

05-023

## NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING PROPOSAL FOR A SECONDARY EDUCATION INSTITUTE

López Ochoa, Luis María<sup>(1)</sup>; Bobadilla Martínez, David<sup>(1)</sup>; Las Heras Casas, Jesús<sup>(1)</sup>; López González, Luis María<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad de La Rioja

In the last update of the Basic Document of Energy Saving of the Technical Building Code (CTE-DB-HE), from June 2017, a nearly zero-energy building is defined as one that complies with the established regulatory requirements for new construction. This implies, broadly speaking, that in the case of educational buildings, the rating for non-renewable primary energy consumption must be at least B.

This study, which starts with a secondary education institute located in Logroño (La Rioja) that meets all the requirements of the CTE-DB-HE as a new building, seeks to achieve a rating of at least an A in both non-renewable primary energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. Therefore, in this study, three proposals are made: replacing the current heating and domestic hot water (DHW) system with a biomass boiler, a heat pump, and a cogeneration system; maintaining the current solar support system to cover part of the DHW needs; and incorporating a photovoltaic system to partially cover the electrical needs of the lighting systems.

**Keywords:** CTE-DB-HE; nearly zero-energy building; educational building; energy performance certificate; energy saving; reduction of CO<sub>2</sub> emissions

## PROPUESTA DE EDIFICIO DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO PARA UN INSTITUTO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

En la última actualización del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE), realizada en junio de 2017, se define el edificio de consumo de energía casi nulo como aquel que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas para edificios de nueva construcción en dicho Documento Básico. Esto implica, a grandes rasgos, que en el caso de edificios educativos, la calificación exigida en consumo de energía primaria no renovable debe ser al menos de B.

En este trabajo, partiendo de un instituto de educación secundaria ubicado en Logroño (La Rioja) que cumple todas las exigencias del CTE-DB-HE como edificio nuevo, se busca lograr una calificación tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub> al menos de A. Por ello, en este trabajo se realizan tres propuestas consistentes en la sustitución del sistema actual de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) por una caldera de biomasa, una bomba de calor y un sistema de cogeneración, manteniendo en todas ellas el sistema de apoyo solar actual para cubrir parte de las necesidades de ACS e incorporando un sistema solar fotovoltaico para cubrir parte de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación.

**Palabras clave:** CTE-DB-HE; edificio de consumo de energía casi nulo; edificio educativo; certificado de eficiencia energética; ahorro energético; reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Correspondencia: Luis María López González; luis-maria.lopez@unirioja.es



©2018 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

Para el diseño de edificios de consumo de energía casi nulo es necesario optimizar la envolvente térmica e integrar técnicas pasivas para reducir las necesidades energéticas de calefacción y refrigeración; emplear instalaciones con muy alta eficiencia energética para reducir el consumo energético; y fomentar que parte de este consumo sea cubierto mediante energías renovables producidas in situ o en las proximidades del edificio. La Directiva 2010/31/UE (Unión Europea, 2010) propone una metodología general para calcular la eficiencia energética de los edificios y exige que todos los edificios deberán ser edificios de consumo de energía casi nulo. Definir este tipo de edificios es complejo y el principal reto a abordar por los diferentes Estados Miembros. Estos edificios de consumo de energía casi nulo contribuirán al desarrollo de las ciudades inteligentes mediante la eficiencia energética, la conservación de la energía y la generación de energía renovable, siendo claves para conseguir los objetivos europeos en materia de clima y energía para 2020 y 2030.

