



Potencial de ahorro de energía térmica en el sector de la vivienda en España, según las directrices establecidas por las políticas energéticas comunitarias y nacionales. Aplicación a un edificio de viviendas de catorce plantas de Gijón (Asturias)

Autor: Romina Arenas Corujo

Institución: Universidad de Oviedo

Otros autores: Yolanda Fernández Ribaya (Universidad de Oviedo); Jose Antonio Almagro Medialdea (ESFER); Jorge Xiberta Bernat (Universidad de Oviedo)

Resumen

La eficiencia energética en el sector residencial es uno de los objetivos prioritarios de la Unión Europea. Se ha estimado que las Directivas promulgadas por la Comisión con este fin permitirían alcanzar un ahorro energético del 27% en el conjunto de los edificios del sector residencial de los países comunitarios, el año 2020.

En este trabajo se estudia la mejora de la eficiencia energética que se logra con la rehabilitación de la envolvente térmica de un edificio de 14 plantas de Gijón (Asturias, España) proyectado en 1967.

La rehabilitación se llevó a cabo añadiendo un fachada transventilada a la fachada original.

Con la nueva envolvente térmica la conductancia de la fachada ($0,29 \text{ W/m}^2\text{C}$) se reduce un 50% respecto del valor que tenía antes de la rehabilitación ($0,59 \text{ W/ m}^2\text{C}$). Ello comporta un ahorro del consumo de Gas Natural en calefacción del 25%.

Palabras clave: Eficiencia Energética; Vivienda; Rehabilitación; Aislamiento Térmico; Gas Natural; Gijón

1 INTRODUCCIÓN

El exceso de consumo energético en los últimos años así como la elevación de las emisiones de los gases llamados de efecto invernadero a nuestra atmósfera ha llevado a la Unión Europea a proponer una serie de medidas conocidas como el “Objetivo 20-20-20” (COM(2008) 772 final. Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20 %).

Para secundar las directrices establecidas por la Unión Europea el gobierno español creó su propio plan nacional al que denominó “Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020” ((IDAE). 2011.Plan de Ahorro y Energética 2011-2020). En él, se separa el consumo energético en seis sectores, de los cuales el sector residencial es el que nos interesa.

Debido a la crisis económica actual así como la cantidad de viviendas vacías que tenemos en nuestro país podemos deducir que la mejor manera de cumplir los objetivos fijados por la UE es la rehabilitación del parque de viviendas principales existente ya que no se espera un crecimiento de la construcción en los próximos años

En el presente estudio se aplica alguna de las medidas propuestas para la mejora de la eficiencia térmica en el sector residencial a un caso particular, el edificio “Rey Pelayo” con el fin de demostrar hasta qué punto son eficaces estas medidas.

2 DESARROLLO

El Edificio Rey Pelayo está situado en la Plaza del Marqués de Gijón, frente al puerto deportivo y proyectado en el año 1967. Está destinado a viviendas en las plantas comprendidas de la segunda a la decimocuarta, a oficinas en la planta primera y a locales comerciales en la planta baja, y ocupa una superficie en planta de 412 m².

El Edificio presentaba un deterioro de la estructura metálica de las terrazas con pérdidas de sección, debido al fenómeno de la corrosión, que en este caso se ve favorecido por el ambiente marino, muy agresivo, al que está expuesto el inmueble. Existían también otros factores que favorecían la oxidación, como eran la falta o escasa pintura de protección de los perfiles metálicos, la permeabilidad del hormigón que los recubría y la deficiente impermeabilización; también se detectó un acelerado envejecimiento de la cara exterior de la fachada motivado por la malla colocada en anterior rehabilitación, desprendimientos de gresite en la fachada posterior y grandes pérdidas térmicas de la envolvente motivadas por su exposición a los agentes climatológicos, debido a su emplazamiento y altura.



Figura 1: Edificio original (antes de la Rehabilitación)

2.1 ESTADO ORIGINAL

La envolvente original es un cerramiento típico usado en la época de construcción en Asturias, con una estructura sólida cuya mayor protección es la otorgada por la cámara de aire y el aislamiento de poliestireno proyectado.

