



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento de Análisis Económico y Economía Política
Doble Grado en Derecho y en Economía

Trabajo de Fin de Grado
La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Autor: Carmen Maldonado Luna

Tutor: María Teresa Sanz Díaz

Firmado: Carmen Maldonado Luna

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to be the name 'Carmen Maldonado Luna'.

RESUMEN

La evolución y la importancia del cambio climático a nivel nacional y mundial ha supuesto modificaciones constantes en todos los sectores de España. Entre ellos se encuentran el sector de la edificación y el sector residencial como objetos de cambio legislativos en términos cuantitativos y cualitativos en aras de luchar contra el cambio climático.

Mediante el presente Trabajo de Fin de Grado se pretende evaluar la situación y regulación del modelo de edificación que se está promoviendo desde Alemania, el cual busca la máxima eficiencia energética, así como el menor impacto por emisiones de carbono, y la correspondiente comparativa con el modelo que se emplea en España.

Para dicho estudio se va a realizar una comparación de dos estándares energéticos en una vivienda, uno primero que cumple con las condiciones del Código Técnico de la Edificación de 2019 y otro que cumple con los requisitos básicos del estándar PassivHaus.

Esta contraposición de estándares se basa en los criterios legales que son necesarios para cada uno de ellos, tanto a nivel internacional como nacional, los costes asociados a los distintos materiales y proyectos de ejecución que se emplean, teniendo en cuenta todos los componentes económicos que conlleva la edificación de estas viviendas así como los posteriores gastos tanto de energía como fiscales, la estructura del mercado eléctrico en España, así como sus precios en kWh, en aras de comparar asimismo los diferentes presupuestos de contratación de electricidad que actualmente se ofertan en España y las emisiones que cada estándar genera al medioambiente.

Con todo ello se evalúa una viabilidad económica y ambiental del estándar pasivo frente al comúnmente empleado en España en aras de demostrar que, una mayor inversión en la construcción de una vivienda, en el medio/largo plazo supone un ahorro energético y económico, así como un nivel de emisiones casi nulo.

ABSTRACT

The evolution and importance of climate change at a national and global level has led to constant changes in all sectors of Spain. Among them are the building sector and the residential sector as objects of legislative change in quantitative and qualitative terms in order to fight against climate change.

Through this Final Degree Project, we intend to evaluate the situation and regulation of the building model that is being promoted from Germany, which seeks maximum energy efficiency, as well as the least impact due to carbon emissions, and the corresponding comparison with the model used in Spain.

For this study, a comparison of two energy standards will be carried out in a home, the first one that meets the conditions of the 2019 Technical Building Code and the other that meets the basic requirements of the PassivHaus standard.

This contrast of standards is based on the legal criteria that are necessary for each one of them, both at an international and national level, the costs associated with the different materials and execution projects that are used, taking into account all the economic components that it entails. the construction of these homes as well as the subsequent energy and fiscal expenses, the structure of the electricity market in Spain, as well as its prices in kWh, in order to also compare the different electricity contracting budgets that are currently offered in Spain and the emissions that each standard generates to the environment.

With all this, the economic and environmental viability of the passive standard is evaluated compared to the one commonly used in Spain in order to demonstrate that a greater investment in the construction of a house, in the medium/long term, supposes energy and economic savings, as well as almost zero emissions.

Palabras Clave

Casas Pasivas
Certificado Energético
Eficiencia Energética
Emisiones de CO2

KeyWords

Passive House
Energy Certification
Energy Efficiency
CO2 Emissions

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Página 1
2. MARCO TEÓRICO.....	Página 3
2.1. Evolución de la normativa aplicable a la eficiencia energética	Página 3
2.2. Resumen Cronológico de las Normativas.....	Página 10
2.3. El sistema energético en España. Estructura del sistema de la energía.....	Página 12
2.4. Criterio del código técnico de la edificación.....	Página 14
2.5. Criterio del estándar PassivHaus.....	Página 18
2.6. Comparativas técnicas y energéticas.....	Página 21
3. METODOLOGÍA Y DATOS.....	Página 22
3.1. Estudio de las viviendas.....	Página 22
3.1.1. Introducción.....	Página 22
3.1.2. Especificaciones de demanda y consumo para vivienda PassivHaus..	Página 24
3.1.3. Especificaciones de demanda y consumo para vivienda CTE.....	Página 26
3.2. Análisis de la evolución del precio y estimación	Página 27
3.2.1. Mercado Mayorista.....	Página 28
3.2.2. Mercado Libre.....	Página 32
3.2.3. Mercado Regulado.....	Página 34
3.3. Gasto anual eléctrico.....	Página 36
3.3.1. Mercado Libre.....	Página 36
3.3.2. Mercado Regulado.....	Página 38
3.4. Presupuesto de los materiales.....	Página 40
3.5. Presupuestos totales (PEM, PC, Honorarios e Impuestos).....	Página 41
3.6. Amortización de la diferencia de inversión.....	Página 48
3.7. Emisiones de CO ₂	Página 50
4. CONCLUSIONES	Página 55
5. BIBLIOGRAFÍA.....	Página 58

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

6. ANEXOS.....	Página 65
6.1. Anexo A	Página 65
6.2. Anexo B	Página 67
6.2.1. Presupuesto de cerramiento, puertas y ventanas CTE.....	Página 67
6.2.2. Presupuesto de cerramiento, puertas y ventana PassivHaus.....	Página 69
6.2.3. Presupuesto sistemas de climatización y ACS, CTE.....	Página 71
6.2.4. Presupuesto sistemas de climatización y ACS, PassivHaus.....	Página 71

ÍNDICE DE FIGURAS

- Tabla 1.- Valores límites de kWh por metro cuadrado al año de energía
- Tabla 2.- Comparación de las exigencias técnicas y energéticas
- Tabla 3.- Distribución de la superficie de la vivienda
- Tabla 4.- Unidades, uso y consumo de los electrodomésticos
- Tabla 5.- Consumo eléctrico de la Vivienda PassivHaus
- Tabla 6.- Consumo eléctrico del sistema de climatización de la vivienda CTE
- Tabla 7.- Consumo eléctrico total de la Vivienda CTE
- Tabla 8.- Evolución de los precios de la electricidad de 2012-2021
- Tabla 9.- Estimación del precio de la electricidad sin pandemia para 2021.
- Tabla 10.- Evolución de los precios del mercado libre de 2019-2021
- Tabla 11.- Estimación del precio del mercado libre sin pandemia para 2021.
- Tabla 12.- Evolución del precio del mercado regulado 2019-2021 (PVPC).
- Tabla 13.- Estimación del precio del precio de mercado regulado sin pandemia para 2021.
- Tabla 14.- Presupuesto de Ejecución Material y Presupuesto de Contrata de CTE
- Tabla 15.- Presupuesto total con honorarios e impuestos de CTE
- Tabla 16.- Presupuesto Ejecución Material y Presupuesto de Contrata PassivHaus
- Tabla 17.- Presupuesto total con honorarios e impuestos de PassivHaus
- Tabla 18.- Amortización de la inversión adicional
- Tabla 19.- Volumen de emisiones en el sector residencial y en el conjunto de España
- Tabla 20.- Edificios de nueva construcción en 2019
- Tabla 21.- Volumen de emisiones de los edificios certificados en 2019
-
- Figura 1.- Límites del consumo energético por tipo de certificado
- Figura 2.- Zonas climáticas en España
- Figura 3.- Emisiones de CO₂ por sectores 2010-2020 en España
- Figura 4.- Límites máximos de emisiones de CO₂ por tipo de certificado

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de eficiencia energética relativa a los edificios está en constante cambio, siendo la última modificación del Código Técnico para la Edificación (en adelante, CTE) la base de las exigencias que más se asemejan a un tipo de estándar de hogar considerada como “Casas Pasivas”.

