

05-014

REDUCTION IN ENERGY DEMAND IN THE DESIGN OF A ZERO CONSUMPTION BUILDING FOR RESIDENTIAL USE USING ENERGY SIMULATION.

Lozoya Araque, David; Aparicio Fernández, Carola; Vivancos Bono, Jose Luis; David Llacer, Enrique

Universitat Politècnica de València

In this work is carried out the energy study of a house with the aim of achieving a maximum reduction in energy demand to design a zero consumption building. An energy simulation has been carried out using the PHPP v9.3a tool of a house in the design phase for residential use, located in the Mediterranean climate, for which the proposal of low energy demand solutions were carried out. This requires the optimization of the thermal envelope of the house, as well as the appropriate selection of ventilation and air conditioning equipment to ensure a high level of comfort in the house with a very low energy consumption. The insulation level of the enclosure has been optimised, and the installation of high-performance insulating windows and a ventilation system with balanced, regulated and calibrated heat recovery has been considered. In addition, it would be necessary to guarantee a minimum value of hermeticity of the construction against leaks and infiltrations of air and the free design of thermal bridges in number and length.

Keywords: *energy demand; passivhaus; passive strategies; trnsys*

REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO DE CONSUMO CERO PARA USO RESIDENCIAL MEDIANTE SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

En el presente trabajo se lleva a cabo el estudio energético de una vivienda con el objetivo de conseguir una reducción máxima de la demanda energética en consecución de edificio de consumo cero. Para la consecución del objetivo se ha llevado a cabo la simulación energética con la herramienta informática PHPP v9.3a de una vivienda en fase de diseño destinada a uso residencial, situada en el clima Mediterráneo, para la cual se lleva a cabo la propuesta de soluciones de baja demanda energética. Esto requiere de la optimización de la envolvente térmica de la vivienda, así como de la adecuada selección de los equipos de ventilación y climatización de manera que se pueda garantizar un elevado nivel de confort para la habitabilidad de la vivienda con un consumo energético muy reducido. Para ello se ha optimizado del nivel de aislamiento de la envolvente, se ha planteado la instalación de ventanas de altas prestaciones aislantes como de un sistema de ventilación con recuperación de calor equilibrado, regulado y calibrado. Además, habría que garantizar un valor mínimo de hermeticidad de la construcción frente a fugas e infiltraciones de aire y el diseño libre de puentes térmicos en número y longitud.

Palabras clave: *demanda energetica; passivhaus; estrategias pasivas; trnsys*

Correspondencia: Carola Aparicio. caap@csa.upv.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

Actualmente es imprescindible tener en cuenta el ahorro de energía es el diseño de viviendas debido al aumento del precio de la energía y el mayor respeto por el medio ambiente. Desde hace años existe una gran preocupación por el adecuado diseño arquitectónico pero en ocasiones no sabemos qué herramienta utilizar para ello ya que son muchas las que se pueden utilizar. No obstante, cabe señalar que todos los programas se basan en los principios básicos de energía en edificación (UNE-EN 15603, 2008; Serra & Coch, 2001).

El consumo energético a nivel mundial presenta una tendencia evolutiva creciente. En particular, cabe destacar que el consumo energético asociado a edificaciones supone el 21 % del total (unos 35.400 Twh), y se prevé que el uso de la energía en edificaciones se incremente en un 32 % entre 2015 y 2040 (LEY 4/2019, de 21 de febrero, de Sostenibilidad Energética de la Comunidad Autónoma Vasca). En cuanto al escenario de producción, principalmente tiene por origen fuentes de energía no renovable, las cuales tienen reservas limitadas y un elevado potencial de generación de impactos ambientales. Por lo tanto, se deben buscar soluciones que permitan hacer un uso eficiente de la energía con el fin de reducir los impactos ambientales derivados de su producción, así como garantizar el abastecimiento energético a todas las regiones del planeta.

El estándar de baja demanda energética Passivhaus desarrollado en Alemania en los años 90 es el seguido para el diseño pasivo de las viviendas. Este estándar propone cumplir unos requisitos fijos independientemente del clima, los cuales pretenden garantizar un alto confort interior y disminuir al máximo la demanda energética del edificio (Pagliarini, Corradi & Rainieri, 2012). Estos criterios de confort son:

- Limitar la demanda energética de calefacción y refrigeración en invierno y verano sin disminuir las condiciones de confort térmico interior.
- La renovación de aire interior se hace con aire climatizado garantizando las condiciones higiénicas del aire interior.
- Aumentar al máximo la compacidad del edificio, reduciendo así la envolvente térmica y por tanto reduciendo la superficie interior en contacto con el ambiente exterior.
- Limitar y controlar todos los puentes térmicos de la envolvente. Se deben evitar todos los puentes térmicos para evitar las condensaciones superficiales interiores.
- Limitar las temperaturas de las superficies interiores para evitar el disconfort interior.
- Evitar corrientes de aire o velocidades altas de aire que tengan un efecto negativo.
- Limitar las infiltraciones de aire mediante una alta hermeticidad de la envolvente, así se limitan y controlan las pérdidas energéticas. Será necesario hacer un ensayo que garantice la estanqueidad del edificio.
- Limitar la demanda de energía primaria del edificio.