La envolvente original constaba del siguiente muro como cerramiento exterior, que se indica en la Tabla 1:

Tabla 1: Materiales, espesores y conductividad del muro original ordenados de fuera hacia dentro

Situación	Material	Espesor (cm)	k(W/mK)
1	Prefabricado de Piedra	2	1,3
2	Fábrica de Ladrillo (macizo)	14,5	1,21
3	Cámara de Aire	5	0,18
4	Poliestireno Proyectado	3	0,034
5	Enfoscado	2	1
6	Fábrica de Ladrillo Hueco	7	0,44
7	Enlucido de Yeso	2	0,57

2.2 SOLUCIÓN ADOPTADA: FACHADA VENTILADA

La rehabilitación de la fachada tenía que resolver la patología (daños en la estructura y en el revestimiento) para mantener el edificio en las debidas condiciones de seguridad y ornato.

La Rehabilitación del edificio, finalizada en el año 2010, consistió en un trabajo de soluciones constructivas en fase de arquitectura, reducción del impacto visual que el edificio causaba en el entorno (Casco Histórico de Gijón), rehabilitación estructural de zonas con severos problemas de corrosión y mejora de la transmitancia térmica (U) tanto en cerramientos opacos como traslúcidos (cumplimiento del CTE).

La solución que se adoptó fue una solución constructiva –fachada ventilada de hormigón polímero- consistente en proyectar un aislamiento térmico y acústico sobre el soporte existente, dejando una cámara de aire entre éste y el nuevo revestimiento. También se sustituyeron las carpinterías de balcones por un sistema de muro cortina y las carpinterías de ventanas, como opción más conveniente para eliminar los posibles desprendimientos y se mejoraron considerablemente los aspectos de confort.

En cuanto al proceso de reparación de zonas de terrazas, las actuaciones realizadas fueron las siguientes:

- Saneado del ala inferior de las viguetas IPN que presenten un leve estado de oxidación.
- Sustitución de las viguetas que presenten un estado de oxidación grave en su parte inferior.
- Sustitución o saneado de los angulares de atado.
- Reparación de la impermeabilización con el fin de garantizar la durabilidad de las viguetas y evitar humedades en pisos inferiores.
- Saneado de las vigas perimetrales que sirven de alero a los laterales de las terrazas y reposición de las piezas de revestimiento correspondientes.

Desde el punto de vista de la rehabilitación energética la colocación de la fachada ventilada y la sustitución de las carpinterías eliminan las radiaciones directas, la exposición al ambiente marino y/o las inclemencias meteorológicas sobre muros y forjados, protegiéndoles de las patologías que afectan a los edificios construidos con sistemas tradicionales.



Figura 2: Edificio Rehabilitado

El sistema de Fachada Ventilada introducido no altera para nada la estructura del cerramiento original, simplemente lo mejora, al incorporar una nueva capa de cerramiento. La nueva fachada consiste en una estructura metálica (aluminio extruido) anclada al cerramiento original, que portará la fachada ventilada. En la superficie del cerramiento original se colocó una capa de aislamiento (lana de roca). En la Tabla 2 se recogen estas actuaciones que se designan 1', 2' y 3' respectivamente.

Tabla 2: Material, espesor y conductividad de los elementos a añadir al muro original

Situación	Material	Espesor (cm)	k(W/m K)
1'	Hormigón Polímero	1,1	0,757
2'	Cámara de Aire	5	0,18
3'	Lámina Aislante Lana de Roca	5	0,036
4'	Prefabricado de Piedra	2	1,3
5'	Fábrica de Ladrillo macizo	14,5	1,21
6'	Cámara de Aire	5	0,18
7'	Poliestireno Proyectado	3	0,034
8'	Enfoscado	2	1
9'	Fábrica de Ladrillo Hueco	7	0,44
10'	Enlucido de Yeso	2	0,57

2.3 ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Para el análisis de la solución adoptada se ha realizado un estudio comparativo de los estados original y final de la fachada del edificio, así como un análisis del consumo de gas natural antes y después de la obra de rehabilitación.

Se calculan las transmitancias térmicas, la distribución de temperaturas, las presiones de saturación y vapor, se analizan las condensaciones tanto del cerramiento original como del nuevo cerramiento y se calcula el porcentaje de ahorro en gas natural.

Para todos los cálculos se tiene en cuenta el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (Documento Básico HE. Ahorro y energía. Marzo 2006) y se toman los siguientes valores:

- Humedad relativa del ambiente interior (Φ_i)= 0,55
- Humedad relativa del ambiente exterior (Φ_e)=0,77
- Temperatura exterior (θ_e)=7,5 °C
- Temperatura interior (θ_i)=20 °C
- Resistencia térmica superficial exterior R_{se} = 0,04 K/W
- Resistencia térmica superficial interior R_{si} = 0,13 K/W