La Directiva 2010/31/UE (Unión Europea, 2010) se ha transpuesto en España mediante el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017). Se consideran edificios de consumo de energía casi nulo aquellos edificios que cumplen con las exigencias reglamentarias establecidas para edificios de nueva construcción en dicho CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017). Por lo que, aquellos edificios públicos que posean una calificación al menos de B en consumo de energía primaria no renovable, podrían ser considerados edificios de consumo de energía casi nulo. Además, aplicando la Directiva 2012/27/UE (Unión Europea, 2012), el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética (Ministerio de la Presidencia, 2013a, 2013b; Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales, 2017) contiene la obligatoriedad futura de que sean edificios de consumo de energía casi nulo los edificios nuevos públicos a partir del 31 de diciembre de 2018. Dado que las exigencias establecidas para lograr el edificio de consumo de energía casi nulo son poco ambiciosas si se comparan con las de otros países de la Unión Europea, López-Ochoa et al. (2017) propusieron que los edificios de consumo de energía casi nulo del futuro CTE-DB-HE de 2018 deberían de ser aquellos edificios que obtengan una calificación A, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar tres propuestas encaminadas a lograr una calificación de A, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>. Para ello, se partirá de un instituto de educación secundaria ubicado en Logroño (La Rioja) que cumple todas las exigencias del actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio nuevo. Las propuestas consisten en la sustitución del sistema actual de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) por una caldera de biomasa, por una bomba de calor o por un sistema de cogeneración, manteniendo en todas ellas el sistema de apoyo solar actual para cubrir parte de las necesidades de ACS e incorporando un sistema solar fotovoltaico para cubrir parte de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación.

## 3. Instituto de educación secundaria objeto de estudio

### 3.1 Descripción del edificio de partida

El edificio de partida es un instituto de educación secundaria ubicado en la ciudad de Logroño (La Rioja), zona climática D2, y está construido de acuerdo a las exigencias del

actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) para edificios nuevos. El instituto está compuesto por planta baja y dos alturas, con una superficie total de 4.595,6 m<sup>2</sup>: 1.363,8 m<sup>2</sup> en la planta baja y 1.615,9 m<sup>2</sup> tanto en la primera planta como en la segunda. Dispone de 20 aulas, 3 salas de dibujo técnico, 6 laboratorios y una sala de usos múltiples, además de baños, cafetería, despachos, administración, biblioteca, archivo y otros. Tiene capacidad para impartir enseñanzas a unos 1.000 alumnos y permanece abierto entre las 8:00 horas y las 22:00 horas.

Las transmitancias térmicas de los cerramientos opacos y de las particiones interiores se muestran en la Tabla 1. Para los huecos se emplean vidrios dobles bajo emisivos < 0,03 4-20-4 con una transmitancia térmica de 1,40 W/m<sup>2</sup>·K y g de 0,70, y marcos de PVC de tres cámaras con una transmitancia térmica de 1,80 W/m<sup>2</sup>·K y  $\alpha$  de 0,7.

**Tabla 1. Transmitancias térmicas de los cerramientos opacos y de las particiones interiores del edificio de partida.**

	U (W/m <sup>2</sup> ·K)
Solera	0,25
Cubierta	0,20
Muro de la planta baja	0,28
Muro de las plantas 1 y 2	0,28
Forjado de entreplantas 1(*)	0,24
Forjado de entreplantas 2	1,77
Particiones interiores	1,98

Nota: (\*) El forjado de entreplantas 1 posee suelo en contacto con el aire.

En la Tabla 2 se muestran las transmitancias térmicas y los factores solares modificados de todos los huecos empleados. Además, no existen condensaciones ni superficiales, ni intersticiales.

**Tabla 2. Transmitancias térmicas y factores solares modificados de los huecos del edificio de partida.**

	U (W/m <sup>2</sup> ·K)	Factor solar
Hueco tipo 1	1,57	0,42
Hueco tipo 2	1,62	0,34
Hueco tipo 3	1,49	0,55
Hueco tipo 4	1,58	0,41
Hueco tipo 5	1,55	0,45
Hueco tipo 6	1,55	0,46
Hueco tipo 7	1,71	0,19
Hueco tipo 8	1,54	0,48
Hueco tipo 9	1,52	0,51
Hueco tipo 10	1,51	0,52

Para las simulaciones se ha tenido en cuenta que su perfil de uso es el de un edificio de uso no residencial, con densidad de fuentes internas media y periodo de utilización de 16 horas. La tasa de ventilación del edificio es de 1,77 renovaciones/hora. Las cargas de las fuentes internas consideradas han sido las siguientes: Las cargas internas de ocupación son 13,81 W/m<sup>2</sup>, las cargas internas de iluminación son de 6,20 W/m<sup>2</sup> y las cargas internas de los equipos son de 6,60 W/m<sup>2</sup>.