Los puntos anteriormente descritos y la experiencia de varias décadas permite diseñar y construir viviendas pasivas. El estándar Passivhaus, se consigue cumpliendo con los siguientes requisitos (Gantioler, 2010):

- Demanda máxima para calefacción de 15 kWh/ m²a
- Demanda máxima para refrigeración de 15 kWh/ m²a
- Para edificios calefaccionados y refrigerados por aire, se acepta como alternativa, también, el conseguir una carga suplementaria, para frío y calor, menor de 10 W/ m².

- Hermeticidad de n50 no superior a 0,6/h, valor obtenido mediante el test de presurización "Blower Door".

- El consumo de energía primaria para todos los sistemas (calefacción, refrigeración, ACS, electricidad, auxiliar etc.) no superior a 120 kWh/ m²a Temperaturas superficiales interiores de la envolvente térmica durante invierno >17 °C

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo consiste en llevar a cabo el estudio energético de una vivienda para conseguir una reducción máxima de la demanda energética de un edificio de consumo cero. Es decir, llevar a cabo la propuesta de soluciones de baja demanda energética y el estudio de las instalaciones de climatización de modo que la vivienda finalmente cumpla con los requisitos establecidos en el estándar energético casa pasiva del Passive House Institute, en particular, la certificación Classic.

3. Marco Teórico

3.1 Estándares de energía contemplados por el PHI

El Passive House Institute contempla un total de tres estándares energéticos. Para edificaciones existentes contempla el estandar EnerPHit; y para obra nueva contempla los estándares casa pasiva y PHI-Edificio de baja demanda energética. De estos dos estándares es el estándar de casa pasiva el que resulta de aplicación al caso práctico.

Cabe destacar que aquellas edificaciones que logran la acreditación con el estándar energético casa pasiva se caracterizan por garantizar elevados niveles de confort con una demanda energética muy reducida en comparación con edificaciones convencionales; y resulta necesario puntualizar que se habla de demanda y no de consumo puesto que son conceptos diferentes. La demanda hace referencia a la energía útil que resulta necesaria para mantener las condiciones de confort, y el consumo a la energía necesaria para producir dicha energía útil teniendo en cuenta la eficiencia de los distintos sistemas e instalaciones.

3.2 Requisitos para la certificación como casa pasiva Classic de aplicación al caso práctico

Una vez decidido que se apuesta por la certificación, hay que tener en cuenta los requisitos debe cumplir la vivienda objeto del caso práctico para la lograr la certificación de casa pasiva Classic.

En primer lugar, existen requisitos acerca de las demandas de calefacción y refrigeración, cada una de ellas debe ser menor a 15 kWh por metro cuadrado y año. Cabe destacar que estos requisitos van asociados a la superficie de referencia energética de la vivienda (m²). Para la deshumidificación no hay ningún valor límite establecido. Además, la vivienda debe garantizar un mínimo de hermeticidad o estanqueidad; de modo que el valor del Test n50 debe ser como máximo igual a 0,6 veces por hora el volumen de la vivienda que queda dentro de la envolvente térmica. El ensayo consiste en instalar un ventilador en una puerta o ventana exterior y obtener el valor de hermeticidad tanto en modo presurización como en modo despresurización con una diferencia de presión de 50 Pascales.

También existe un requisito relativo a la frecuencia de sobrecalentamiento, es decir, el tiempo durante el cual la temperatura del ambiente interior se encuentra por encima de la temperatura máxima admisible establecida, la cual es generalmente de 25 grados para viviendas pasivas. Si la edificación no se equipa con sistemas de refrigeración activa, dicha

frecuencia debe ser menor o igual al 10 %. Si no se puede garantizar el cumplimiento de este escenario, se deberá equipar la edificación con un sistema de refrigeración activa.

Respecto a la humedad del ambiente interior, la frecuencia con la que se supera valor máximo establecido; que generalmente es de 12g/kg de aire seco, no debe ser mayor al 20 % si la edificación no cuenta con sistemas de deshumidificación ni de refrigeración activa; ni mayor al 10 % si la edificación cuenta con sistemas de refrigeración activa pero no con sistemas de deshumidificación. Si no se puede garantizar ninguno de estos dos escenarios, entonces se debe instalar un sistema de deshumidificación adicional.