2.3.1 Transmitancias térmicas

Según el apartado E.1 de la referida norma, el cálculo de los coeficientes de transmisión U de los distintos cerramientos se lleva a cabo bajo la utilización de la siguiente expresión:

$$U = 1/R_T$$

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_{si}$$

$$R_i = e/\lambda_i$$

donde:

- U: Coeficiente de transmitancia térmica del cerramiento (W/m² K)
- R_T : Resistencia térmica total del componente constructivo (m² K/W)
- e: Espesor de la capa (m)
- λ_i : Coeficiente de conductividad térmica (W/m K)
- $R_{si} + R_{se}$: Resistencias térmicas superficiales correspondientes al interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 según la posición del cerramiento, dirección y sentido del flujo de calor y su situación en la vivienda (m² K/W)
- R_1, R_2, \dots, R_i : Resistencias térmicas de cada capa (m² K/W)

Tabla 3: Comparación de R_T y U del cerramiento original y cerramiento con sistema de fachada ventilada

	Cerramiento original	Cerramiento rehabilitado
Resistencia térmica (R_T) [$m^2 K / W$]	1,583	3,177
Transmitancia térmica (U) [$W / m^2 K$]	0,632	0,315
% de mejora de U		50%

Se concluye que la fachada rehabilitada mejora la transmitancia térmica del muro en un 50%.

2.3.2 Perfiles de temperatura

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior R_{si} y exterior R_{se} , y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$). Se calculan según el apartado G.2.2.1:

La temperatura superficial exterior se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e) = 7,5 + \frac{0,04}{1,691} \cdot (20 - 7,5) = 7,80$$

siendo:

θ_{se} : Temperatura superficial exterior.

θ_e : Temperatura exterior de la localidad (7,5°C)

θ_i : Temperatura interior (20°C)

R_T : Resistencia térmica total del elemento constructivo

R_{se} : Resistencia térmica superficial exterior. Tomadas de la tabla E.1 según la posición del cerramiento, dirección y sentido del flujo de calor y su situación en la vivienda ($m^2 K/W$)

El cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el cerramiento se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

siendo:

θ_n : Temperatura de cada capa

R_n : resistencia térmica de cada capa

En la Figura 3 se representa el perfil de temperaturas de ambos cerramientos.

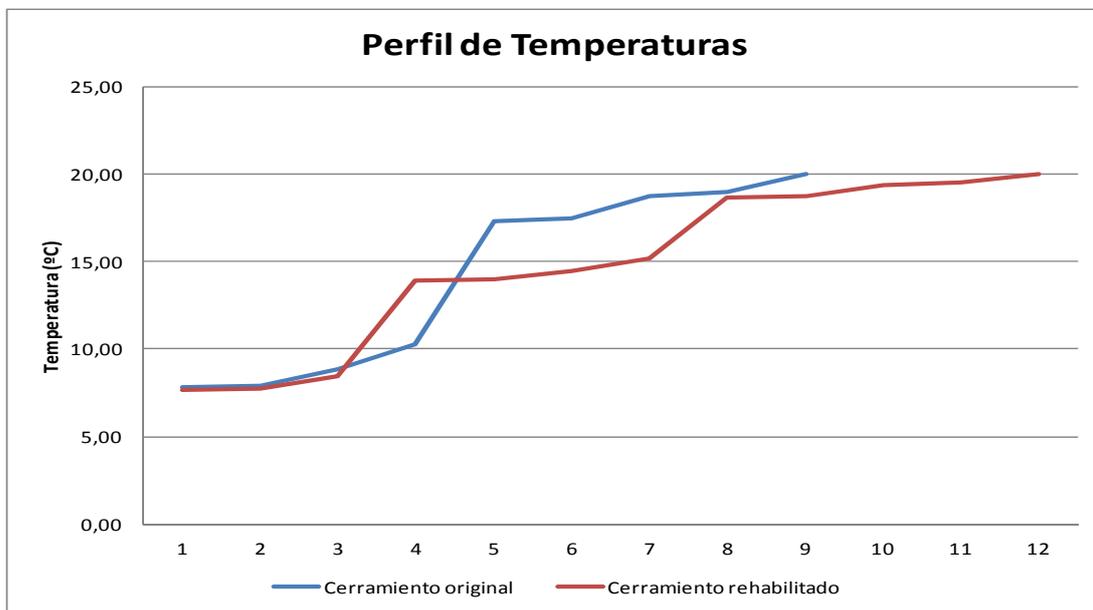
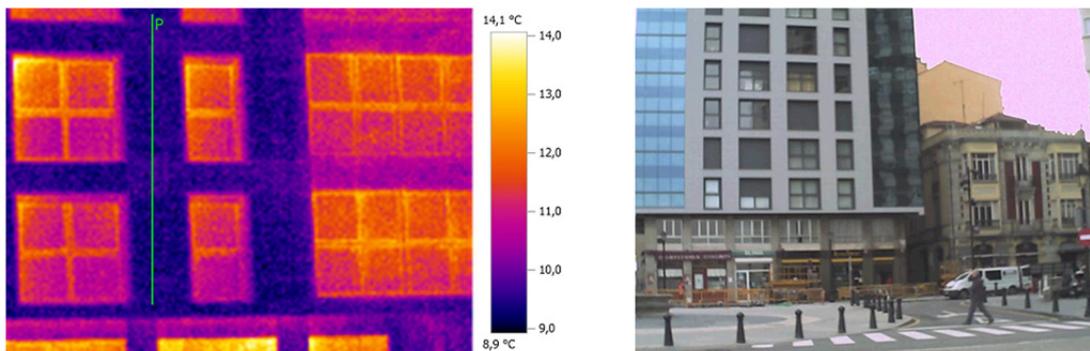