El aumento de los precios de la electricidad (OCU, 2022), así como la preocupación que acontece a nivel mundial en torno al cambio climático y a las emisiones de CO₂, ha sido objeto de múltiples debates sobre los límites de consumo eléctrico y su precio asociado, así como reformas de la factura de la luz. Sin embargo, en Europa, y concretamente en Alemania, esta situación ha motivado un nuevo tipo de arquitectura (PassivHaus) que permite el uso eficiente de los recursos, especialmente los recursos energéticos, de manera que, mediante el avance tecnológico en el sector de la construcción se reduzcan las emisiones que los hogares provocan a la atmósfera y, del mismo modo, se consiga un ahorro económico.

Son muchas las investigaciones que se han seguido en esta línea, destacando especialmente aquellas que han sido desarrolladas y publicadas por FUNCAS, un centro de análisis dedicado a la investigación económica y social y a su divulgación, promoviendo la interacción entre la esfera académica y la economía real. Uno de los principales estudios que esta Fundación ha llevado a cabo en relación con la eficiencia energética es “La eficiencia Energética, el efecto rebote y el crecimiento económico” (Arocena, Gómez & Peña, 2016), mediante el cual se expone la situación nacional en términos de intensidad y dependencia energética, y la problemática de la emisión de gases. Otra de las investigaciones que más han

Asimismo, se ha estudiado en profundidad la evolución de la eficiencia y el consumo energéticos en Europa y en España en “Los determinantes del Consumo Energético en España: ¿Se ha mejorado la eficiencia energética?” (Mendiluce, 2019), así como el análisis del ahorro energético y de emisiones en el sector residencial en España, en “De la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España” (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020).

El motivo de elección de este estudio reside en el escaso desarrollo que este modelo arquitectónico y medioambiental tiene en España, y en el análisis de los costes adicionales que

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

este modelo supone a los consumidores finales y al medio ambiente. Este modelo fue introducido en 2012 por primera vez en España, y actualmente, en 2022, no ha tenido el impacto esperado que sí se ha logrado en otros muchos países de la UE, y que se espera que siga evolucionando hasta que sea el sistema arquitectónico principal.

Del mismo modo, y atendiendo al aumento de los precios en el mercado eléctrico minorista, la amortización de la inversión de una casa pasiva se plantea en función de los dos precios, tanto del mercado regulado como del mercado libre en aras de, además del objeto principal del estudio, analizar la evolución creciente del precio de la electricidad y por consiguiente el coste que los consumidores asumen en el mercado energético.

En términos generales, el motivo principal de la elección de este tema es el estudio en profundidad en términos económicos de un nuevo modelo arquitectónico que permite beneficiar tanto al consumidor por el ahorro económico como al conjunto de la sociedad en el campo del medio ambiente.

Es por ello, que el objetivo de este trabajo de fin de grado es analizar la repercusión de la eficiencia energética de las viviendas en términos de consumo y su coste asociado, así como las emisiones que conlleva el empleo de la energía.

Para ello se efectuará un estudio de los siguientes aspectos:

- I. Evaluar el sistema energético español, especialmente la demanda, el precio y las emisiones.
- II. Determinar el alcance de los criterios de eficiencia energética para cada tipo de estándar.
- III. Comparar el coste de construcción y consumo energético de dos viviendas de las mismas dimensiones, cumpliendo una de ellas con el estándar de certificación energética y la otra con el estándar PassivHaus.
- IV. Estimar el tiempo de amortización de la inversión adicional que supone una vivienda del tipo PassivHaus.
- V. Examinar las emisiones asociadas a la vivienda certificada y la repercusión a nivel nacional del parque de viviendas que cumplen dicho estándar frente a la hipótesis de que las viviendas sean del tipo PassivHaus.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evolución de la normativa aplicable a la eficiencia energética

El desarrollo sostenible y el cambio climático ha sido objeto desde 1977 de una constante evolución que ha constituido una línea política, económica y social que se deben y se tienen en cuenta para la regulación de muchísimos ítems del día a día, teniendo una gran repercusión en la evolución normativa de la eficiencia energética en el sector residencial.

Es en esta línea en la que se va a profundizar para conocer la evolución de las diferentes medidas de fomento de la eficiencia energética de los edificios, la regulación en el sector de la vivienda tanto en la construcción de nueva vivienda como en la rehabilitación de la misma.

La primera de las normas reguladoras que abordaron las medidas de mejora de la eficacia energética fue la Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE). En esta norma, se introdujo la certificación energética de los edificios como uno de los objetivos principales (Artículo 1), que como establece el Artículo 2 de la misma “[...] *consiste en la descripción de sus características energéticas, deberá aportar información a los interesados en utilizar un edificio, sobre la eficacia energética del mismo. La certificación podrá incluir también, si ha lugar, opciones para la mejora de dichas características energéticas*”, así como las mejoras potenciales de la rentabilidad de costes, de la viabilidad técnica y de las repercusiones en el medio ambiente (Artículo 8).

En 2002 se configuró una de las normas más relevantes para el sector energético. La Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios, en adelante Directiva 2002/91/CE, establecía como su objetivo principal el fomento de la eficiencia energética de los edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, los requisitos ambientales y la relación coste-eficacia. Es en este marco normativo donde se introducen los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos y de aquellos que sean objeto de reformas, reiterando a su vez el concepto de certificación energética. Esta Directiva dio lugar a la creación del Código Técnico de la Edificación en 2006, en el que se contiene el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, desarrollando la Ley 28/1999,

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Por otro lado, también fue la base para el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

En 2008, se aprobó el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020, promulgando en esta línea, la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo del 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios, en adelante Directiva 2010/31/UE que fomentando la eficiencia energética se plantean mayor ámbito de aplicación y alcance de la anterior Directiva. Este desarrollo normativo dio pie a nuevas modificaciones del CTE mediante distintos Reales Decretos.

En esta directiva se amplió el alcance de la Directiva 2002/91/CE y se incluyeron nuevos cambios como son: todos los edificios nuevos deben ser edificios de consumo de energía casi nulo tanto ámbito privado como aquellos que son propiedad de autoridades públicas para finales de 2020 y 2018, respectivamente; asimismo se fomenta la constancia e importancia de la certificación energética en los anuncios publicitarios de las viviendas; se establecen unos requisitos mínimos de eficiencia energética mediante los que se pretende alcanzar niveles óptimos de rentabilidad, tanto para edificios nuevos como aquellos que necesiten de reformas importantes; se amplía el ámbito de inspección de las instalaciones tanto de calefacción como de aire acondicionado así como mayores medias para realizar inspecciones periódicas evaluando el rendimiento y la demanda de energía; por último se desarrollan medidas e incentivos de instrumentos financieros favoreciendo de esta manera la eficiencia y la transición a edificios de consumo de energía casi nulo.

En 2011, en España se presenta el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2011-2020 (Consejo de Ministros, 29 de julio de 2011) cuyas medidas están enfocadas para el ahorro del consumo energético por tipo de sector. Para el sector de la edificación se pretende que la mayoría de los ahorros procediesen para 2020 del sector terciario puesto que el ahorro en el sector residencial se compensaría con la mejora de eficiencia energética, correspondiendo en un 73% del progreso a la mejora de en la envolvente e instalaciones térmicas y un 29% a las mejoras en iluminación y electrodomésticos. Por último, este plan preveía únicamente un 0,7% para el sector público.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Para este periodo de 2011-2020 también se elaboró el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España, (Ministerio de industria, turismo y comercio, 30 de junio de 2010), en adelante PANER cuya previsión para el sector de la calefacción y refrigeración era que gran parte del consumo de la biomasa térmica para el año 2020 se repartiese entre el sector doméstico y edificios y el industrial.