Por último, existe un requisito acerca de la demanda de energía primaria no renovable de la edificación, en el cual se establece que la demanda no debe ser mayor a 120 kW hora por metro cuadrado y año; este requisito también va asociado a la superficie de referencia energética (m²)

3.3 Principio básicos de optimización energética según el PHI

Conocidos los requisitos que debe cumplir la vivienda objeto del caso práctico, resulta necesario conocer cuáles son los principios básicos de optimización sobre los que el Passive House Institute indica que se debe apoyar el diseño de una edificación objeto de certificación como casa pasiva.

En primer lugar, se debe dotar a la vivienda con un nivel de aislamiento adecuado. En segundo lugar, la vivienda se debe equipar con elementos acristalados de altas prestaciones. En tercer lugar, se debe elegir una estrategia de ventilación adecuada para la vivienda, la cual pasa principalmente por equiparla con un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor de alta eficiencia. Además, se debe garantizar un mínimo de estanqueidad de la vivienda. Y, por último, se deben reducir los puentes térmicos existentes lo máximamente posible en número y longitud.

3.4 Herramienta informática

A continuación, se describe la herramienta que se utiliza para desarrollar el caso práctico, la herramienta de simulación Passive House Planning Package. Las principales funciones de esta herramienta son:

Facilitar al usuario el proceso de diseño de la edificación desde un punto de vista de eficiencia energética para que esta logre cumplir con los requisitos establecidos en el estándar energético al cual pretenda optar dicha edificación; así como los procesos de modelización y simulación de la edificación.

Además, para proyectos de aplicación real, esta herramienta también tiene por función servir como apoyo para que certificadores acreditados cotejen que la información introducida por el usuario es correcta y que la edificación alcanza los requisitos establecidos en el estándar pretendido.

4. Caso práctico

Pasando al caso práctico, la edificación que ocupa el caso de estudio consiste en una vivienda unifamiliar dúplex de carácter residencial, la cual se ubica en el municipio de Algemesí (provincia de Valencia). La edificación contemplada consta de un total de dos plantas (4 dormitorios, 3 baños, garaje, terraza y balcones) como se aprecia en la Figura 1. Se deben parametrizar tanto la superficie de referencia energética (en adelante, SRE) como la envolvente térmica de la vivienda, y los puentes térmicos existentes en la edificación. La tabla 1 muestra la información empleada para el cálculo de la SRE de la vivienda objeto del caso práctico teniendo en cuenta las consideraciones comentadas en los puntos anteriores.

Figura 1: Primera y segunda planta de la vivienda [David Llacer, 2018].

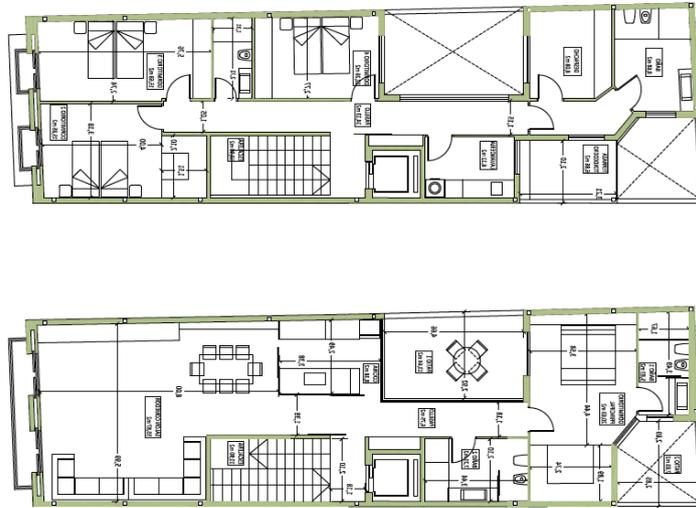


Tabla 1: Cálculo simplificado de la SRE.

	Espacio	Superficie (m ²)	% S.R.E.	S.R.E. (m ²)
PLANTA 1	Escalera	10,90	0%	0
	Pasillo	10,79	100%	10,79
	Dormitorio principal (con vestidor)	20,61	100%	20,61
	Baño1	5,83	100%	5,83
	Baño2	7,23	100%	7,23
	Armario auxiliar	0,74	100%	0,74
	Cocina	8,57	100%	8,57
	Salón comedor	42,62	100%	42,62
	Hueco Ascensor	2,66	0%	0
PLANTA 2	Escalera	10,90	0%	0
	Pasillo	13,74	100%	13,74
	Baño 3	6,12	100%	6,12
	Lavandería	21,11	100%	21,11
	Dormitorio 2 (con vestidor)	16,23	100%	16,23
	Dormitorio 3 (con armario)	15,31	100%	15,31
	Dormitorio 4	12,30	100%	12,3
	Armario empotrado dormitorio 4	2,80	100%	2,8
Hueco Ascensor	2,66	0%	0	
TOTAL (m²)				184

4.1 Envoltente térmica

Tras la descripción de la vivienda objeto del caso práctico se pasa a comentar que optimizaciones han resultado fundamentales que la vivienda logre cumplir con los requisitos establecidos en el estándar energético casa pasiva Classic.