Figura 3: Perfil de Temperaturas del cerramiento original y rehabilitado

Como se puede comprobar, el perfil de temperaturas de las distintas capas es mucho más homogéneo en la nueva fachada, siendo las diferencias de temperaturas en las distintas capas de la fachada rehabilitada mucho menores que en la fachada original.

Si se hace una comparación de las termografías realizadas antes y después de la rehabilitación, se puede comprobar que el edificio rehabilitado tiene una mayor homogeneidad de temperatura superficial en la fachada, sin la presencia de puentes térmicos ni irregularidades.



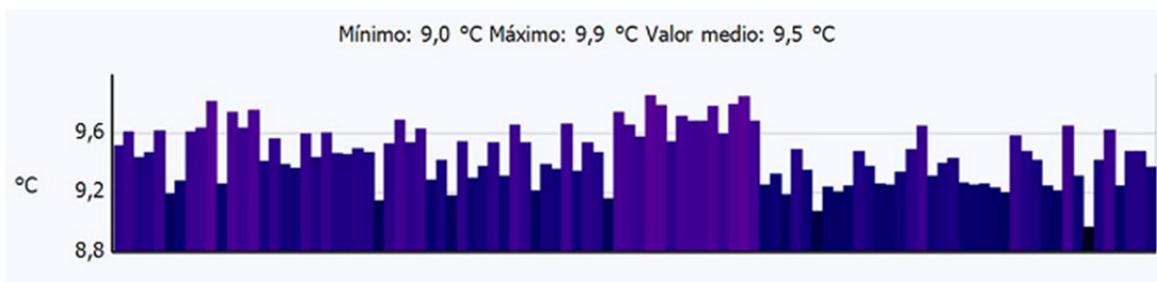


Figura 4: Termografía y perfil de temperaturas de la fachada rehabilitada

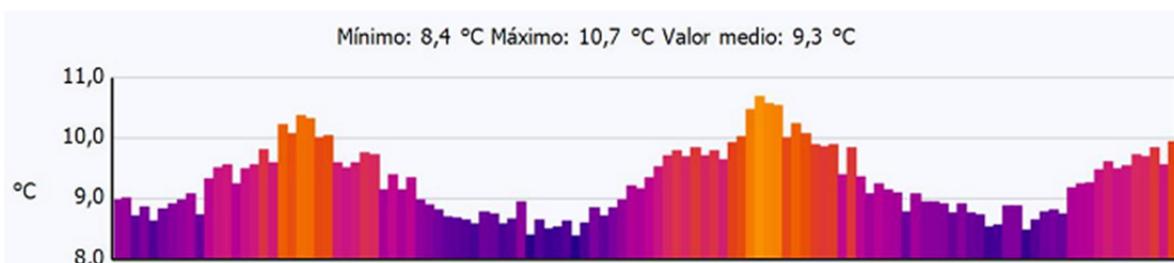
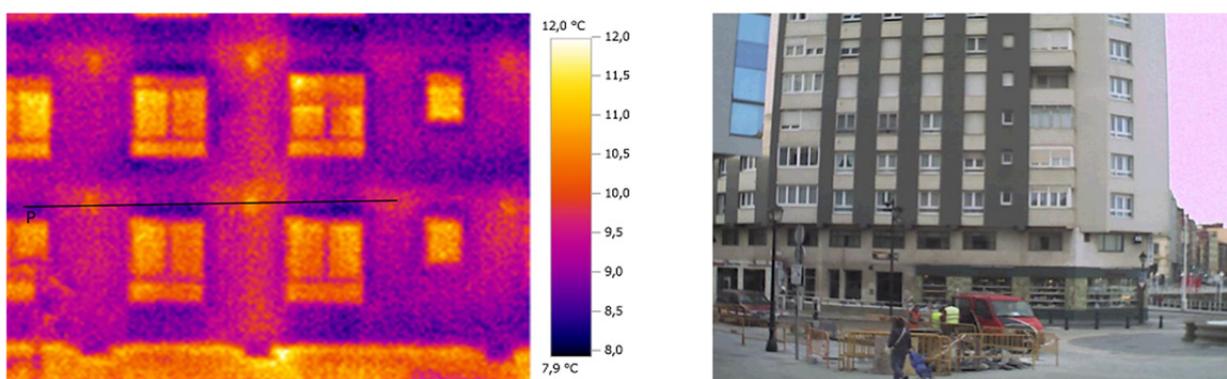