Logroño se encuentra en la zona climática solar III y la demanda diaria de ACS del edificio es de 4.152 l, por lo que el CTE-DB-HE4 exige que la contribución solar mínima sea del 40%. Por ello, se dispone de un sistema de apoyo solar para cubrir el 40% de la demanda energética anual de ACS del edificio. Además se dispone de una caldera de condensación de gas natural de 700 kW y rendimiento del 95% para cubrir tanto las necesidades de calefacción como las de ACS.

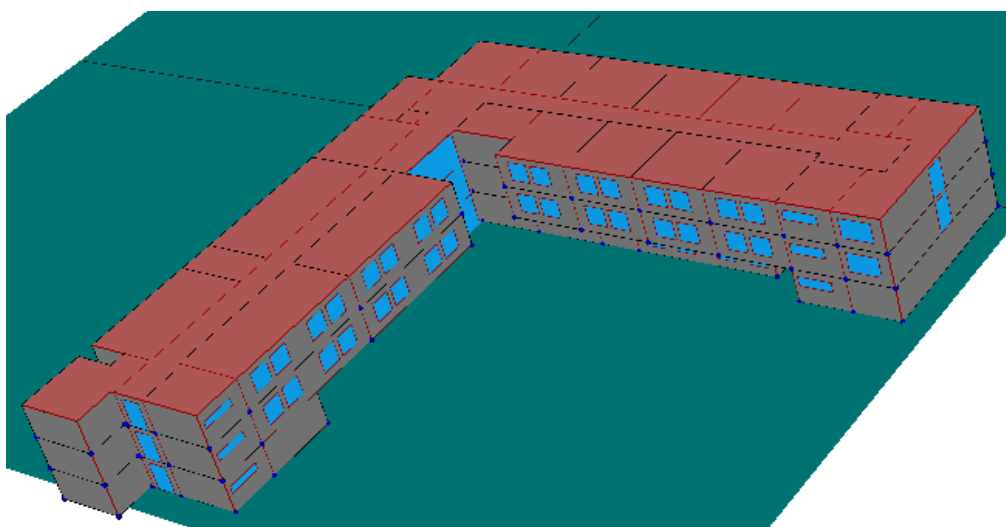
Las instalaciones de iluminación, además de seguir las recomendaciones de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de Centros Docentes (IDAE, 2001), cumplen el actual CTE-DB-HE3: El VEEI (valor de eficiencia energética de la instalación) medio es de 2,00 W/m<sup>2</sup> 100 lux, inferior al VEEI límite establecido para cada zona de actividad del edificio, que está comprendido entre 3,00 y 5,00; la potencia media instalada es de 6,20 W/m<sup>2</sup>, inferior a la máxima permitida de 15 W/m<sup>2</sup>; y cada zona dispone de un sistema de control y regulación adecuado para las instalaciones de iluminación.

### 3.2 Simulación del edificio de partida

Mediante el programa HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER) (HULC, 2017) se verificará el cumplimiento del CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017), se evaluarán las demandas energéticas, los consumos de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub> y se certificará energéticamente el edificio.

Inicialmente, es introducido el modelo 3D del instituto (Figura 1), teniendo en cuenta, además de su geometría, su ubicación, tipo de edificio, tipo de uso, cargas internas, sistema de iluminación, equipos, tasa de ventilación, tipo de espacio, higrometría y envolvente térmica.

**Figura 1: Modelo 3D del instituto objeto de estudio en HULC (2017).**



A continuación, se procede a la verificación del CTE-DB-HE1, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3. Se comprueba que el edificio cumple con el CTE-DB-HE1, ya que el ahorro de

la demanda conjunta de calefacción y refrigeración es del 27,50%, respecto al edificio de referencia, ahorro superior al 25% exigido.