Tabla 2: Valor de la transmitancia térmica de los distintos elementos constructivos.

Elemento Constructivo	Transmitancia térmica (W/m ² K)
Fachada Sate (1 Hoja)	0,256
Medianera	0,283
Cubierta (Plana, Transitable, No ventilada, Solado fijo)	0,218
Techo Garaje – Forjado 1ª planta	0,318

En primer lugar, ha resultado fundamental optimizar la envoltente térmica de la vivienda. Respecto a las fachadas delantera y trasera, para dichas superficies se decide emplear un elemento constructivo basado en un sistema de aislamiento térmico exterior (también conocido como SATE o *ETICS*) por tratarse de una solución ampliamente extendida en el ámbito de la construcción, por lo que debe resultar relativamente sencillo encontrar personal con experiencia en la instalación de dicho sistema y a su vez presenta una buena relación prestaciones-precio. Se logra reducir la transmitancia térmica de las fachadas delantera y trasera hasta 0,256 W/m²K. Así como en las medianeras, si bien no es tipo SATE, se logra reducir la transmitancia térmica de las mismas hasta 0,283 W/m²K.

Para el techo del garaje y forjado de la primera planta, aquello que permite reducir la transmitancia térmica de este elemento hasta 0,318 W/m²K es la inclusión de dos capas de sistemas aislante y el panel de tetones de EPS del sistema de calefacción por suelo radiante.

El elemento constructivo *Cubierta* consiste en una cubierta plana apta para el tránsito de personas, no ventilada y con solado fijo. Cabe destacar que este elemento constructivo se parametriza como *cubierta* o *techo* debido a la inclinación del propio elemento respecto a la horizontal (comprendida entre a 0 y ± 59), y por su posición respecto al flujo de calor en el interior de la envoltente térmica (el cual es vertical ascendente en sentido hacia el elemento constructivo). Donde resulta posible reducir la transmitancia térmica de la cubierta hasta los 0,218 W por metro y grado kelvin mediante la inclusión de dos capas de sistemas aislante.

Cabe mencionar que dichos valores cumplen con lo establecido en la tabla E.1 del apéndice E relativo a la sección 1 de CTE DB-HE (versión junio de 2017).

4.2 Elementos acristalados

La segunda de las optimizaciones que resulta fundamental para que la vivienda logre el cumplimiento de los requisitos establecidos en el estándar energético casa pasiva Classic es la utilización de elementos acristalados de altas prestaciones.

Se puede considerar que los elementos acristalados están formados por dos componentes distintos, una formado por el marco y la hoja; y otro por el acristalamiento. Para el caso práctico se opta por el empleo de marcos y hojas de PVC con el fin de propiciar la rotura de puentes térmicos. Además, cabe destacar que el marco tiene un valor de transmitancia térmica considerablemente bajo.

Respecto al acristalamiento, la vivienda del caso práctico se equipa con acristalamientos triples bajo-emisivos que tienen las cámaras rellenas de gas argón; además, el

acristalamiento tiene valores bajos de transmitancia térmica del cristal y de puente térmico en borde de vidrio, este último por estar equipado con varillas distancias térmicamente optimizadas.

En cuanto al factor solar del acristalamiento, este es de 0,5. Este factor solar es adecuado para el caso práctico puesto que los valores que daban como resultado un mejor balance entre las demandas de calefacción y refrigeración se encuentran en el rango de 0,5 a 0,6; valores por debajo de 0,5 aumentaban considerablemente la demanda de calefacción y valores por encima de 0,6; la demanda de refrigeración.

Por último, cabe destacar que el marco tiene un valor de transmitancia térmica bajo; y que tanto el marco como la hoja son de PVC para propiciar la rotura de puentes térmicos. Marco estándar D920 y Hoja Nova-line KAB D923 Finstral; el marco y la hoja son de PVC con el fin de favorecer la rotura de puentes térmicos, Valor bajo de transmitancia térmica del perfil del marco (0,92 W/m²K). Acristalamiento S-Valor triple vidrio (4:-14-4-14:-4) Finstral: Acristalamiento triple bajo-emisivo. Cámaras rellenas con gas argón. Valor bajo de transmitancia térmica del vidrio (0,6 W/m²K), Valor bajo de puente térmico en borde de vidrio (0,038 W/m²K), (equipado con varilla distancial térmicamente optimizada), Factor solar adecuado ("0,5")