Figura 5: Termografía y perfil de temperaturas de la fachada original

2.3.3 Condensaciones. Presiones de saturación y vapor

Una vez comprobado que en ambos cerramientos no existen condensaciones superficiales, se procede al análisis de las condensaciones interiores.

La distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{sat(n)} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta(n)}{237,3 + \theta(n)}}$$

siendo:

Psat (n): Presión de saturación de cada capa

$\theta(n)$: Temperatura de cada capa

La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará mediante la siguiente expresión:

$$P_n = P_{n-1} + \left(\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \right) \cdot (P_i - P_e)$$

siendo:

P_n = Presión de vapor en cada capa.

P_i = Presión de vapor del aire interior. Se calcula mediante la expresión: $P_i = \Phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$, donde Φ_i es la humedad relativa del ambiente interior (0,55).

P_e = Presión de vapor del aire exterior. Se calcula mediante la expresión: $P_e = \Phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$, donde Φ_e es la humedad relativa del ambiente exterior (0,77).

S_{dn} = Espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, se calcula mediante la expresión: $S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$, donde e_n es el espesor de la capa n , y μ_n es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa según UNE EN ISO 10 456: 2001.

En las Figura 6 y Figura 7 y en la Tabla 4 se recogen los resultados del estudio de las condensaciones interiores antes y después de la rehabilitación del cerramiento del edificio.