Posteriormente se dicta la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, en adelante Directiva 2012/27/UE, cuyo principal fin era que cada Estado Miembro fijara un objetivo nacional de eficiencia energética orientativo, basado en el consumo de energía primaria o final, en el ahorro de energía primaria o final, o en la intensidad energética. Esta estrategia se fija a un largo plazo fijado en 2014 y revisable en 2017. Con este fin, la Directiva configura una serie de medidas y acciones que se incluyen en el Plan de Eficiencia Energética de 2011. Entre todas las medidas que se implantan destacamos:

1. Auditorías energéticas para las grandes empresas cada cuatro años.
2. Los distintos EEMM deben llevar a cabo un análisis de la viabilidad de los sistemas de calefacción y de refrigeración con promoción de que estos sistemas sean eficientes.
3. Tiene que haber una renovación anual del 3% de la superficie total de edificios de una superficie > 500 m² que pertenezcan a la administración central.
4. Establecer un sistema de obligaciones relativas a la eficiencia energética de aquellas empresas dedicadas a la distribución de energía.
5. Implantar un método de financiación para acelerar y promover las medidas.
6. Mayor transparencia en la información de la factura de la luz y el consumo mediante el cambio de facturación al cliente.

De esta directiva deriva tanto el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020 en el que se obliga a los Estados Miembros a presentar planes en los que se realice una previsión del consumo de energía, así como de las medidas de eficiencia energética y de rehabilitación, como el Fondo Nacional de Eficiencia Energética en el que se pretende que cada estado miembro justifique una cantidad de ahorro de energía acumulado para el periodo 2014-2020. De este último se configura en España un sistema de obligaciones de eficiencia energética en el que se pretende que ciertos agentes económicos estén sujetos a unas cuotas

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

anuales de ahorro energético, y que se desarrolló mediante la Ley 18/2014 de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia.

En 2016 se hace necesaria la introducción de un plan cuyo objetivo fuese la reducción del consumo de energía y el aumento de las energías renovables en los sistemas de calefacción y refrigeración, reflejándose en la Estrategia de la Unión Europea para la Calefacción y Refrigeración del 16 de febrero de 2016, debido a que tal y como señala la Comisión Europea en la misma estrategia, el 75% del combustible de estos sistemas sigue procediendo de combustibles fósiles. En este plan las medidas principales eran la renovación de equipos existentes que se basan en calderas por sistemas más modernos como las bombas de calor, la calefacción geotérmica, solar o calor residual y la implantación de sistemas de termostatos inteligentes que permiten el control del uso de la calefacción.

En 2018 se promulga la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, en adelante Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía de fuentes renovables que fija entre sus objetivos que, el 32% del consumo final bruto de energía tiene que proceder de fuentes renovables.

Ese mismo año, se modifica la Directiva 2012/27/UE mediante la Directiva (UE) 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energéticas, en adelante Directiva 2018/2002 que esencialmente aumenta las exigencias en la contabilización del consumo de calefacción y obliga a la individualización de la misma en edificios con calefacción central, así como regula los sistemas de refrigeración y de agua caliente sanitaria (ACS).

Tanto la directiva de 2002 como la de 2010 fueron modificadas por la Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, en adelante Directiva 2018/844, cuyo fin era el de reforzar todos los elementos que se habían configurado en las directivas mencionadas y ampliar los tipos de edificios a los que se debe aplicar las medidas de eficiencia energética. Asimismo, esta norma refuerza el papel de sistemas que son fundamentales en la construcción de edificios de consumo casi nulo como son la automatización, monitorización y control

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

electrónicos. Entre las medidas que se proponen para la renovación de los edificios cabe destacar el acceso igualitario a las fuentes de financiación, el fomento de inversión de los organismos públicos en proyectos de edificación basados en el consumo energético eficiente y la promoción de las hipotecas que sean eficientes y tengan el certificado.

En el marco nacional, la evolución ha ido acorde a las regulaciones de la Unión Europea, por lo que se han traspuesto todas las directivas.

A raíz de la Directiva 2010/31/UE, en España se han adoptado un conjunto de disposiciones que se concretan en el Código Técnico de la Edificación, el Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios y la certificación energética de los edificios. Todas estas regulaciones nacionales han sido objeto de reformas a lo largo de los años, por lo que se van a mencionar las anteriores y exponer las que actualmente están vigentes.

El primer Código Técnico se aprueba partiendo de la base de la Directiva 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción y de la Directiva 2002/91/CE cuyos requisitos en relación a la eficiencia energética se incluyen en el CTE. La estructura del CTE, tanto de 2006 como el actual está compuesto de dos partes. La primera detalla las exigencias básicas sobre la seguridad estructural, en caso de incendios y de utilización y accesibilidad, y a la salubridad, protección frente a la exposición al radón, frente al ruido y el ahorro de energía. La segunda se compone de los Documentos Básicos, DB, que son de carácter técnico e incluyen entre otros el DB HE, que es el documento básico de ahorro de energía.

Este último fue objeto de reforma tras la Directiva de 2010 pues debían actualizar los requisitos mínimos de eficiencia energética, introduciendo en el DB HE exigencias básicas relativas a la limitación de la demanda energética, el rendimiento de las instalaciones térmicas, la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, la contribución solar mínima de ACS y la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

En 2021 se modificó el CTE mediante RD 732/2019 del 20 de diciembre, modificando los valores de exigencia energética para aproximarse a las exigencias de las edificaciones con consumo energético casi nulo, se definen medidas para limitar el riesgo de exposición al gas

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

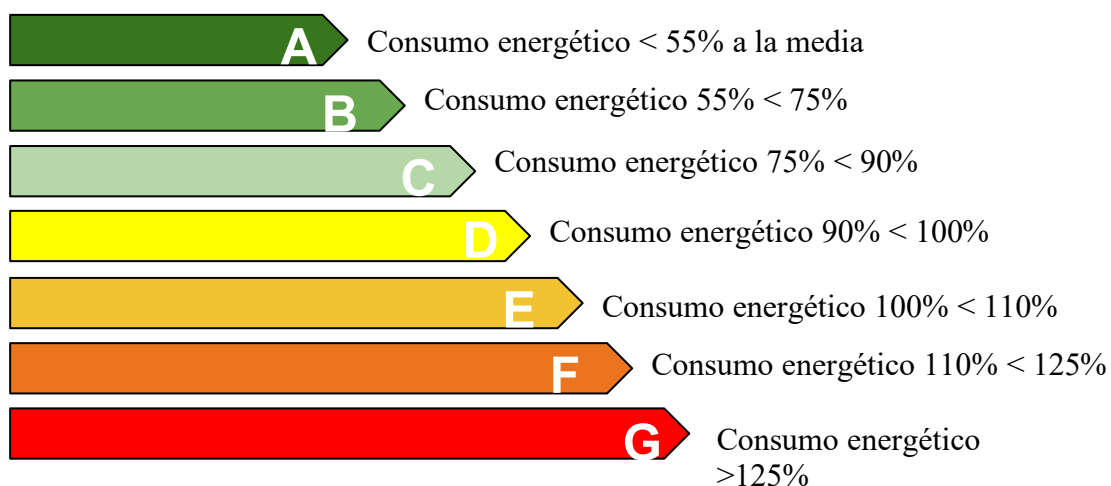
radón en el interior de las viviendas y se modifica el documento básico de seguridad en caso de incendio.

Por su parte, la Directiva 2002/91/CE, así como la aprobación del CTE en 2006 llevaron a la modificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios, mediante RD 1027/2007), que se concibe como una de las medidas para el Plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética. Posteriormente, en 2021 se aprueba el Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el RD 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el RITE. Esta modificación también se adapta a las Directivas (UE) 2018/2001 y la Directiva (UE) 2018/2002. Las exigencias que se persiguen mediante esta modificación del RITE son el mayor rendimiento energéticos en los equipos de generación de calor y frío, el mejor aislamiento en los equipos y en las conducciones de los fluidos térmicos, un sistema obligatorio de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas, la utilización de energías renovables disponibles, una mejor regulación y control para el mantenimiento de las condiciones de diseño y la incorporación de subsistemas de recuperadores de energías.