4.3 Sistema de ventilación

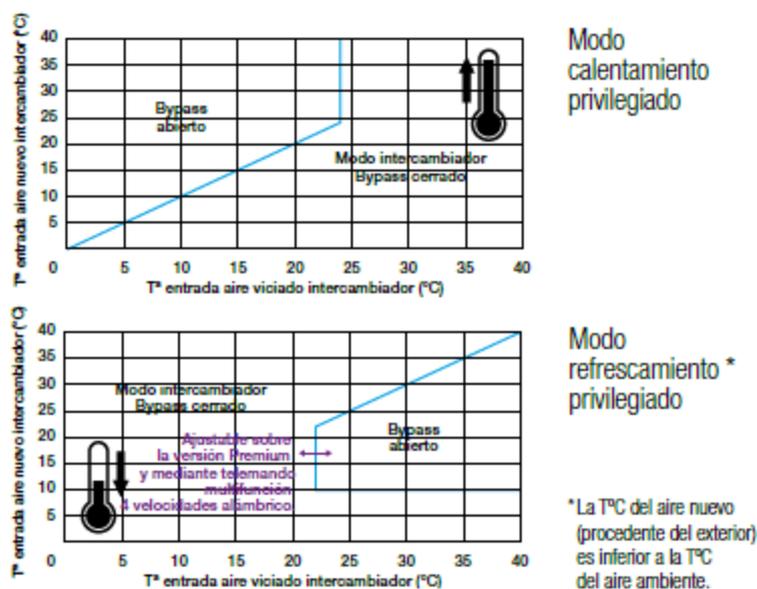
Otra de las optimizaciones que resulta fundamental es equipar la vivienda con un sistema de ventilación mecánica de flujo cruzado con recuperación de calor de alta eficiencia, pues permite transferir calor del caudal de extracción al caudal de impulsión durante la época invernal, y calor del caudal de impulsión al caudal de extracción en verano. Esto hace posible reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración para acondicionar los espacios de la vivienda. Cabe destacar que pueden darse situaciones en las que no interese que se transfiera calor entre los caudales; por ejemplo, cuando el aire de impulsión se encuentre a una temperatura menor que el aire del caudal de extracción durante la época estival. Por lo tanto, resulta interesante que el sistema de ventilación incorpore el modo de funcionamiento baipás.

En la Figura 2 se aprecia el sistema de ventilación mecánica de flujo cruzado InspirAir Home SC370 de Aldes Aurealique: Alto rendimiento del recuperador de calor (87 %; se parametriza con un rendimiento del 75 %): Época invernal: Permite la transferencia de calor del aire del caudal de extracción al de impulsión. Época estival: Permite la transferencia de calor del aire del caudal de impulsión al de extracción. Incorpora modo baipás.

4.4 Sistemas de acondicionamiento térmico

Con relación al requisito establecido sobre la frecuencia de sobrecalentamiento, la temperatura máxima de 25 grados se vería superada con una frecuencia de 18,6 % para el caso práctico. Por lo tanto, se debe instalar un sistema de refrigeración. Por ello, se opta por el empleo de 5 splits Daikin para el interior de la vivienda y una unidad exterior multi-inverter también de Daikin que tiene un valor de eficiencia energética estacionaria considerablemente alto. Tras equipar la vivienda con un sistema de refrigeración activa, la frecuencia con la que se superaría el valor máximo de humedad sería de 21,6 %; por lo tanto, se debe instalar un sistema de deshumidificación, y se opta por la instalación de dos unidades ttk 127 e de trotec.

Figura 2. Mapa de funcionamiento de la unidad de ventilación InspirAir Home SC370 durante la época estival [Aides Venticontrol, 2019].



Dado que el clima del caso práctico es mediterráneo (cálido con periodos invernales relativamente suaves); y no se exige una temperatura mínima del ambiente interior demasiado elevada durante la época invernal (se establece en 20 °C), la bomba de calor debería ser capaz de suministrar las necesidades de calor derivadas del acondicionamiento de la vivienda sin el apoyo de otros sistemas. Sin embargo, la bomba de calor solamente proporcionará calor para calefacción si en ese momento no hay demanda de calor para generar ACS, pues se establece como prioritaria la generación de ACS. Por lo tanto, se establece el margen de contribución de la bomba de calor para calefacción en un 70 %; es decir, se considera que del 100 % del tiempo durante el cual se necesite generar calor para calefacción con la bomba de calor, es posible que un 30 % del tiempo coincida con la generación de ACS y deba entrar como apoyo la caldera de condensación para generar calefacción.

Respecto al sistema de calefacción, se opta por el empleo de un sistema de suelo radiante; y se parametriza como fuente principal de calor una bomba de calor y como fuente secundaria o de apoyo una caldera de condensación de gas natural. La elección de la bomba de calor como fuente principal se debe a que el COP de una bomba de calor es generalmente muy superior a la unidad, siendo de 4,45 para el caso práctico; y el de una caldera se acerca al 105 % - 110 % en el mejor de los casos; siendo del 107 % para el caso práctico.