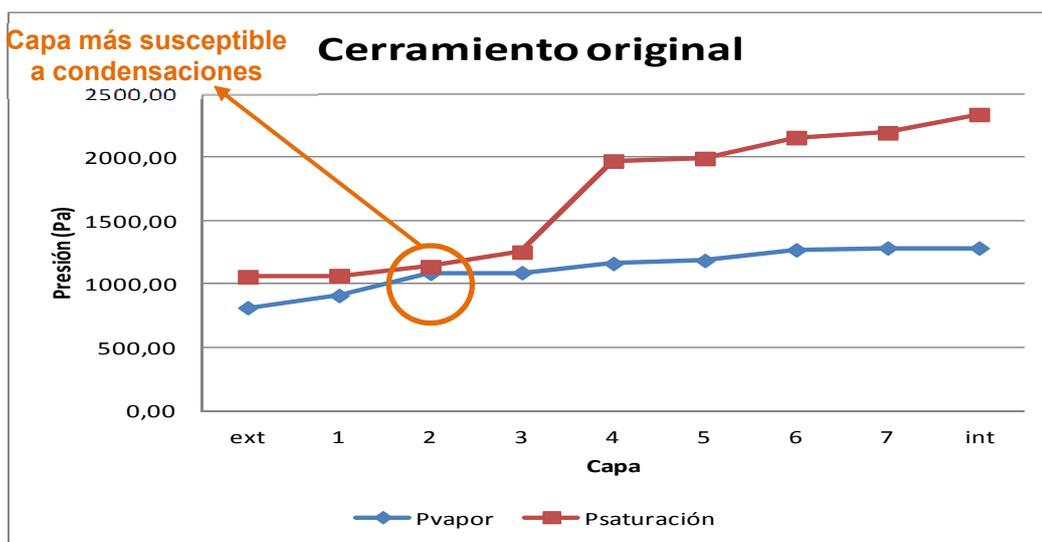


Figura 6: Presiones de Vapor y Saturación del cerramiento original

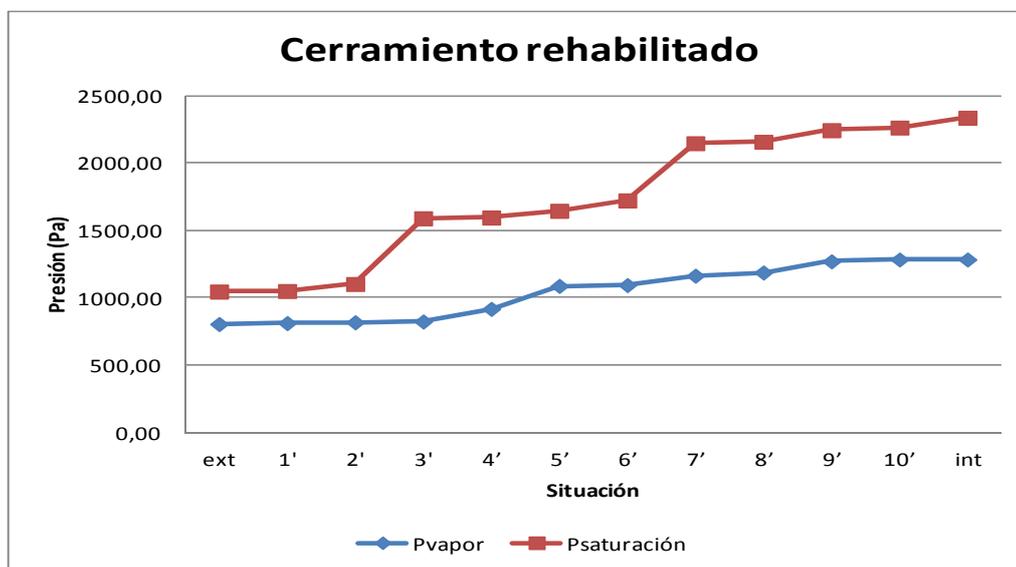


Figura 7: Presiones de Vapor y Saturación del cerramiento rehabilitado

Tabla 4: Estudio de condensaciones interiores en muro original y muro con fachada ventilada

Cerramiento original			Cerramiento rehabilitado		
Capa	Psat -Pvapor	Condensaciones	Capa	Psat -Pvapor	Condensaciones
			ext	240,91	No
			1'	238,11	No
			2'	284,17	No
ext	243,53	No	3'	765,36	No
1	156,42	No	4'	677,71	No
2	53,49	No	5'	557,08	No
3	161,67	No	6'	628,12	No
4	807,60	No	7'	982,05	No
5	803,39	No	8'	969,16	No
6	883,95	No	9'	973,40	No
7	907,18	No	10'	978,66	No
int	1051,63	No	int	1051,63	No

En el cerramiento original, no se producen a priori condensaciones en las capas interiores, ya que en todas ellas se cumple que la presión de saturación es mayor o igual que la presión de vapor ($P_{sat} \geq P_{vap}$). En el caso de que las condiciones fueran muy adversas, la capa más susceptible para la aparición de condensaciones, sería la **capa 2**, ladrillo macizo. En todo caso, el peor sitio para la condensación es la cámara de aire interior (capa 3), ya que no apreciaremos su aparición hasta que esta se transforme en gotas de agua, dando lugar a humedades tanto en el exterior de la fachada como en el interior de las viviendas. Es importante destacar que muchos aislamientos se descomponen al estar en contacto con el agua, pudiendo dar lugar a su completa desaparición. El mayor salto en la diferencia de presiones se produce entre la cámara de

aire (capa 3) y aislamiento (capa 4), por lo que estos elementos, aire y aislamiento, son los que dan aislamiento al muro.

Al aplicar el Sistema de Fachada Ventilada la mejora es del todo apreciable ya que la diferencia entre la presión de saturación y la presión de vapor es mayor en comparación con el muro original, lo que confiere más garantías ante situaciones climatológicas adversas o puentes térmicos entre materiales. Cabe destacar que el mayor salto en la diferencia de presiones también tiene lugar entre la nueva cámara de aire (capa 2') y el nuevo aislamiento (capa 3'), aunque en éste caso viene precedido de una estructura de cerramiento estable y constante respecto a la diferencia de las presiones.

2.3.4 Consumo de Gas Natural

La instalación térmica del edificio está constituida por tres calderas de gas, dos dedicadas a calefacción y una tercera más pequeña que se utiliza para agua caliente sanitaria (A.C.S). Los datos de las calderas son los siguientes:

- Roca – NG 100 de 124 kW
- Roca- NG 100 de 124 kW
- Roca – NG de 54 kW

Los consumos de Gas Natural de la Comunidad en el periodo 2003-2013 se detallan a en la Tabla 5 y Figura 8.

