

05-011

## ENERGY REHABILITATION OF A 1985 SINGLE-FAMILY HOUSE IN LOGROÑO (LA RIOJA) APPLYING THE FUTURE CTE-DB-HE

López González, Luis María; López Ochoa, Luis María; Las Heras Casas, Jesús; Sagredo  
Blanco, Enrique

Universidad de La Rioja

The future Basic Energy-Saving Document of the Technical Building Code (CTE-DB-HE) strengthens demands in terms of energy savings and efficiency by updating the definition of a nearly zero-energy building with the aim of continuing to adapt the 2010 Energy Performance of Buildings Directive in Spain. In this paper, we study the energy rehabilitation of a single-family house built in 1985 and located in Logroño (La Rioja) to ensure that it complies with the future CTE-DB-HE. In addition, the energy, environmental and economic impact of said rehabilitation is evaluated. The rehabilitated single-family house must have considerably lower primary energy consumption and non-renewable primary energy consumption, a lower global heat transfer coefficient and solar control measures for its thermal envelope. Furthermore, at least 50% of its domestic hot water (DHW) demand must be met using renewable energy. Therefore, it is necessary to improve the thermal envelope, replace the existing heating oil boiler used for heating and DHW with a natural gas condensing boiler and incorporate a solar support system to cover part of the DHW needs.

**Keywords:** EPBD; CTE-DB-HE; energy rehabilitation; residential sector; energy savings; energy efficiency

## REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 1985 EN LOGROÑO (LA RIOJA) APLICANDO EL FUTURO CTE-DB-HE

El futuro Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) endurece las exigencias en materia de ahorro y eficiencia energética, actualizando la definición del edificio de consumo de energía casi nulo, con el objetivo de continuar adaptando la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios de 2010 en España. En este trabajo se estudia la rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar, construida en 1985 y ubicada en Logroño (La Rioja), para que cumpla con el futuro CTE-DB-HE. Además, se evalúa el impacto energético, medioambiental y económico de dicha rehabilitación. La vivienda unifamiliar rehabilitada deberá reducir considerablemente tanto su consumo de energía primaria como su consumo de energía primaria no renovable; reducir su coeficiente global de transmisión de calor y establecer medidas de control solar para su envolvente térmica; y cubrir mediante energías renovables al menos el 50% de su demanda energética de agua caliente sanitaria (ACS). Para ello, es necesario mejorar la envolvente térmica, sustituir la caldera existente de gasóleo C para calefacción y ACS por una de condensación de gas natural, e incorporar un sistema de apoyo solar para cubrir parte de las necesidades de ACS.

**Palabras clave:** EPBD; CTE-DB-HE; rehabilitación energética; sector residencial; ahorro energético; eficiencia energética

Correspondencia: Luis María López González [luis-maria.lopez@unirioja.es](mailto:luis-maria.lopez@unirioja.es) [lmlopez@teneco.es](mailto:lmlopez@teneco.es)



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

La rehabilitación de viviendas es una excelente oportunidad de negocio que puede paliar el grave deterioro económico que supuso la gran crisis sufrida en los últimos años. Puede aportar al PIB un buen porcentaje, recuperar el empleo y fomentar la aplicación de la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD) de 2010 (Unión Europea, 2010) en España.

En una rehabilitación integral de edificios y viviendas no sólo se genera una actividad económica y una mejora del empleo para los gremios afectados, sino que hay un aumento de la calidad de vida y el bienestar de las personas. Por un lado, se logran unas viviendas y locales más acogedores, con menor consumo energético y una menor contaminación, con unas instalaciones más eficientes y limpias. Por otro lado, se mejora la salud de las personas a la vez que aumenta la renta familiar disponible por el ahorro del mantenimiento y costes energéticos. Los cuales deberán hacer rentables las actuaciones necesarias en la rehabilitación en un plazo de tiempo razonable, consiguiendo la recuperación de la inversión.

Con una política energética adecuada se puede favorecer y potenciar la rehabilitación energética de los edificios existentes, lográndose edificios rehabilitados con el mínimo consumo energético posible (Ballarini et al., 2017; Carpino et al., 2018). En España, más del 56,35 % de los edificios existentes son anteriores a 1980, lo que indica que 5,5 millones de edificios, tienen más de 29 años (INE, 2011). Esto supone una gran oportunidad y a su vez un gran reto en la aplicación del futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018), transposición de la EPBD 2010 (Unión Europea, 2010), para la rehabilitación del parque de viviendas existente, garantizando el confort necesario de las mismas y una disminución tanto del consumo de energía como de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El alcance de la rehabilitación energética del parque de viviendas existente a escala territorial fue estudiado por Aguacil et al. (2017).

El futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) exige para viviendas rehabilitadas una limitación del consumo energético (futuro CTE-DB-HE0), unas condiciones para el control de la demanda energética (futuro CTE-DB-HE1) y una contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) (futuro CTE-DB-HE4). Estas exigencias, globalmente, son inferiores a las exigidas para edificios nuevos, pero suponen un gran avance en la obtención de edificios de consumo de energía casi nulo (López-Ochoa et al., 2019).

## 2. Objetivos

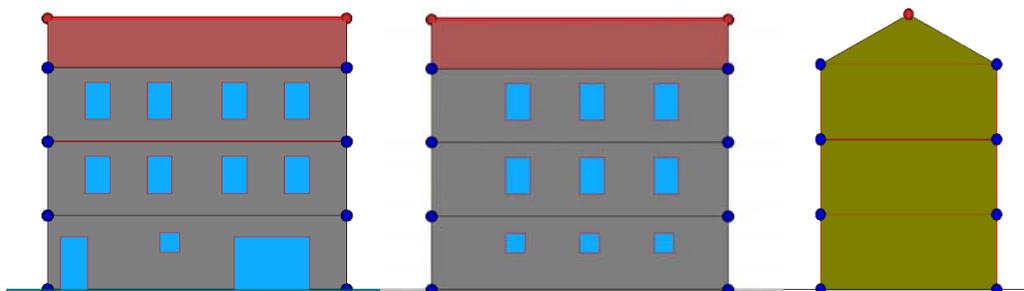
El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto energético, medioambiental y económico de la rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar, construida en 1985 y ubicada en Logroño (La Rioja), para que cumpla con el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018). Para ello, es necesario mejorar la envolvente térmica, sustituir la caldera existente, que se emplea para cubrir las necesidades de calefacción y ACS, e incorporar un sistema de apoyo solar para cubrir parte de las necesidades de ACS.

## 3. Metodología

La vivienda unifamiliar objeto de estudio se muestra en la Figura 1. Está formada por planta baja y dos alturas, con una base de 84,00 m<sup>2</sup> y está ubicada en Logroño (La Rioja), correspondiéndole la zona climática D2 según el CTE-DB-HE. La fachada principal está orientada al sur y limita tanto al este como al oeste con otras viviendas unifamiliares con las que forman un conjunto homogéneo. La planta baja no está acondicionada, estando utilizada como garaje y almacén-trastero. Tanto la primera planta como la segunda están

acondicionadas, teniendo un salón-comedor, cocina, salita y un baño en la primera planta, y cuatro dormitorios y un baño en la segunda planta, sumando una superficie habitable de 168,00 m<sup>2</sup>. El volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio es de 840,00 m<sup>3</sup> y la superficie de intercambio térmico de dicha envolvente es de 396,74 m<sup>2</sup>, resultando su compacidad de 1,91 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

**Figura 1: Cara sur, cara norte y caras este y oeste de la vivienda unifamiliar objeto de estudio.**



Para el estudio del impacto energético, medioambiental y económico de la rehabilitación energética de la vivienda unifamiliar objeto de estudio, aplicando el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018), se evaluarán los coeficientes globales de transmisión de calor a través de la envolvente térmica de los edificios, las demandas energéticas, los consumos de energía final, los consumos de energía primaria no renovable, los consumos de energía primaria total, las emisiones de CO<sub>2</sub> y los principales parámetros económicos en los siguientes casos:

- Caso A: Edificio construido de acuerdo a la NBE-CT-79 (Presidencia del Gobierno, 1979).
- Caso B: Edificio rehabilitada energéticamente de acuerdo al futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018), mediante una rehabilitación interior y sustitución de huecos.

En la Tabla 1 se presentan las transmitancias térmicas de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, así como de las medianeras y de las particiones interiores, junto con el espesor de aislante requerido tanto para el Caso A, correspondiente al edificio original, como para el Caso B, correspondiente al edificio rehabilitado. En ambos casos, el factor solar de las ventanas es 0,57 y el de las puertas es 0,05; y, además, las ventanas de las plantas primera y segunda disponen de persianas.