**Tabla 3. Resultados de la verificación del CTE-DB-HE1 del edificio de partida, respecto a su edificio de referencia.**

	Edificio de referencia	Edificio de partida
Ahorro alcanzado (%)	-	27,50
Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	25,19	15,65
Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	37,07	30,61
Demanda energética conjunta (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	51,14	37,08

Tras haber introducido en CALENER-VYP todas las instalaciones térmicas del edificio, se evalúan las demandas energéticas, los consumos de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como las calificaciones energéticas obtenidas para cada parámetro. Los resultados de todos los parámetros energéticos y medioambientales evaluados se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados del edificio de partida.**

	Edificio de partida
Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	44,39 C
Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	24,08 C
Consumo de energía primaria no renovable de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	51,39 B
Consumo de energía primaria no renovable de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	13,89 C
Consumo de energía primaria no renovable de iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	65,83 B
Consumo de energía primaria no renovable total (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	131,11 B
Emisiones de CO <sub>2</sub> de calefacción (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	10,88 B
Emisiones de CO <sub>2</sub> de ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	2,94 C
Emisiones de CO <sub>2</sub> de iluminación (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	9,20 B
Emisiones de CO <sub>2</sub> totales (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	23,02 B

Finalmente, se procede a la verificación del CTE-DB-HE0, cumpliéndose el mismo, tal y como se muestra en la Tabla 5, al haber logrado una calificación de al menos B en consumo de energía primaria no renovable.

**Tabla 5. Resultados de la verificación del CTE-DB-HE0 del edificio de partida, respecto a su edificio de referencia.**

	Edificio de referencia	Edificio de partida
Calificación en consumo de energía primaria no renovable	B	B
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	151,14	131,11

#### 4. Propuestas de estudio

Partiendo de un instituto de educación secundaria ubicado en Logroño (La Rioja) que cumple todas las exigencias del CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) como edificio nuevo, se estudiarán las siguientes propuestas para lograr edificios de consumo de energía casi nulo con una calificación de A, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>:

- Propuesta A: Sustitución del sistema actual de calefacción y ACS por una caldera de biomasa con una potencia de 700 kW y un rendimiento del 85%, manteniendo el sistema de apoyo solar actual para cubrir parte de las necesidades de ACS e incorporando un sistema solar fotovoltaico para cubrir parte de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación.
- Propuesta B: Sustitución del sistema actual de calefacción y ACS por una bomba de calor aerotérmica eléctrica con una potencia de 700 kW y un COP de 3,50, manteniendo el sistema de apoyo solar actual para cubrir parte de las necesidades de ACS e incorporando un sistema solar fotovoltaico para cubrir parte de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación.
- Propuesta C: Sustitución del sistema actual de calefacción y ACS por un sistema de cogeneración de gas natural con una potencia térmica de 700 kW<sub>t</sub>, una potencia eléctrica de 490 kW<sub>e</sub>, un rendimiento térmico del 50% y un rendimiento eléctrico del 35%, manteniendo el sistema de apoyo solar actual para cubrir parte de las necesidades de ACS e incorporando un sistema solar fotovoltaico para cubrir parte de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación.

Se empleará la herramienta de simulación HULC (2017) para evaluar todos los parámetros energéticos y medioambientales, así como las calificaciones energéticas obtenidas para cada parámetro.

#### 5. Resultados

Inicialmente, con los sistemas de producción de calor y el sistema de apoyo solar térmico de cada una de las propuestas realizadas se cubrirán todas las necesidades de calefacción y ACS, y mediante el sistema solar fotovoltaico se cubrirán el 40% de las necesidades eléctricas de los sistemas de iluminación. Las demandas energéticas en todas las propuestas son las mismas que en el edificio de partida, ya que no se modifica la envolvente térmica del edificio. En la Tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en el edificio de partida y en las tres propuestas de estudio.