Por último, el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, se aprueba mediante el Real Decreto 390/2021, que deroga el RD 235/2013. Mediante este procedimiento se verifica la calificación energética de un edificio, estableciéndose siete tipos de etiquetas, A, B, C, D, E, F o G, siendo el orden de calificación más favorable a menos. Estas letras indican el consumo de energía expresado en kWh/año y las emisiones de kgCO₂/m² y año. En la siguiente imagen se muestran los tipos de etiqueta y las condiciones:

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

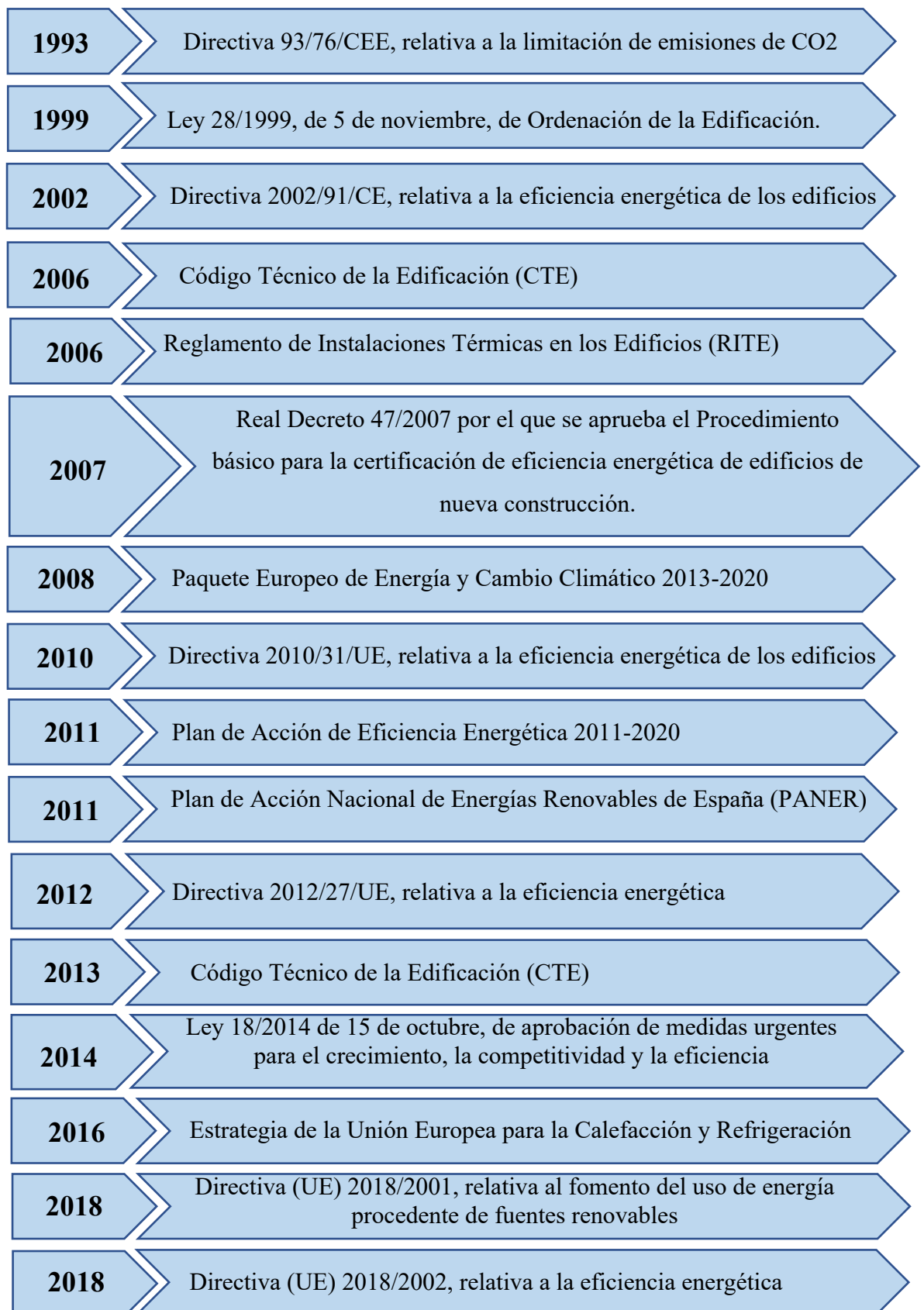
Figura 1. Límites del consumo energético por tipo de certificado



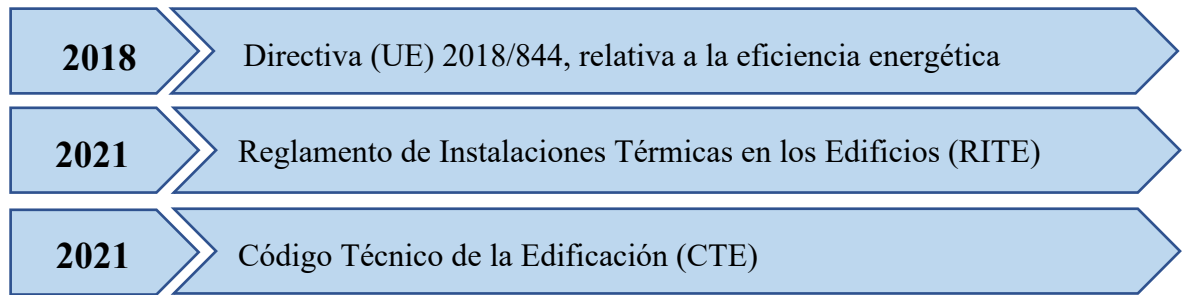
*Fuente: elaboración propia

Para poder mejorar la calificación energética de una vivienda se deben incorporar aquellas medidas que se establecen en el procedimiento básico con el fin último de la reducción de la demanda de calefacción y refrigeración aumentando el nivel de aislamiento del edificio.

2.2. Resumen Cronológico de las Normativas tanto Internacionales como Nacionales



TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus



*Fuente: Elaboración propia y BOE

2.3. El sistema energético en España. Estructura del mercado energético en España

La demanda energética ha crecido de una forma exponencial tanto a nivel mundial como nacional teniendo sus puntos más altos en aquellas etapas de alto crecimiento del PIB, el incremento de la actividad en el sector de los servicios y de la construcción, así como el desarrollo que ha tenido la tecnología en las distintas áreas productivas.

En España, la evolución de la demanda de energía final es creciente hasta que en 2020 se paraliza toda la actividad por la pandemia del COVID, así como en 2021 en el que hubo las mismas restricciones para la mitad del año.

El grueso de la demanda se localiza en el sector del transporte, que aumenta significativamente los impactos en el medioambiente y en la dependencia energética. La paralización de la demanda en 2020 y parte del año 2021 responde a la falta de movilización a nivel de pasajeros, siendo similar el nivel de mercancías.

Por su parte en el sector industrial es importante destacar la concentración del 79% del consumo energético en la industria manufacturera, especialmente en la metalurgia, minerales no metálicos, química, tabaco y alimentación. Sin embargo, desde 2018, este carácter intensivo en energía de la industria se ha visto atenuado por el desarrollo del sector de la construcción, aumentando de este modo la cuota de participación de la construcción sobre el consumo final de energía.

El sector residencial concentra entre 2019 y 2021 un total del 17,84% (IDAE, 2022) de la demanda de energía final en España. La demanda energética de los hogares es principalmente del tipo térmico, es decir, emplea combustibles tanto de origen renovable como fósil. Entre los sistemas que más energía consumen se encuentra la calefacción, ACS y la cocina. Posteriormente se sitúan los electrodomésticos, destacando los frigoríficos, televisores y lavadoras, y la iluminación, siendo ambos los que consumen más del 70% del consumo eléctrico (IDAE, 2020).