Tabla 5: Consumo de gas natural en el edificio en el periodo 2003-2013.

Año	m ³ Totales	m ³ Calefacción	% Calefacción	m ³ ACS	% ACS
2003	55.166	39.428	71,47	15.738	28,53
2004	52.553	37.509	71,37	15.044	28,63
2005	45.331	31.638	69,79	13.693	30,21
2006	47.850	33.572	70,16	14.278	29,84
2007	48.587	35.542	73,15	13.045	26,85
2008	48.600	37.513	77,19	11.087	22,81
2009	50.457	37.935	75,18	12.522	24,82
2010	51.302	39.471	76,94	11.831	23,06
Promedio 2003-2010	49.981	36.576	73,16	13.405	26,84
2011	39.441	27.656	70,12	11.785	29,88
2012	37.381	24.856	66,49	12.525	33,51
2013	40.003	27.191	67,97	12.812	32,03
Promedio 2011-2013	38.942	26.568	68,20	12.374	31,80
AHORRO	22%	27%		8%	

Como se puede comprobar en la Figura 8, el consumo de ACS es un consumo más o menos constante a lo largo de los años, sin embargo el consumo de Gas Natural para calefacción ha disminuido en torno a un 27% a partir del año 2011.

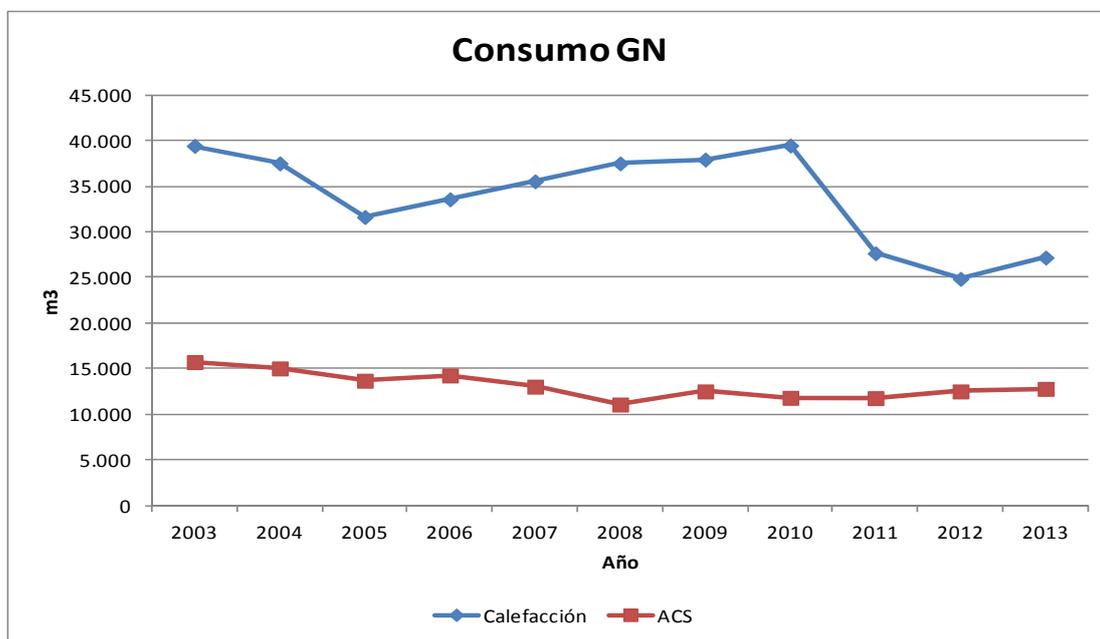


Figura 8: Consumo de GN 2003-2013

En la Tabla 6 se puede comprobar que la temperatura media de los meses de invierno o meses en los que se pone la calefacción (enero-abril y octubre-diciembre) es una temperatura similar a lo largo de los años; es por ello, que se deduce que la disminución de consumo de gas natural ha sido debida a la obra de rehabilitación realizada.