El consumo de energía primaria no renovable para calefacción se reduce, respecto al edificio de partida, un 89,49% con la propuesta A y un 19,56% con la propuesta B, mientras que aumenta un 108,99% con la propuesta C; el consumo de energía primaria no renovable para ACS se reduce, respecto al edificio de partida, un 92,44% con la propuesta A y un 57,16% con la propuesta B, mientras que aumenta un 89,99% con la propuesta C; y el consumo de energía primaria no renovable para iluminación con todas las propuesta estudiadas es el mismo que para el edificio de partida.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> para calefacción se reducen, respecto al edificio de partida, un 89,52% con la propuesta A y un 35,66% con la propuesta B, mientras que aumentan un 109,01% con la propuesta C; las emisiones de CO<sub>2</sub> para ACS se reducen, respecto al edificio de partida, un 92,52% con la propuesta A y un 65,65% con la propuesta B, mientras que aumentan un 90,14% con la propuesta C; y las emisiones de CO<sub>2</sub> para iluminación con todas las propuestas estudiadas son las mismas que para el edificio de partida.

**Tabla 6. Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en el edificio de partida y en las tres propuestas de estudio.**

	Edificio de partida	Propuesta A	Propuesta B	Propuesta C
Consumo de energía primaria no renovable de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	51,39 B	5,4 A	41,34 B	107,4 D
Consumo de energía primaria no renovable de ACS (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	13,89 C	1,05 A	5,95 A	26,39 D
Consumo de energía primaria no renovable de iluminación (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	65,83B	65,83 B	65,83 B	65,83 B
Consumo de energía primaria no renovable total (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	131,11 B	45,94 A	86,79 A	121,85 B
Emissiones de CO <sub>2</sub> de calefacción (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	10,88 C	1,14 A	7,00 A	22,74 C
Emissiones de CO <sub>2</sub> de ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	2,94 B	0,22 A	1,01 A	5,59 E
Emissiones de CO <sub>2</sub> de iluminación (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	9,20 B	9,20 B	9,20 B	9,20 B
Emissiones de CO <sub>2</sub> totales (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	23,02 B	6,1 A	12,75 A	24,36 B

Con la incorporación del sistema solar fotovoltaico se consigue con todas las propuestas reducir el consumo de energía primaria no renovable en un 20,09% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 19,37%, respecto al edificio de partida. Además, con el sistema de cogeneración de la propuesta C se logran unas reducciones adicionales de consumo de energía primaria no renovable y de las emisiones de CO<sub>2</sub> del 39,23% y del 37,84%, respectivamente. Si no se incorporase el sistema solar fotovoltaico, respecto al edificio de partida, el consumo de energía primaria no renovable disminuiría un 44,87% y las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuirían un 54,13% con el sistema de la propuesta A; y el consumo de energía primaria no renovable disminuiría un 13,72% y las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuirían un 25,24% con el sistema de la propuesta B; mientras que el consumo de energía primaria no renovable aumentaría un 13,03% y las emisiones de CO<sub>2</sub> un 25,20% con el sistema de la propuesta C, lográndose cubrir el 78,14% de las necesidades eléctricas de iluminación del edificio.

A nivel global, el consumo de energía primaria no renovable se reduce, respecto al edificio de partida, un 64,96% con la propuesta A, un 33,80% con la propuesta B y un 7,06% con la propuesta C; y las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen, respecto al edificio de partida, un 73,50% con la propuesta A, un 44,61% con la propuesta B y un 5,82% con la propuesta C. Respecto al edificio de partida, con las propuesta A y B se mejora en una letra tanto la calificación en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que con la propuesta C se mantiene la misma letra en ambas calificaciones. Consiguiendo en todas las propuestas cumplir el actual CTE-DB-HE0, es decir, obteniendo al menos una calificación de B en consumo de energía primaria no renovable: Calificación de B en el edificio de partida y en la propuesta C; y calificación de A en las propuestas A y B.