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio,  $K$ , en W/m<sup>2</sup>·K, se calcula según la siguiente ecuación:

$$K = \sum_x b_{tr,x} \cdot [\sum_i A_{x,i} \cdot U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \cdot \Psi_{x,k} + \sum_j x_{x,j}] / \sum_x \sum_i b_{tr,x} \cdot A_{x,i} \quad (1)$$

donde  $b_{tr,x}$  es el factor de ajuste para los elementos de la envolvente, siendo su valor 1 excepto para elementos en contacto con edificios o espacios adyacentes donde toma el valor 0;  $A_{x,i}$  es el área de intercambio del elemento de la envolvente térmica considerado;  $U_{x,i}$  es el valor de la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado;  $l_{x,k}$  es la longitud del puente térmico considerado;  $\Psi_{x,k}$  es el valor de la transmitancia térmica lineal del puente térmico considerado; y  $x_{x,j}$  es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

**Tabla 1: Transmitancias térmicas (U) de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, en W/m<sup>2</sup>·K y espesor (e) de aislante requerido, en mm, para ambos casos.**

Elemento	Caso A		Caso B	
	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	e (mm)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	e (mm)
Cubierta	1,20	15 <sup>a</sup>	0,34	70 <sup>c</sup>
Muro	1,19	10 <sup>b</sup>	0,38	65 <sup>c</sup>
Solera	1,97	-	0,58	35 <sup>c</sup>
Medianera	1,80	-	0,60	35 <sup>c</sup>
Particiones interiores verticales entre espacios del mismo uso	1,96	-	1,17	10 <sup>c</sup>
Forjado entre espacios del mismo uso	1,96	-	1,17	10 <sup>c</sup>
Forjado entre espacios de distinto uso	1,38	10 <sup>b</sup>	0,58	35 <sup>c</sup>
Ventana	4,65	-	1,87	-
Puerta	2,20	-	2,20	-

<sup>a</sup> El aislante empleado es lana mineral con una conductividad térmica de 0,05 W/m·K.

<sup>b</sup> El aislante empleado es EPS con una conductividad térmica de 0,046 W/m·K.

<sup>c</sup> El aislante empleado es EPS con una conductividad térmica de 0,029 W/m·K.

Las áreas de intercambio y las transmitancias térmicas de los elementos que constituyen la envolvente térmica del edificio para ambos casos se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2: Factores de ajuste (b<sub>tr</sub>), áreas de intercambio (A) y transmitancias térmicas (U) de los elementos que constituyen la envolvente térmica del edificio objeto de estudio para ambos casos.**

Elemento	b <sub>tr</sub> (-)	A (m <sup>2</sup> )	Caso A	Caso B
			U (W/m <sup>2</sup> ·K)	U (W/m <sup>2</sup> ·K)
Cubierta	1	96,74	1,20	0,34
Muro	1	183,62	1,19	0,38
Medianera	0	77,00	1,80	0,60
Solera	1	84,00	1,97	0,58
Ventana	1	23,56	4,65	1,87
Puerta	1	8,82	2,20	2,20

Las longitudes y las transmitancias térmicas lineales de los puentes térmicos del edificio para ambos casos se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Factores de ajuste ( $b_{tr}$ ), longitudes ( $l$ ) y transmitancias térmicas lineales ( $\Psi$ ) de los puentes térmicos del edificio objeto de estudio para ambos casos.**

Puentes térmicos	$b_{tr}$ (-)	$l$ (m)	Caso A	Caso B
			$\Psi$ (W/m·K)	$\Psi$ (W/m·K)
Frentes de forjados	1	48,00	0,97	0,16
Cubiertas-Forjado	1	36,00	0,96	0,28
Alfeizar	1	21,30	0,44	0,09
Dinteles/Capialzados	1	21,30	0,82	0,11
Jambas	1	57,00	0,53	0,03
Pilares	1	1,00	1,20	0,01
Muro-Terreno	1	19,90	0,57	0,45

Para evaluar la demanda energética de ACS se ha considerado una demanda de ACS a 60°C de 140 l/día.

En el Caso A se emplea una caldera mixta convencional de gasóleo C con un rendimiento de 0,85 para cubrir las necesidades de calefacción y ACS.