Tabla 6: Temperaturas medias mensuales 2003-2013 en Gijón

Año \ Mes	Mes							
	enero	febrero	marzo	abril	octubre	noviembre	diciembre	
2003	8,1	9,2	12,2	13,7	13,9	11,4	9,2	
2004	10,6	8,5	9,4	11,6	15,3	10,7	9,2	
2005	8,8	7,4	11,1	12,3	15,8	10,8	8,4	
2006	7,4	7,6	12,8	12,4	16,6	13,5	9,0	
2007	10,0	12,0	11,0	13,2	14,3	10	8,5	
2008	10,2	10,4	10,9	12,0	14,2	10,6	8,7	
2009	8,7	8,5	10	11,1	16,5	12,9	8,9	
2010	8,2	8,8	10,4	12,8	14,7	13,6	8,1	
2011	9,1	9,9	11,2	14,1	15,7	12,9	10,5	
2012	9,3	7,4	10,2	10,8	14,7	10,7	10,0	
2013	8,9	8,5	10,3	11,4	16,3	11,9	8,8	

En la Figura 9 se comparan las temperaturas medias mensuales de dos años en los que el consumo fue considerablemente diferente, año 2008 y 2012, donde los consumos de gas natural para calefacción fueron 37.513 y 24.856 m³ respectivamente. Se comprueba que esta temperatura media mensual no varía mucho de un año a otro, siendo incluso la

temperatura media de algunos meses de invierno (por ejemplo febrero) menor en el año 2012, año de menor consumo de gas natural.

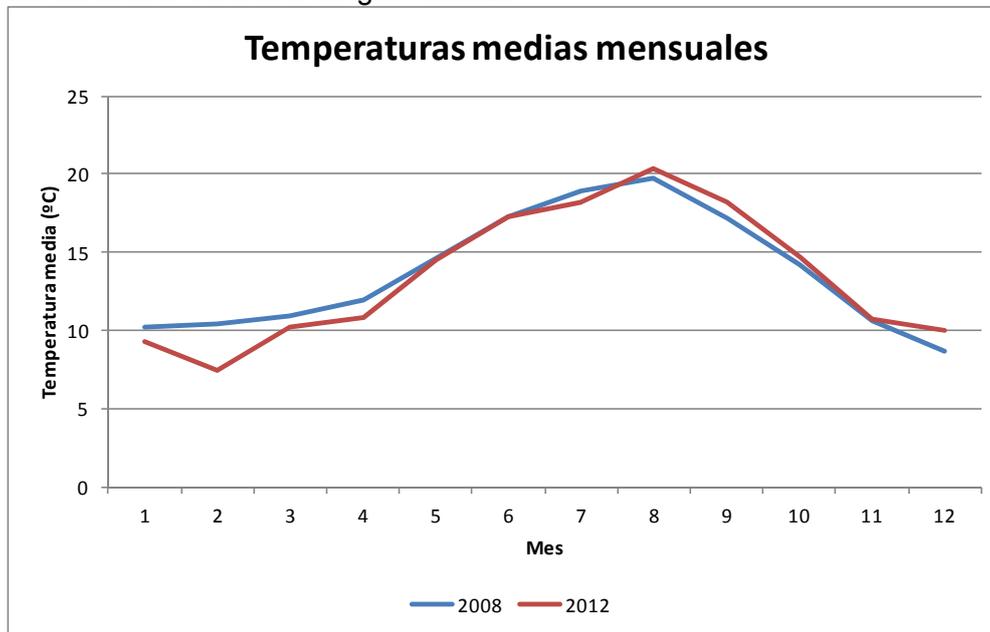


Figura 9: Comparación de temperaturas medias mensuales de 2008 y 2012

3 CONCLUSIONES

Una vez expuesto todo lo anterior se puede afirmar que las medidas propuestas por el Estado Español enmarcadas en el objetivo 2020 de la UE son eficientes, consiguiendo en este caso en particular una mejora de la transmitancia térmica del 50% lo que nos lleva a un ahorro en el consumo de calefacción aproximadamente del 27%.

A su vez, aunque en el presente estudio nos centrábamos únicamente en mejorar la eficiencia térmica del edificio, con esta solución conseguimos solucionar alguno de los otros problemas de los que tenía el edificio como es su estado de conservación y la integración del edificio con el paisaje.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Proyecto SECH-SPAHOUSE. IDAE. Secretaría General. Dpto. de Planificación y Estudios. *Án*alisis del consumo energético del sector residencial en España.2011
- Comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas. COM (2008) 772 final. *Eficiencia Energética: Alcanzar el objetivo del 20%*. Bruselas, 13.11.2008
- Frutos, B. Olaya M. CSIC. *El sistema de fachada transventilada como elemento de contribución al control de la transferencia de energía en el cerramiento del edificio*. Madrid. 2004
- Noval J., Almagro J.A. *Experiencia en la rehabilitación energética y estructural del edificio Rey Pelayo en Gijón*. Congreso E4R. *Casos prácticos de Rehabilitación Energética*. Noviembre 2012
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, 2011.*Plan de Ahorro y Energética 2011-2020*.