El objetivo de este trabajo es obtener edificios con una calificación A, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>, sólo lográndose con las propuestas A y B. Por ello se hace necesario replantear la propuesta C: Aumentando la generación mediante el sistema solar fotovoltaico en 67.876 kWh/año se consigue al menos una calificación A en consumo de energía primaria no renovable (propuesta C.1); y

aumentando adicionalmente la generación en 25.547 kWh/año se consigue además la calificación A en emisiones de CO<sub>2</sub> (propuesta C.2). En la Tabla 7 se muestran los resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en las propuestas C, C.1 y C.2.

**Tabla 7. Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en el edificio de partida y en las propuestas C, C.1 y C.2.**

	Edificio de partida	Propuesta C	Propuesta C.1	Propuesta C.2
Energía eléctrica generada por el sistema de cogeneración y autoconsumida (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	26,32	26,32	26,32
Energía eléctrica generada por el sistema solar fotovoltaico y autoconsumida (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	-	13,48	28,25	33,80
Consumo de energía primaria no renovable total (kWh/m <sup>2</sup> ·año y calificación)	131,11 B	121,85 B	92,99 A	82,13 A
Emisiones de CO <sub>2</sub> totales (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año y calificación)	23,02 B	24,36 B	19,47 B	17,63 A

Mientras que con la propuesta C se cubrían el 118,14% de las necesidades eléctricas de iluminación del edificio, con la propuesta C.1 se cubren el 161,98% y con la propuesta C.2 el 178,46%. De esta forma con todas las propuestas que emplean el sistema de cogeneración (C, C.1 y C.2) se aseguran cubrir todas las necesidades eléctricas de iluminación del edificio y parte del resto de necesidades eléctricas del edificio.

## 6. Conclusiones

En este trabajo se avanza en la definición de los futuros institutos de consumo de energía casi nulo, con los que se contribuirá a la consecución de los objetivos europeos en materia de clima y energía para 2020 y 2030.

Es muy importante que el parque edificatorio actual se vaya rehabilitando energéticamente para reducir el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub> de sector edificatorio. Este estudio demuestra que con las propuestas A, B y C.2 se pueden lograr institutos de consumo de energía casi nulo con una calificación A, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO<sub>2</sub>, empleando sistemas de producción de calor más eficientes y aumentando el empleo de las energías renovables.

Además, tomando de partida el actual CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017), el futuro CTE-DB-HE de 2018 deberá apostar por fomentar el uso de las bombas de calor, el empleo de biomasa y un mayor aprovechamiento de la energía solar térmica y fotovoltaica para lograr edificios de consumo de energía casi nulo.

## Referencias

- HULC (2017). Herramienta Unificada LIDER-CALENER, Versión 1.0.1564.1124) [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: [https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/lider-calener/iCTEHE2013\\_last](https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/lider-calener/iCTEHE2013_last).
- IDAE (2001). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación: Centros Docentes [consultado en 18.09.2017]. Disponible en:



[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_centros\\_docentes\\_01\\_6803da23.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf).

- López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L. M., & García-Lozano, C. (2017). Environmental and energy impact of the EPBD in residential buildings in cold Mediterranean zones: The case of Spain. *Energy and Buildings*, 150, 567–582. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.023>.
- Ministerio de Fomento (2013a). 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 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/09/12/pdfs/BOE-A-2013-9511.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2013b). Corrección de errores de la 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 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/11/08/pdfs/BOE-A-2013-11688.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2017). Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y el Documento Básico DB-HS “Salubridad”, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7163.pdf>.
- Ministerio de la Presidencia (2013a). 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 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/04/13/pdfs/BOE-A-2013-3904.pdf>.
- Ministerio de la Presidencia (2013b). Corrección de errores del 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 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/05/25/pdfs/BOE-A-2013-5511.pdf>.
- Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales (2017). Real Decreto 564/2017, de 2 de junio, por el que se modifica 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 [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/06/pdfs/BOE-A-2017-6350.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 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=ES>.
- Unión Europea (2012). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE [consultado en 18.09.2017]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=ES>.