Refrigeración:

- Cinco unidades interiores de pared FTXJ20MW Daikin.
- Una unidad exterior 5MXM90N* Daikin: Multi-inverter. Valor de SEER alto (7,77)
- Frecuencia humedad excesiva: 21,6 % resulta necesario instalar un sistema de deshumidificación.

Deshumidificación: 2 unidades TTK 127 E de Trotec.

Calefacción:

- Suelo radiante:
- Paneles de tetones de EPS Uponor Comfort Nubos Panel IB y tubos de PEX-A de 16 milímetros de diámetro.
- Fuente generadora: Daikin Altherma Híbrida Fuente de calor principal: bomba de calor EVLQ08CV3 + EHYHBX08AV3. COP de 4,45. Fuente de calor secundaria: caldera de condensación EHYKOMB33AA2 de Daikin. Rendimiento del 107 %.
- COP de una bomba de calor >>>> 1

4.5 Sistemas de generación de ACS

Respecto al escenario de producción de ACS, en base a lo establecido en la sección 4 del CTE DB-HE (tabla 2.1, versión junio 2017) para edificaciones como la vivienda del caso práctico (con demandas de ACS comprendidas entre 50 y 5000 litros al día que se encuentren en la zona IV); se exige la obtención del 50 % de la demanda de ACS con energía solar u otra energía renovable. Por lo tanto, para cumplir con lo establecido en la sección 4 del CTE DB-HE, pero garantizar que no se modeliza un caso que pueda resultar demasiado favorable para la simulación; se considera que solamente se cubre el 50 % de la demanda de ACS haciendo uso del depósito acumulador de agua caliente sanitaria obtenida con la bomba de calor Daikin Altherma Híbrida; y el 50 % restante se obtiene haciendo uso de la caldera de condensación de gas natural; cuyo rendimiento es del 105%.

Depósito acumulador de ACS HYC 343/19/0-P de Rotex; clase eficiencia energética es B (DB-HE 4, junio 2017)

Fuente generadora: Daikin Altherma Híbrida

- Bomba de calor EVLQ08CV3 + EHYHBX08AV3. COP de 4,45; inverter.
- Caldera de condensación EHYKOMB33AA2 de Daikin; rendimiento del 105 % a la potencia nominal (33 kW).

4.6 Resultados

Tras modelizar y simular la vivienda del caso práctico se alcanza el estándar de energía pretendido, se obtienen los siguientes resultados plasmados en la Figura 3:

- Las demandas de calefacción y refrigeración son de 14,4 y 9,0 kW hora por metro cuadrado y año respectivamente.
- Se considera que se cumple el requisito de la frecuencia de sobrecalentamiento dado que la vivienda se equipa con un sistema de refrigeración activa; y se considera que se cumple el requisito de frecuencia de exceso de humedad dado que la vivienda se equipa con un sistema de deshumidificación adicional.
- Respecto a la demanda de energía primaria no renovable de la vivienda, esta es de 93,48 W; por lo tanto, también se cumple con el requisito establecido.
- Por último, puesto que no se dispone del valor del Test n50 al no existir físicamente la vivienda, se considera que se cumple el requisito de hermeticidad en el límite.

Figura 3: Balance energético de la demanda de calefacción [Hoja Calefacción PHPP v9.3a, 2018].