En el Caso B se emplea una caldera mixta de condensación de gas natural con un rendimiento de 0,98 para cubrir las necesidades de calefacción y ACS, apoyada por un sistema solar térmico que cubre el 56,34% de la demanda energética de ACS.

Para cubrir las necesidades de refrigeración, HULC (2017) considera por defecto un sistema de refrigeración eléctrico con un rendimiento de 2,00.

Los parámetros energéticos y medioambientales, así como las calificaciones de eficiencia energética, se evalúan mediante la herramienta de simulación térmica HULC (2017).

Los factores de paso de energía final a energía primaria total, a energía primaria no renovable y a emisiones de CO<sub>2</sub> se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4: Factores de paso empleados por HULC**

Factor de paso de energía final	Vector energético		
	Gasóleo C	Gas natural	Electricidad
a energía primaria total (kWh <sub>EPT</sub> /kWh <sub>EF</sub> )	1,182	1,195	2,368
a energía primaria no renovable (kWh <sub>EPNR</sub> /kWh <sub>EF</sub> )	1,179	1,190	1,954
a emisiones de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>EF</sub> )	0,311	0,252	0,331

Las actuaciones que deben llevarse a cabo para acometer la rehabilitación energética de la vivienda unifamiliar objeto de estudio son demoliciones, retirada, carga y transporte a vertedero de parte de la tabiquería y elementos de terminación de paredes, así como de solados y soleras, para reponerlos posteriormente en su forma definitiva, rematados y finalizados correctamente (paredes, techos y suelos), con los correspondientes remates, materiales y auxiliares, mano de obra, pagos a terceros y ayudas a gremios, para dejar la

vivienda en perfectas condiciones de uso y disfrute. En las actuaciones se incluyen ventanas y puertas, que deben ser cambiadas, selladas y rematadas, lo mismo que las instalaciones de calefacción y apoyo solar para el ACS, con todos los elementos necesarios. La inversión requerida es de 357,14 €/m<sup>2</sup>, siendo el desglose de un 64,8 % para obras, un 14,7% para carpintería de puertas y ventanas, un 17,2% para calefacción y apoyo solar, y un 3,3% para otros y remates.

Para el estudio económico se evalúa el valor actual neto para ambos casos, considerando una tasa de descuento del 5,00%, un periodo de 25 años, un precio del gasóleo C de 0,080 €/kWh con una variación anual del precio del gasóleo C del 5,00%, un precio del gas natural de 0,065 €/kWh con una variación anual del precio del gas natural del 3,00% y un gasto de mantenimiento anual de 150,00€ con una variación anual del IPC del 2,50%.

#### 4. Resultados

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio es de 1,97 W/m<sup>2</sup>·K en el Caso A y de 0,62 W/m<sup>2</sup>·K en el Caso B.

En la Tabla 5 se presentan todos los parámetros energéticos y medioambientales, así como las calificaciones de eficiencia energética, obtenidos para todos los casos de estudio.

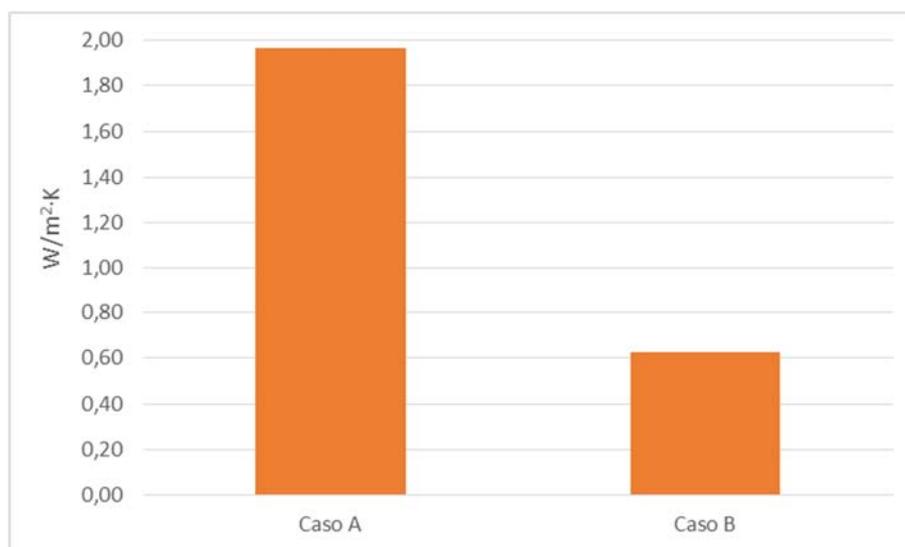
**Tabla 5. Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en ambos casos de estudio.**

