> </tr> </table>					C <sub>ave</sub>	(m³/h Pa²)	32	max. 34	min. 30	C <sub>i</sub>	(m³/h Pa²)	31	max. 33	min. 30	n	(s)	0,65	max. 0,66	min. 0,63
C <sub>ave</sub>	(m³/h Pa²)	55	max. 60	min. 52																																			
C <sub>i</sub>	(m³/h Pa²)	55	max. 59	min. 53																																			
n	(s)	0,60	max. 0,62	min. 0,58																																			
C <sub>ave</sub>	(m³/h Pa²)	32	max. 34	min. 30																																			
C <sub>i</sub>	(m³/h Pa²)	31	max. 33	min. 30																																			
n	(s)	0,65	max. 0,66	min. 0,63																																			
<b>Resultados</b> V =					<b>Resultados</b> V =																																		
	V <sub>50</sub>	incertidumbre	n <sub>50</sub>			V <sub>50</sub>	incertidumbre	n <sub>50</sub>																															
Despresurización	571	+/- 5 %	5,1		Despresurización	398	+/- 9 %	2,8																															