Sin embargo, la tendencia de la demanda energética en el sector residencial en España es descendente, debido a la progresiva reducción del consumo energético por hogar que se pretende mediante los avances legislativos, tanto a nivel europeo como nacional, y a los

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

avances tecnológicos. Asimismo, el comportamiento expansivo o restrictivo de la coyuntura nacional, de la renta de los hogares y de la disponibilidad de financiación influyen de manera inmediata en el aumento o desaceleración en la contención de la demanda.

Por último, el resto de los sectores tiene una pauta ascendente en intensidad energética, aunque marcada por la tendencia de la actividad económica que acontece en España, es decir, la relación entre el consumo energético total del sector y el PIB es ascendente, por lo que hay un aumento la demanda energética en el resto de las actividades productivas.

2.4. Criterio del Código Técnico de la Edificación

Una vivienda con certificado energético es aquella que cumple con las especificaciones del Código Técnico de Edificación, y es por ello que para ver este tipo de estándar se va a proceder al estudio del CTE.

El CTE es el “marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad” (Artículo 1.1, del Código Técnico de la Edificación de 2019) Esta regulación es aplicable a las edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen de disponer de la correspondiente licencia o autorización legalmente exigible.

Dentro del CTE se encuentra el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) que busca asegurar el confort de los ocupantes de los edificios manteniendo un uso racional de la energía, que incorpora aspectos de la Directiva 2010/31/UE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios.

El DB-HE obliga a que los edificios se planteen con un consumo de energía reducido y que el uso que se haga de la energía proceda de fuentes renovables, con el fin de combatir el cambio climático y la dependencia energética. Estos objetivos se consiguen mediante la implantación de una serie de exigencias que deben tener los edificios. El primero de ellos es un diseño y construcción que demande poca energía para poder alcanzar un confort adecuado al entorno (condiciones climáticas) y al uso del mismo. Esto se consigue mediante aspectos relacionados con las protecciones solares y de sombra, la compactidad, la orientación, entre otros, y para ello es necesario que haya un nivel mínimo de aislamiento térmico global (incluyendo puentes térmicos), un límite en el exceso de ganancias solares en verano y evitar la pérdida de calor de las viviendas, y el control de la permeabilidad al aire de los elementos.

Por otro lado, también es obligatorio el empleo de instalaciones térmicas y de iluminación eficientes mediante una alta eficiencia de los equipos de climatización, ventilación eficiente que asegure la calidad del aire y el aprovechamiento de la iluminación natural y limitación del consumo de los sistemas de iluminación. Asimismo, es necesario el uso de energía renovable mediante la producción de agua caliente sanitaria y la generación de energía

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

eléctrica a partir de este tipo de fuentes, y todo ello para evitar la emisión de gases de efecto invernadero y limitar la huella ecológica.

Cuando nos referimos a energía final nos referimos a aquella de la que se dispone en el punto de consumo, tras haber sido sometida a los procesos de transformación, transporte y distribución, durante los cuales hay pérdidas de la misma, por lo que denominamos energía primaria a la totalidad que es extraída de la naturaleza.

La primaria permite analizar los recursos energéticos que son empleados por la vivienda, así como si la misma es renovable o no. Por otro lado, mediante los factores de paso se consigue traducir el consumo de energía final en consumo de energía primaria, tanto renovable como no renovable, las emisiones de CO2...

Así, el consumo de energía final que es necesaria en un edificio está relacionado con la demanda energética, es decir la energía útil, y el rendimiento medio del sistema. El mismo proceso de transformación de la energía, consume energía por lo que no toda la energía final es la útil. Es por ello que la reducción del consumo de energía final está condicionada por la capacidad de minimizar la demanda energética y de incrementar la eficiencia de los sistemas, que se alcanzan con el diseño del edificio, los sistemas adecuados, la orientación y el aprovechamiento de las fuentes de energía.

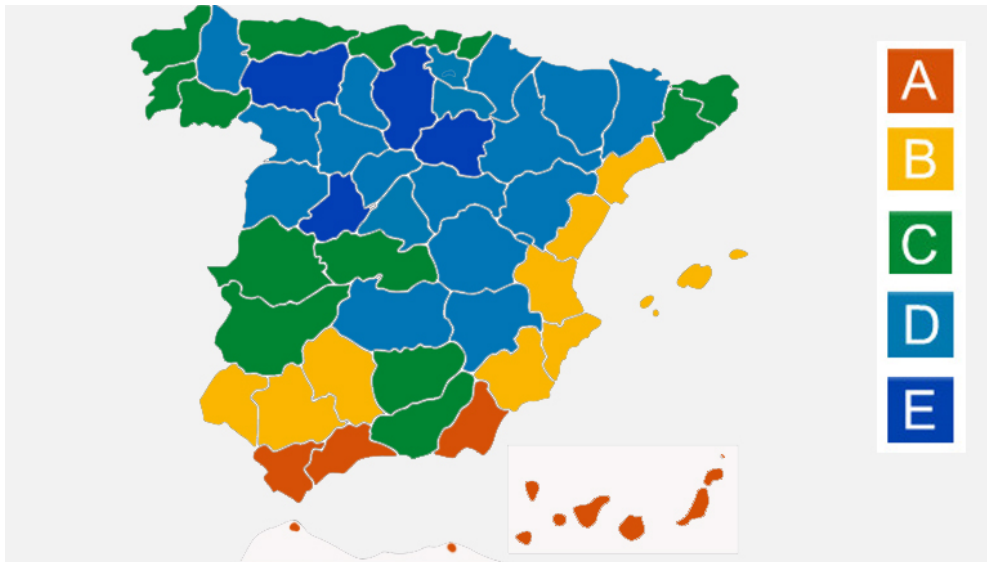
Mediante la reforma del CTE de 2019, se aumentan las exigencias en términos de demanda y de consumo energético con respecto al Código Técnico de 2013. Para el estudio que se realiza posteriormente de la vivienda tipo CTE se han empleado las exigencias constructivas que el mismo establece, así como las limitaciones en relación a la energía que es dable destacar.

Estas exigencias vienen detalladas en el artículo 15 del mismo, donde en primer lugar establecen que el objetivo del requisito del ahorro de energía es *“conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento”*.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

En cuanto a las exigencias con respecto al consumo energético, los límites estarán establecidos en función de la zona climática de su ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención. En España existen cinco zonas climáticas, A, B, C, D y E, que se distribuyen de la siguiente manera.

Figura 2. Zonas climáticas en España



*Fuente: Remica

Para cada zona, el CTE establece un valor límite tanto para el consumo de energía primaria no renovable como para el consumo de energía primaria total siendo los mismos:

Tabla 1. Valores límites de kWh por metro cuadrado al año de energía

VALOR LÍMITE [kWh/m ² año] para uso residencial privado					
	A	B	C	D	E
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE					
Edificios nuevos y ampliaciones	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	50	55	65	70	80
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL					
Edificios nuevos y ampliaciones	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	75	80	90	105	115

*Fuente: Elaboración propia y CTE

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Por último, el CTE también limita la demanda energética mediante el empleo de una envolvente térmica que maximiza el uso de la energía primaria en función de la zona climática, el uso del edificio y la ubicación. Cada envolvente se adecuará a las condiciones del edificio con el fin de evitar las *“descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables”*.

2.5. Criterio del estándar PassivHaus

Las PassivHaus tienen su origen en los años ochenta en Alemania, concretamente, en 1988 en la Universidad sueca de Lund y en el Instituto alemán de edificación y medio ambiente con los profesores Bo Adamson y Wolfgang Feist respectivamente. Estos investigadores crearon en 1996 el Passive House Institute cuyo objetivo principal era la investigación económicamente viable de este estándar.