Parámetro	Caso A	Caso B
Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	99,45	25,12
Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	4,58	6,40
Demanda energética de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	16,85	16,85
Consumo de energía final de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	117,00	25,63
Consumo de energía final de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	2,29	3,20
Consumo de energía final de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	19,82	7,51
Consumo de energía final (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	139,11	36,34
Consumo de energía primaria no renovable de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	137,94	30,50
Consumo de energía primaria no renovable de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	4,47	6,25
Consumo de energía primaria no renovable de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	23,37	8,93
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	165,79	45,69
Calificación en consumo de energía primaria no renovable (-)	D	A
Consumo de energía primaria total de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	138,29	30,63
Consumo de energía primaria total de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	5,42	7,58
Consumo de energía primaria total de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	23,43	8,97
Consumo de energía primaria total (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	167,15	47,18
Emisiones de CO <sub>2</sub> de calefacción (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	36,39	6,46
Emisiones de CO <sub>2</sub> de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	0,76	1,06
Emisiones de CO <sub>2</sub> de ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	6,17	1,89
Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	43,31	9,41
Calificación en emisiones de CO <sub>2</sub> (-)	D	A

El Caso B cumple el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) como edificio rehabilitado debido a que el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio es de  $0,62 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , inferior a su correspondiente coeficiente global límite, que es de  $0,66 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ; que el parámetro de control solar para julio no supera el valor límite exigido, debido a la existencia de persianas en todas las ventanas de las plantas primera y segunda; que la contribución de energía renovable, obtenida empleando un sistema solar térmico, es del 56,34%, superior a la contribución mínima de energía renovable exigida, que es del 50%; que el consumo de energía primaria no renovable es de  $45,69 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ , inferior a su correspondiente consumo límite de energía primaria no renovable, que es de  $70,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ ; y que el consumo de energía primaria total es de  $47,18 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ , inferior a su correspondiente consumo límite de energía primaria total, que es de  $105,00 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$ . Además, se logra reducir la potencia requerida para la caldera mixta en un 50,00%, pasando de 50 kW a 25 kW.

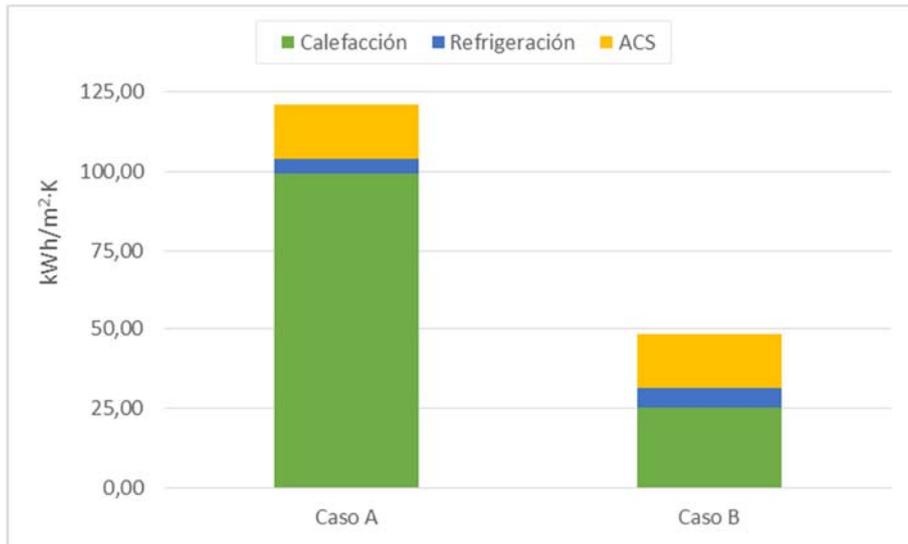
El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio en el Caso B es un 68,25% inferior al coeficiente correspondiente en el Caso A (Figura 2).