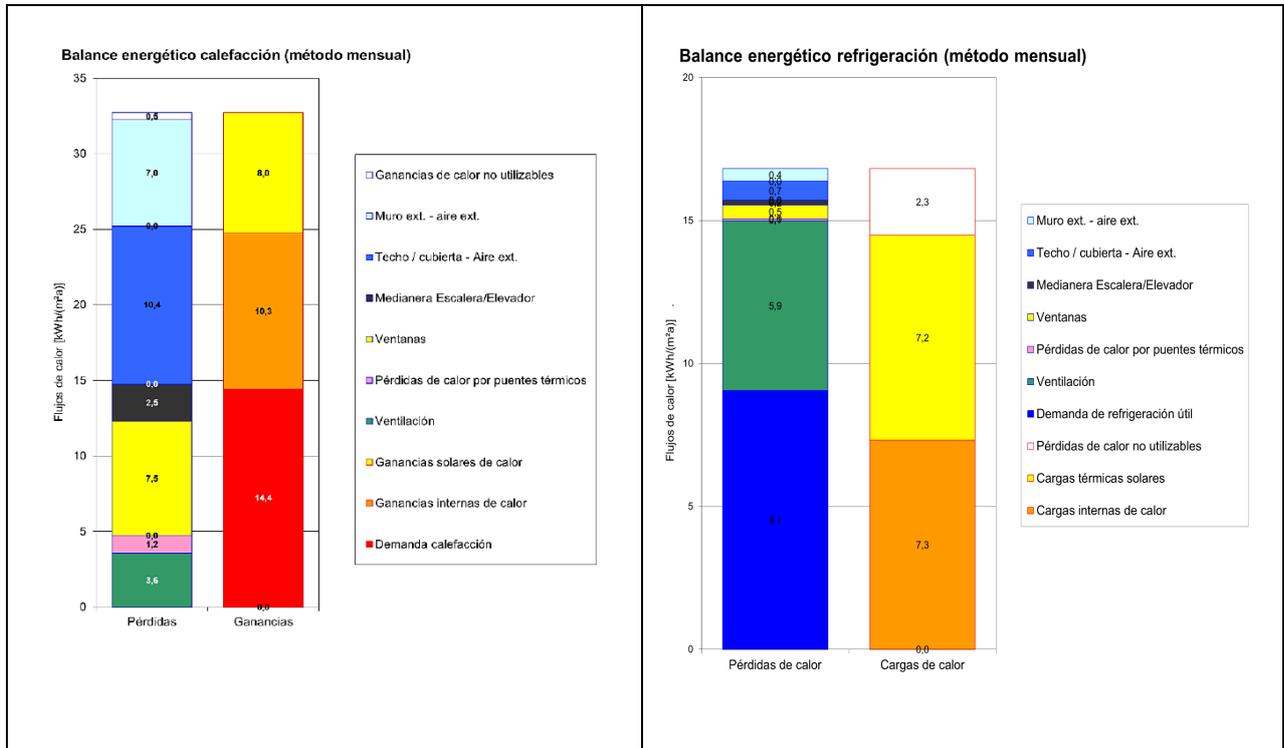
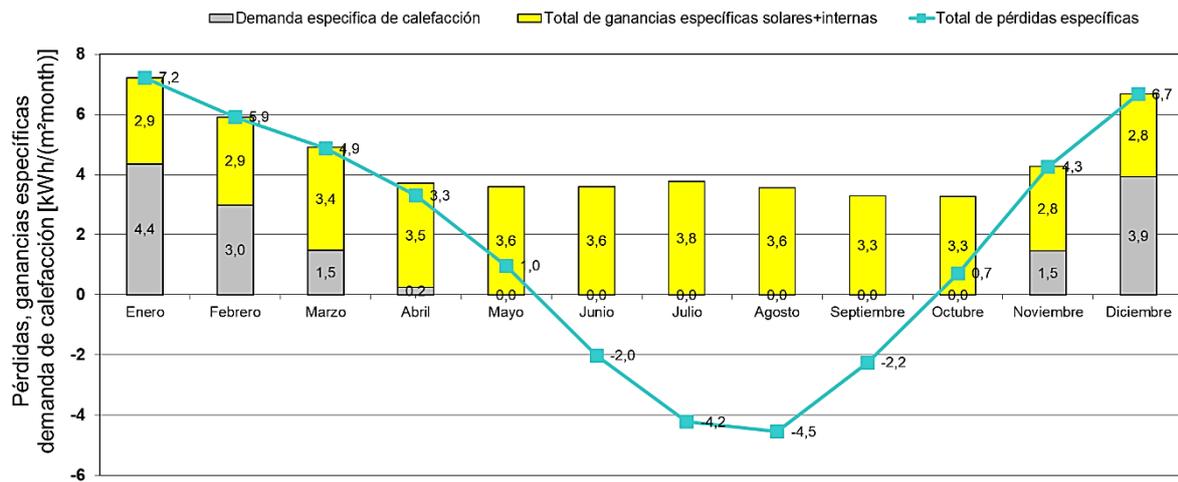


Figura 4: Demanda de calefacción mensual [Hoja Calefacción PHPP v9.3a, 2018].



4. Conclusiones

Con la puesta en práctica de manera generalizada de los cinco principios básicos de optimización propuestos por el Passive House Institute, la demanda energética y por ende el consumo energético de las edificaciones se vería considerablemente reducido; lo que contribuiría a la reducción de los impactos ambientales asociados a la producción de la energía. El estándar energético casa pasiva establece una serie de requisitos a cumplir por las edificaciones de nueva construcción que se pretendan acreditar con una de las tres posibles certificaciones contempladas en dicho estándar (Classic, Plus y Premium). Dado que los requisitos establecidos en cualquiera de las tres posibles certificaciones son relativamente exigentes, para que una edificación logre cumplir dichos requisitos, esta se debe diseñar desde un punto de vista de eficiencia energética desde la fase inicial teniendo en cuenta los principios básicos de optimización. Respecto a las edificaciones que obtienen una de las tres posibles certificaciones, estas se caracterizan por ser edificaciones en las que se garantiza un elevado nivel de confort para su uso o habitabilidad con un consumo energético muy reducido en comparación con el consumo energético de una edificación convencional.