Es en 1991 cuando se construyó el primer edificio Passivhaus en la ciudad de Darmstadt (Alemania), cuyos datos han revelado un funcionamiento en las monitorizaciones así como en estudios de satisfacción sociológicos muy favorables. Tal es la repercusión que han tenido estos tipos de edificios en Alemania, que actualmente hay 153498 viviendas Passivhaus

I. Características de la PassivHaus

El estándar de la Casa Pasiva, también conocido como certificado PassivHaus, se caracteriza principalmente por la tecnología que permite que la demanda de energía sea tan baja que no es necesario un sistema tradicional, es decir, no es necesaria la calefacción activa. Estos edificios tienen la consideración de Passive House cuando durante el año, se consigue un confort interior, es decir, unas condiciones interiores satisfactorias, con un gasto mínimo de energía, lo que conlleva cumplir con rigurosos criterios o hitos.

De este modo, para poder tener la consideración de un edificio tipo PassivHaus se hizo necesario el cumplimiento de una serie de requisitos que se deben cumplir, que han sido desarrollados desde el primer edificio pasivo que se construyó.

Entre los criterios que existen de las PassivHaus los 5 imprescindibles son:

1. El aislamiento que se desprende de una envolvente térmica que son mucho más espesos a los que se empleaban en las construcciones más tradicionales.
2. El ahorro de la energía es la clave, y por ello se pretende eliminar los puentes térmicos cuya existencia únicamente provocan las pérdidas de energía.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3. Es necesario un mecanismo de ventilación con recuperación de calor lo que va a implicar que el mismo sistema recoja del aire interior el calor, lo transfiere al aire que se recoge del exterior previamente filtrado.
4. Control de las infiltraciones que se alcanzan mediante el sistema de ventilación mecánica con recuperación de calor.
5. Las ventanas y puertas son las zonas más débiles por las que hay una deficiente transmisión térmica, que se pretende solucionar con una carpintería de altas prestaciones en las que mediante sus juntas de estanqueidad sean dobles, así como dobles o incluso triples vidrios bajos emisivos que mejoran el coeficiente de transmisión térmica.
6. Las ganancias de calor que se generan por las personas, la iluminación y los aparatos son aprovechados en el balance energético de la vivienda.
7. Empleo de una modelización energética de ganancias y pérdidas mediante un software específico conocido como PHPP (PassivHaus Planning Package) basado en una hoja de Excel que ajusta los cálculos térmicos a los principios del estándar pasivo.

Mediante todos estos requisitos y la visión del edificio PassivHaus se pretende que estas viviendas tengan una serie de condiciones cuantitativas que hacen que el estándar se cumpla de acuerdo al diseño del edificio, que se deben cumplir en cuanto a consumo de energía y de estanqueidad del aire:

1. En cuanto a los requisitos cuantitativos se establecen una serie de indicadores máximos requerir menos de 15 kWh/año por metro cuadrado tanto para calefacción como refrigeración.
2. No consumir más de 120 kWh/m²/año de energía convencional para los usos de calefacción, refrigeración, electricidad y agua caliente sanitaria (pronto se exigirán 60 como máximo).

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3. La casa, en su totalidad, debe ser hermética, con una tasa de cambio de aire no superior a 0,6 renovaciones/hora con una presión/depresión de 50 pascales. Esto se comprueba mediante un test de presurización.

Estos requisitos tanto constructivos como de consumo están enfocados en los objetivos básicos del Estándar PassivHaus, que, debemos tener en cuenta que estos se basan en el confort interior y es por ello que todos estos van en la línea del bienestar:

1. **Confort:** se debe asegurar un elevado confort tanto en invierno como en verano, en los que se pueda ahorrar hasta un 90% del consumo energético con respecto a los edificios que no cumplen con los estándares de las passive house.
2. **Sostenibilidad:** esta nueva arquitectura está enfocada en la reducción de la demanda energética lo que debe implicar una reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, preservando el medio ambiente y las fuentes de energía no renovables.
3. **Eficiencia:** se requiere una baja cantidad de energía que obtiene una alta calidad de aire con esfuerzo técnico reducido.
4. **Innovación:** los edificios PassivHaus son planes arquitectónicos, energéticos y sociológicos completamente modernos, que aportan al sector terciario un valor añadido, tanto en la construcción, medioambiente, ingeniero y sociológico, bastante significativo en el plano internacional.
5. **Sencillez:** los materiales que se emplean para la construcción de estos tipos de edificios son básicamente los mismo que se han empleado para los edificios convencionales, pero de manera diferente, pues la esencia de este planteamiento arquitectónico reside en la etapa del diseño, pues todos los elementos forman un engranaje que hacen constituyen el mecanismo PassivHaus.

Tal y como queda constatado, el estándar PassivHaus se basa en las exigencias del Código Técnico de la Edificación, aumentando las limitaciones con el objetivo de alcanzar mayor eficiencia.

2.6. Comparativas técnicas y energéticas

En el ámbito más técnico y en cuanto al control del consumo energético y las emisiones de Co2, las viviendas del estándar CTE encuentran su regulación en el Código, mientras que las del estándar PassivHaus son establecidas por el Instituto PassivHaus. Las diferencias más relevantes son las siguientes:

Tabla 2. Comparación de las exigencias técnicas y energéticas

	CTE	PASSIVHAUS
Demanda de Calefacción	$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S$ Depende de la zona climática	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$
Demanda de Refrigeración	Depende de la zona climática	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$
Consumo de energía primaria (1)	$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S$ Depende de la zona climática	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$
Cargas Térmicas	Depende de la zona climática	$10 \text{ W}/\text{m}^2$
Hermeticidad	Depende de la zona climática según tabla 2.3 HE-1 del CTE	$\leq 0,6 \text{ renovavciones/hora}$
Ventilación	Según las características de ocupación y habitabilidad. Tabla 2.1 de HS3	$30\text{m}^3 \text{ por persona y por hora}$
Recuperador de calor	No es obligatorio	Es obligatorio

*Fuente: Elaboración propia, CTE y Criterios PassivHaus

(1) En CTE se incluye la calefacción, la refrigeración y el sistema ACS. Asimismo, el límite es para el consumo de energía primaria no renovable. Por su parte, PassivHaus incluye la calefacción, refrigeración, ACS y electricidad doméstica. El límite es para el consumo de energía primaria total.

3. METODOLOGÍA Y DATOS

3.1. Estudios de las viviendas

3.1.1. Introducción

Para los casos objeto de estudio vamos a comparar dos viviendas que se detallarán en relación a los metros cuadrados, los materiales empleados, la demanda energética y el precio total del mismo.

La vivienda cumple con las limitaciones de demanda energética del CTE DB-HE1 del 2013, del 2006, la limitación del consumo energético del CTE DB-HE0 y basado en un procedimiento simplificado para la certificación energética, Ce2.

La vivienda cuenta con una superficie de 130 m² que se desglosan de la siguiente manera en función de las habitaciones. La distribución de la vivienda se ha realizado de una manera aproximada.

Tabla 3. Supuesto de distribución de la superficie de la vivienda

NOMBRE DE HABITACIÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA EN m ²
Cocina	23 m ²
Pasillo	14 m ²
Hall	8 m ²
Salón	40 m ²
Dormitorio 1	15 m ²
Dormitorio 2	14 m ²
Baño 1	8 m ²
Baño 2	8 m ²
Superficie total	130²

*Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al consumo eléctrico de la vivienda, se ha realizado una simulación por equipo electrodoméstico y horas, que, asociado a la potencia en kW, refleja el consumo de kWh

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

necesarios al año. Estos consumos que se detallan en la siguiente tabla, han sido empleados para ambas viviendas.