**Figura 2: Coeficientes globales de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio para ambos casos.**

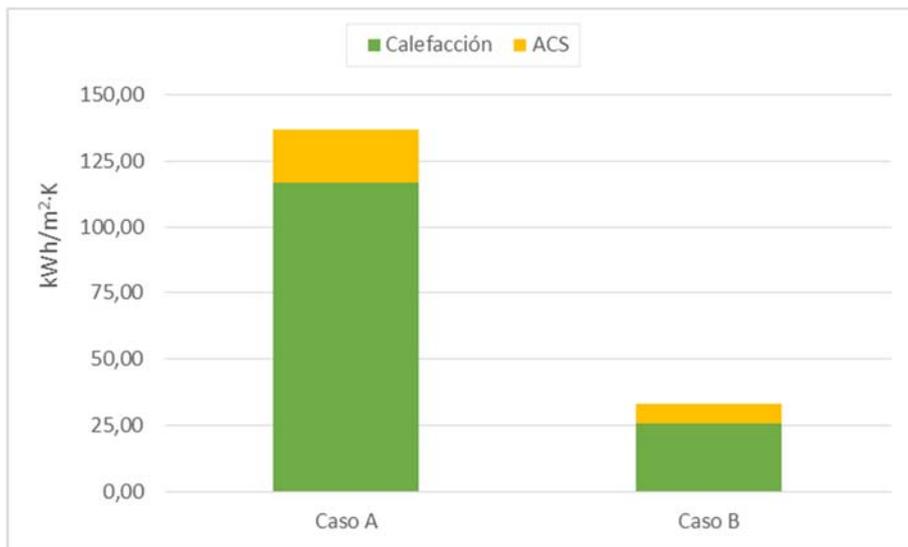


A nivel energético, la demanda energética de calefacción en el Caso B se reduce un 74,74% respecto a la del Caso A; la demanda energética de refrigeración en el Caso B aumenta un 39,74% respecto a la del Caso A; y la demanda energética de ACS se mantiene igual tanto en el Caso A como en el Caso B (Figura 3). En el Caso B, respecto al Caso A, el consumo de energía final de calefacción y ACS se reduce un 75,78% (Figura 4), el consumo de energía primaria no renovable de calefacción y ACS se reduce un 75,55% (Figura 5), y el consumo de energía primaria total se reduce un 75,51% (Figura 6). Además, en el Caso B se logra una calificación en consumo de energía primaria no renovable tres letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso A.

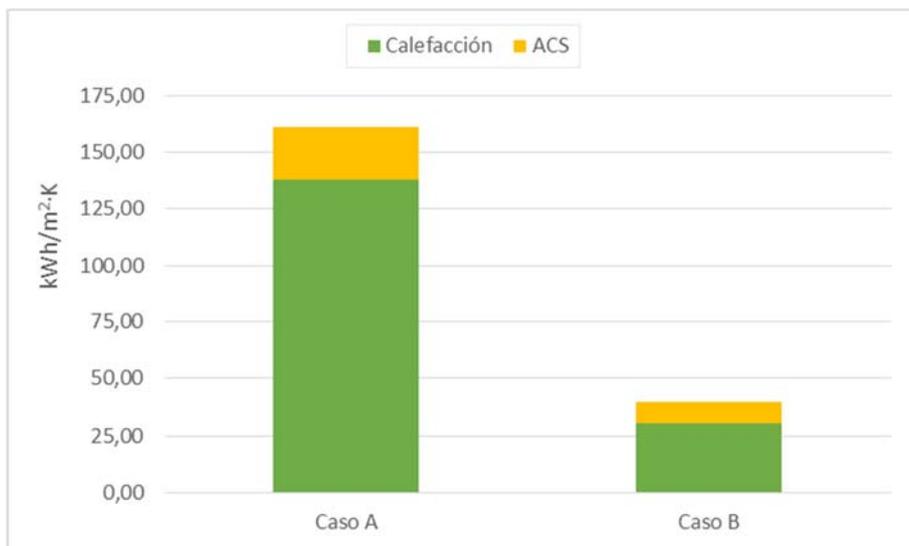
**Figura 3: Demandas energéticas de calefacción, refrigeración y ACS para ambos casos.**