La optimización de la envolvente térmica, la utilización de elementos acristalados de altas prestaciones, la utilización de sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor de alta eficiencia, y la elección adecuada de los sistemas de acondicionamiento térmico y generación de ACS; resultan fundamentales para lograr el cumplimiento de los requisitos establecidos en el estándar energético pretendido para la vivienda objeto del caso práctico.

El uso de un sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor de alta eficiencia permite la transferencia de calor entre los caudales de aire de impulsión y extracción cuando la situación es propicia para ello mencionar que se pueden dar situaciones en las que la transferencia de calor entre los caudales de impulsión y extracción no resulte ventajosa; por ello, el sistema de ventilación mecánica dispone de un modo de funcionamiento *baipás*.

Con relación al sistema de calefacción empleado, cabe mencionar que el calor emitido por un sistema de suelo radiante se emite desde el suelo y de manera uniforme; por lo tanto, se distribuye mejor que el de un sistema de calefacción por radiadores (sean o no de baja temperatura) o unidades de pared (también conocidas como *splits*). Por contra, un sistema de calefacción por suelo radiante tiene gran inercia térmica.

Cabe destacar que la unidad exterior tiene un SEER de 7,77 (es capaz de generar 7,77 kW de potencia de refrigeración por cada kW de electricidad consumido) y es *multi-inverter*.

La reducción del consumo eléctrico asociado al funcionamiento de estos dispositivos pasa por equipar la vivienda con electrodomésticos, sistemas de iluminación y sistemas de ventilación de alta eficiencia energética; así como hacer un uso adecuado de los mismos. Si bien se podría haber optado por el empleo de otras soluciones comerciales de similar eficiencia energética; la vivienda se equipa con electrodomésticos *Balay*, un sistema de ventilación mecánica de *Aldes Aurealique* y un ascensor *Otis*.

Para concluir, resulta de interés indicar que si los principios de optimización propuestos por el PHI se pusieran en práctica de forma generalizada tanto para nuevas edificaciones como para edificaciones existentes; el consumo energético del sector doméstico y residencial podría verse considerablemente reducido. De esta manera, al menos en lo relativo al sector doméstico y residencial, una menor demanda de energía por edificación necesitaría de una menor producción de energía, y esto se debería traducir en una menor generación de impactos ambientales; no sólo porque se necesitase una menor producción de energía cuyo origen sea una fuente de energía no renovable, sino también porque se podría cubrir una

mayor parte de la demanda energética con energía obtenida de fuentes de energía renovables.

Referencias

Aldes Venticontrol S.A. (2019) “CUADERNO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS InspirAIR® Home.” Disponible en: https://www.aldes.es/wp-content/uploads/2018/10/InspiraAir_home_Tech_Corp_Es_7_1_BD.pdf [Consultado el 17-05-2019]

CTE (Código Técnico de la Edificación) (2017). Documento básico HE-Ahorro de energía. Versión junio 2017. <https://www.codigotecnico.org/>

CTE (Código Técnico de la Edificación) (2017). Documento Básico HS-Salubridad. Versión junio 2017. <https://www.codigotecnico.org/>

CTE (Código Técnico de la Edificación) (2009). Documento Básico SE-AE - Seguridad Estructural -Acciones en la edificación. Abril 2009. <https://www.codigotecnico.org/>

David Llacer, Enrique. (2018) “Proyecto básico de vivienda entre medianeras en Algemesí (Valencia).” Visado el 18/4/2018.

Gantioler, G. (2010). Manual para la certificación “Estándar Passivhaus” CERTIFICADO Estándar Passivhaus Dr. Wolfgang Feist. Versión del 23.05.2010 --TBZ Traducción al castellano 21.01.2011 – Alejandro Cuesta y Micheel Wassouf-TBZ

Pagliarini, G., Corradi C. & Rainieri S. (2012). Hospital CHCP System Optimization Assisted by TRNSYS Building Energy Simulation Tool. Applied Thermal Engineering, 44, 150–158.

PHI (Passive House Institute). (2016) Criteria for the Passive House, EnerPHit and PHI Low Energy Building Standard. Versión: 9f, del 15 de agosto de 2016.

PHI (Passive House institute). (2015) La herramienta de cálculo de balance energético y planificación Passivhaus para edificios y modernizaciones eficientes. Versión 9. 2015.

PHI (Passive House Institute). (2018) Página web: https://www.passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm (Consultado el 01 de septiembre de 2018).

RITE (Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios). Versión septiembre de 2013.

Serra Florensa, R. & Coch Roura, H. (2001). Arquitectura y Energía Natural. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 84-8301-497-1.

UNE-EN 15 603. (2008) Energy Performance of Buildings. overall Energy use and Definition of Energy Ratings.