Tabla 4. Unidades, uso y consumo de los electrodomésticos

Uds	Equipo	Potencia	Horas a la semana/Uso	Consumo
1	Extractor	120W	10:00	62,4 kWh anuales
1	Nevera	A+:320 kWh/año		320 kWh anuales
1	Microondas	1000W	0:25	21,67 kWh anuales
1	Lavavajillas	A+: 0,72 kWh/uso	3	112,32 kWh anuales
1	Horno	2200W	3:00	343,20 kWh anuales
1	Tostadora	450W	0:21	8,19 kWh anuales
1	Cafetera	720W	7	13,1 kWh anuales
1	Batidora	250W	0:30	6,5 kWh anuales
1	Cocina Vitrocerámica	2500W	10:00	1300 kWh anuales
TOTAL COCINA				2187,38 kWh anuales
1	Lavadora	A+: 0,7315 kWh/uso	3	114,11 kWh anuales
1	Plancha	1500W	3:00	234 kWh anuales
1	Aspiradora	700W	2:00	72,8 kWh anuales
1	Secadora	A+: 0,8965 kWh/uso	2	93,24 kWh anuales
TOTAL LIMPIEZA				514,15 kWh anuales
2	Televisor Salón	475 W	20:00	494 kWh anuales
1	Televisor Habitación	250W	15:00	195 kWh anuales
1	Router	16W	168:00	139,78 kWh anuales
1	Ordenador Salón	80W	18:00	74,88 kWh anuales
1	Ordenador Habitación	80W	18:00	74,88 kWh anuales
1	Secador	900W	0:45	35,1 kWh anuales
TOTAL ELECTRÓNICA				1013,64 kWh anuales
2	Entrada	30W	7:00	10,92 kWh anuales
4	Salón	30W	28:00	87,36 kWh anuales
2	Cocina	30W	11:00	17,16 kWh anuales
2	Baño	30W	14:00	21,84 kWh anuales
2	Habitación 1	30W	11:00	17,16 kWh anuales
2	Habitación 2	30W	11:00	17,16 kWh anuales
TOTAL ILUMINACIÓN				171,6 kWh anuales
TOTAL DEL CONSUMO SIN CLIMATIZACIÓN				3686 kWh anuales

*Fuente: Calculadora energética (Ayuntamiento de Cataluña) y elaboración propia

3.1.2. Especificaciones Técnicas para la demanda y el consumo energético de PASSIVHAUS

El cálculo de la demanda energética para calefacción y refrigeración depende del diseño, emplazamiento y orientación del edificio, de la evolución horaria de los procesos térmicos, de las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar y por el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, así como las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior. Para los cálculos pertinentes que se desarrollan en esta sección y en la correspondiente al estándar CTE, se ha empleado las fórmulas y directrices del software CYPE (software para arquitectura, ingeniería y construcción), que se basa en lo estipulado por el actual CTE.

Previo al cálculo, es necesario mostrar las necesidades energéticas y de potencia tanto para calefacción como refrigeración. Para ello se ha acudido a un simulador en el que se han especificado las características de la vivienda, la temperatura de confort (establecida en 19°C), los equipos para ambos sistemas y el nivel de aislamiento.

Para el sistema de calefacción, así como el de refrigeración se ha optado por una bomba de calor basada aerotérmica (aire agua). La aerotermia es un sistema de producción de ACS, calefacción y refrigeración de alta eficiencia energética, mientras que la bomba de calor es un equipo que captura la energía del aire exterior y la traslada al interior mediante un circuito de agua que abastece tanto al sistema de calefacción como de agua caliente sanitaria, de manera que se convierte la energía natural procedente del aire en una climatización renovable y eficiente.

Siendo la demanda de calefacción, así como la de refrigeración de la vivienda de $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$, (dato obtenido del máximo permitido para una vivienda PassivHaus, $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$) y el rendimiento estacional en calor del equipo de aerotermia (SCOP) que, siendo de eficiencia máxima, es de 5,10,

$$\text{SCOP} = \text{Demanda de calefacción} / \text{Energía eléctrica consumida};$$

$$\text{Energía Eléctrica Consumida} = \text{Demanda de calefacción} / \text{SCOP}$$

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Realizando los cálculos, se obtiene una energía eléctrica consumida de 2,94 $kWh/(m^2 \cdot \text{año})$ por lo que supone un consumo de 382,35 kWh al año.

Atendiendo a lo anterior y en relación con el consumo generado por el conjunto de los electrodomésticos y la iluminación, se ha obtenido el siguiente consumo eléctrico

Tabla 5. Consumo eléctrico de la Vivienda PassivHaus

Consumo eléctrico		
Cocina	3.686	<i>kWh/año</i>
Climatización	382,35	<i>kWh/año</i>
TOTAL anual	4.086,35	<i>kWh/año</i>
TOTAL anual/superficie	31,42	<i>kWh/(m² · año)</i>
TOTAL diario	11,35	<i>kWh/día</i>

*Fuente: Elaboración propia

En una vivienda no se conectan todos los equipos a la vez, por lo que instalando una potencia mínima de 9,2 kW es suficiente. Por lo que, para poder cubrir 11,35 kWh/día que hemos calculado alcanzando 9,2 kW de potencia, se ha optado por la instalación fotovoltaica que cubra el 100%. Concretamente, el Kit Solar Fotovoltaico 12 kWh/día con baterías de LITIO 14.4 kWh 48V, que permite cubrir la demanda total al día.

3.1.3. Especificaciones Técnicas para la demanda y el consumo energético CTE

Para el estudio de la demanda y consumo energético de este tipo de vivienda se emplea a partir de la misma superficie que el estudio del estándar PassivHaus.

Este estándar de vivienda no cuenta con el sistema de bomba calor aerotérmica por lo que se ha optado por la instalación de un termo eléctrico para ACS y tres equipos de aire acondicionado, cuya potencia y horas han sido halladas mediante el simulador y que se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Consumo eléctrico del sistema de climatización de la vivienda CTE

Equipo	Potencia	Horas a la semana	Consumo
Termo eléctrico	1800 W	15:00	1.404 kWh anuales
Aire acondicionado (Calefacción)	2400 W	75:00	720 kWh anuales
Aire acondicionado (Refrigeración)	2700 W	51:00	459 kWh anuales
TOTAL CLIMATIZACIÓN			2.583 kWh anuales

*Fuente: Calculadora energética y elaboración propia

Atendiendo a lo anterior y en relación al consumo generado por el conjunto de los electrodomésticos y la iluminación, se ha obtenido el siguiente consumo eléctrico

Tabla 7. Consumo eléctrico total de la Vivienda CTE

Consumo eléctrico		
Cocina	3.686	<i>kWh/año</i>
Climatización	2.583	<i>kWh/año</i>
TOTAL anual	6.269	<i>kWh/año</i>
TOTAL mensual	522,6	<i>kWh/mensual</i>
TOTAL diario	17,42	<i>kWh/día</i>

*Fuente: Calculadora energética y elaboración propia

Teniendo en cuenta estos datos de consumo eléctrico, esta vivienda tendría la certificación C.

3.2. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD Y ESTIMACIÓN

Tras haber obtenido en las secciones anteriores los resultados del consumo de energía final y energía primaria, así como el consumo eléctrico o de gas natural asociados al abastecimiento de las necesidades de las viviendas, se van a analizar los consumos totales y el precio asociado a los mismos en términos anuales. Para determinar el precio de la luz, se va a proceder a realizar dos estudios, tomando como referencia el precio del mercado mayorista en uno de ellos y en el otro se optará por una tarifa PVPC para el mercado regulado y una tarifa fija para el mercado libre.

3.2.1. Mercado Mayorista

En esta sección se ha acudido al precio del mercado mayorista, ya que es en este, dónde se pueden observar los mayores contrastes del aumento del precio de la electricidad, y que tiene repercusión directa con el precio de los otros dos mercados. Es a este mercado donde acuden las comercializadoras para establecer el precio final que los consumidores contratan en las diferentes modalidades del mercado minorista. Al ser este último mercado influenciado por los precios del mayorista, se va a realizar un análisis de la variación del precio, para posteriormente presupuestar el gasto eléctrico de la factura.