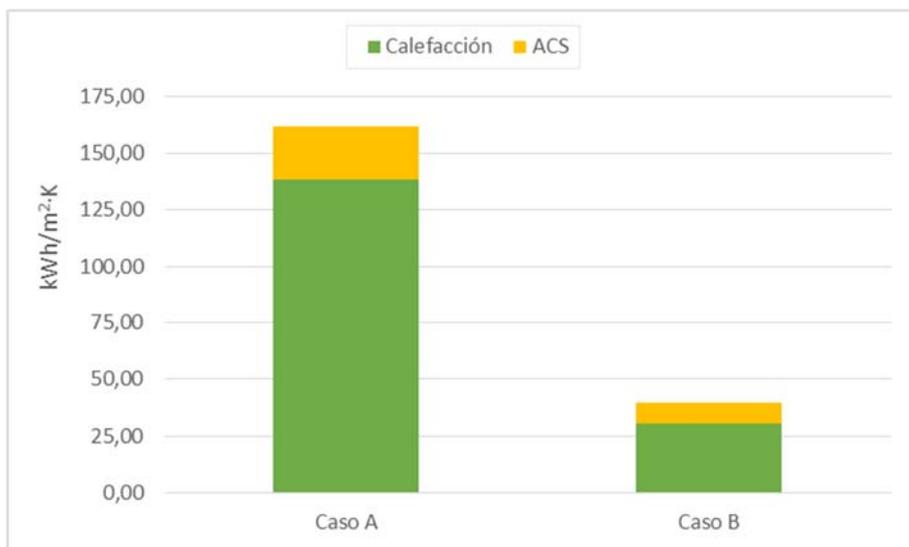
**Figura 4: Consumo de energía final de calefacción y ACS para ambos casos.**



**Figura 5: Consumo de energía primaria no renovable de calefacción y ACS para ambos casos.**

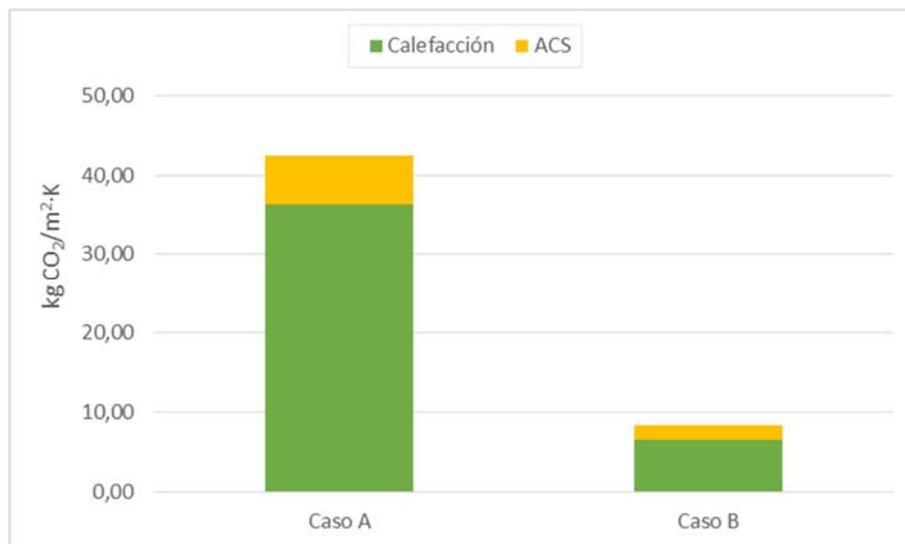


**Figura 6: Consumo de energía primaria total de calefacción y ACS para ambos casos.**



A nivel medioambiental, las emisiones de CO<sub>2</sub> de calefacción y ACS en el Caso B se reducen un 80,37% respecto a las del Caso A (Figura 7). Además, en el Caso B se logra una calificación en emisiones de CO<sub>2</sub> tres letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso A.

**Figura 7: Emisiones de CO<sub>2</sub> de calefacción y ACS para ambos casos.**



A nivel económico, si no se considera la inversión requerida en el Caso B, el gasto acumulado en un horizonte de 25 años es de 276,77 €/m<sup>2</sup> en el Caso A y de 57,27 €/m<sup>2</sup> en el Caso B, reduciéndose el gasto acumulado en un 79,31% y lográndose un ahorro acumulado en el horizonte de 219,50 €/m<sup>2</sup> en el Caso B respecto al Caso A. La inversión en el Caso B no debe exceder 219,50 €/m<sup>2</sup> para que se recupere en el horizonte previsto. Por ello, con la inversión requerida en el Caso B, existe un déficit acumulado en el horizonte de 137,64 €/m<sup>2</sup>. Dicho déficit se puede suplir desde las Administraciones Públicas mediante las siguientes medidas:

- Subvención del 38,54% de la inversión requerida para acometer la rehabilitación energética.
- Eliminación del Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI) y otros impuestos locales y municipales, como apoyo al ahorro y la eficiencia energética.

Teniendo en cuenta las fluctuaciones que puede sufrir el precio del gasóleo C, si el incremento anual del precio del gasóleo C fuera de un 8,6%, la inversión requerida se recuperaría en el horizonte previsto sin necesitar que las Administraciones Públicas aplicasen ninguna medida para el fomento del ahorro y la eficiencia energética. Sin embargo, si dicho incremento fuera de un 6,5%, las Administraciones Públicas podrían ofrecer una subvención del 7,5% de la inversión requerida para acometer la rehabilitación energética, junto con una reducción del 25% del IBI, como medida para evitar el déficit anteriormente indicado.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado, a nivel energético, medioambiental y económico, la rehabilitación energética de una vivienda unifamiliar ubicada en Logroño (La Rioja) para cumplir con el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018), suponiendo un interesante caso de estudio de lo avanzado por López-Ochoa et al. (2019).

Atendiendo a los servicios de calefacción y ACS, se logra un ahorro en consumo de energía final de 103,68 kWh/m<sup>2</sup>-año y una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 34,21 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>-año. Además, se mejora la calificación de eficiencia energética, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>, de la vivienda en tres letras, logrando una calificación A en ambos aspectos. El ahorro económico acumulado es de 219,50 €/m<sup>2</sup>, pero se produce un déficit de 137,64 €/m<sup>2</sup> debido a la inversión requerida. Las Administraciones

Públicas pueden suplir dicho déficit aplicando medidas para el fomento del ahorro y la eficiencia energética vía subvenciones y reducciones de impuestos. Dichas medidas podrían reducirse en el caso de que los precios del gasóleo C aumentasen.

Las viviendas rehabilitadas serán de una calidad muy superior a las actuales existentes, con un considerable ahorro energético y una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, si en vez de ejecutar rehabilitaciones energéticas de viviendas individuales, se ejecutan rehabilitaciones energéticas de grandes promociones, se tendrán precios muy interesantes en relación con las mejoras que aportarán respecto al resto, pudiendo los consumidores y usuarios asumir perfectamente la inversión requerida. Sin embargo, es de esperar un mejor tratamiento fiscal para que la rehabilitación energética sea finalmente atractiva para los consumidores y usuarios, dado el gran esfuerzo económico que supone.

## Referencias

- Aguacil, S., Lufkin, S., Rey, E. & Cuchi, A. (2017). Application of the cost-optimal methodology to urban renewal projects at the territorial scale based on statistical data—A case study in Spain. *Energy and Buildings*, 144, 42-60. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.047>.
- Ballarini, I., Corrado, V., Madonna, F., Paduos, S. & Ravasio, F. (2017). Energy refurbishment of the Italian residential building stock: energy and cost analysis through the application of the building typology. *Energy Policy*, 105, 148-160. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.026>.
- Carpino, C., Bruno, R. & Arcuri, N. (2018). Social housing refurbishment in Mediterranean climate: Cost-optimal analysis towards the n-ZEB target. *Energy and Buildings*, 174, 642-656. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.052>.
- HULC (2017). Herramienta Unificada LIDER-CALENER, Versión 1.0.1564.1124 [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>.
- INE (2011). Censos de Población y Viviendas 2011, Edificios [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://ine.es/dynt3/inebase/index.htm?type=pcaxis&path=/t20/e244/edificios/p02/&file=pcaxis&L=0>
- López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L. M., & Olasolo-Alonso, P. (2019). Towards nearly zero-energy buildings in Mediterranean countries: Energy Performance of Buildings Directive evolution and the energy rehabilitation challenge in the Spanish residential sector. *Energy*, 176, 335–352. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.122>.
- Ministerio de Fomento (2018). Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentos-complementarios/357-proyecto-modificacion-cte-julio-2018.html>.
- Presidencia del Gobierno (1979). Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1979/10/22/pdfs/A24524-24550.pdf>.
- Unión Europea (2010). 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) [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=ES>.