Tabla 8. Evolución de los precios de la electricidad de 2012-2021

€/MWh	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ene	51,06	50,50	31,47	51,60	36,53	71,49	49,98	61,99	40,93	60,17
Feb	53,48	45,04	15,39	42,57	27,50	51,74	54,88	54,01	36,04	28,49
Mar	47,57	25,92	26,20	43,13	27,80	43,19	40,18	48,82	27,84	45,44
Abr	41,21	18,17	26,36	45,34	24,11	43,69	42,67	50,41	17,77	65,02
May	43,58	43,45	42,47	45,12	25,77	47,11	54,92	48,39	21,36	67,12
Jun	53,50	40,87	51,19	54,73	38,90	50,22	58,46	47,19	30,64	83,30
Jul	50,29	51,16	48,27	59,55	40,53	48,63	61,88	51,46	34,63	92,42
Ago	49,34	48,09	49,91	55,59	41,16	47,46	64,33	44,96	36,11	105,94
Sep	47,59	50,20	58,91	51,88	43,59	49,15	71,27	42,11	41,93	156,15
Oct	45,65	51,49	55,39	49,90	52,83	56,66	65,08	47,17	36,46	200,06
Nov	42,07	41,81	46,96	51,20	56,13	59,19	61,97	42,19	42,09	193,43
Dic	41,73	63,64	47,69	52,61	60,49	57,94	61,81	33,81	42,03	239,17
Total	47,23	44,26	41,86	50,32	39,67	52,24	57,29	47,68	33,99	111,93

* Fuente: OMIE y elaboración propia

Los valores que aparecen en color verde se corresponden con el periodo comprendido por la pandemia provocada por el coronavirus, que al estar limitadas las actividades supuso un descenso bastante notable en el precio energético. En esos meses, los valores más bajos son de

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

marzo a mayo, que coincide con el decreto del periodo de alarma y el confinamiento en los hogares, estando únicamente permitidas las actividades esenciales.

Por su parte, los valores en rojo se corresponden con la entrada en vigor de la nueva factura de la luz, que se modifica, incluyendo dos nuevos cambios:

1. Los peajes para cubrir los costes de transporte y distribución de la energía
2. Los cargos al sistema eléctrico, que incluyen gastos por subvenciones a las energías renovables

El peaje que se implanta tiene una discriminación horaria en términos de potencia y de energía, siendo el precio diferente según la hora. Según el Ministerio, “se pretende incentivar el traslado del consumo eléctrico desde las horas de máxima demanda eléctrica (horas punta) a otras en las que las redes de transporte y distribución se encuentran menos saturadas (horas valle), lo que reducirá la necesidad de llevar a cabo nuevas inversiones en dichas infraestructuras”.

Es por ello, que para calcular el precio energético y no siendo fiable los datos del año 2020 y los seis primeros meses del año 2021 al ser una situación puntual, se va a calcular con respecto al año 2019 la tasa de variación de los meses de julio a diciembre de 2021, teniendo en cuenta la estación, diferenciando tres etapas: cálida, neutra y fría.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Tabla 9. Estimación del precio de la electricidad sin pandemia para 2021.

CLIMA DEL MES	Meses	2019	2021	Tasa de variación	Media de ambos meses	Precio final 2021
	Ene	61,99 €				299,37 €
	Feb	54,01 €				260,83 €
	Mar	48,82 €				145,22 €
	Abr	50,41 €				149,95 €
	May	48,39 €				52,07 €
	Jun	47,19 €				50,78 €
CÁLIDA	Jul	51,46 €	92,42 €	79,60%	107,61%	92,42 €
	Ago	44,96 €	105,94 €	135,63%		105,94 €
NEUTRA	Sep	42,11 €	156,15 €	270,81%	297,47%	156,15 €
	Oct	47,17 €	200,06 €	324,13%		200,06 €
FRÍA	Nov	42,19 €	193,43 €	358,47%	482,93%	193,43 €
	Dic	33,81 €	239,17 €	607,39%		239,17 €
TOTAL DE LA MEDIA DE 2021						162,12 €

* Fuente: Elaboración propia

Para estos cálculos, se ha empleado la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ variación = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \cdot 100$$

Y esta tasa de variación se ha calculado para los meses de julio a diciembre de 2021, ya que son los datos más próximos a la realidad sin pandemia, y se han empleado dichas tasas de la siguiente manera:

Los meses de mayo, junio, julio y agosto se han considerado meses cálidos por lo que la media de la tasa de variación que se ha calculado para julio y agosto, se va a emplear para mayo y junio. Del mismo modo, los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero son meses fríos, utilizando la media de la tasa de variación de noviembre y diciembre para los meses de enero y febrero. Por último, y en la misma línea, los meses de septiembre, octubre, marzo y abril son meses neutros, por lo que la media de la tasa de variación de septiembre y octubre se ha usado para los meses de marzo y abril.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

De este modo, se ha podido hallar una estimación de cómo sería el precio para el caso de que se hubiese introducido la nueva factura de la luz y el mismo no estuviese condicionado por la pandemia. Por ejemplo, para el mes de junio:

$$\textit{Tasa de variación para julio} = \frac{92,42 - 51,46}{51,46} \cdot 100 = 79,60\%$$

$$\textit{Tasa de variación para agosto} = \frac{105,94 - 44,96}{44,96} \cdot 100 = 135,63\%$$

$$\textit{Tasa de variación de la zona cálida: } \frac{79,60\% + 135,63\%}{2} = 107,61\%$$

Precio del mes de junio de 2021=

$$\begin{aligned} \textit{Precio del mes de junio de 2019} \times \textit{Tasa de variación de la zona cálida} &= \\ &= 47,19 \times 107,61\% = 50,78\text{€} \end{aligned}$$

3.2.2. Mercado libre

En el mercado libre, el precio de la electricidad se fija en un contrato suscrito por la comercializadora y el consumidor final, por lo que se pueden pactar las condiciones del suministro eléctrico. Para los cálculos del precio de la electricidad en el mercado libre se han empleado los datos medios del mismo recogidos por el OMIE, siendo los mismos para 2019, 2020 y 2021 los siguientes,

Tabla 10. Evolución de los precios del mercado libre de 2019-2021

€/kWh	2019	2020	2021
Ene	0,06777	0,04679	0,06989
Feb	0,05971	0,04124	0,03663
Mar	0,05394	0,03298	0,05177
Abr	0,0564	0,02497	0,07134
May	0,05357	0,02712	0,07389
Jun	0,05197	0,03585	0,08724
Jul	0,05658	0,03988	0,09644
Ago	0,04897	0,04078	0,1134
Sep	0,04662	0,04725	0,16079
Oct	0,052	0,04223	0,20944
Nov	0,04801	0,04783	0,20355
Dic	0,04108	0,04885	0,25218
Total	0,05305	0,03965	0,11888

* Fuente: Elaboración propia y OMIE

Al igual que en el apartado anterior, para conocer los datos de enero a junio de 2021 si no hubiese habido COVID y empleando la factura de la luz que se implantó a principio del segundo semestre de 2021, se ha realizado la tasa de variación entre 2019 y 2021 para el periodo de enero a junio de 2021.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Tabla 11. Estimación del precio del mercado libre sin pandemia para 2021.

		2019	2021	Tasa de variación	Media de ambos meses	Precio final 2021
	Ene	0,06777				0,2839 €
	Feb	0,05971				0,2501 €
	Mar	0,05394				0,1477 €
	Abr	0,0564				0,1544 €
	May	0,05357				0,0541 €
	Jun	0,05197				0,0525 €
CÁLIDA	Jul	0,05658	0,09644	70,45%	101,01%	0,09644
	Ago	0,04897	0,1134	131,57%		0,1134
NEUTRA	Sep	0,04662	0,16079	244,89%	273,83%	0,16079
	Oct	0,052	0,20944	302,77%		0,20944
FRÍA	Nov	0,04801	0,20355	323,97%	418,92%	0,20355
	Dic	0,04108	0,25218	513,88%		0,25218
TOTAL DE LA MEDIA DE 2021						0,1649 €

* Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Mercado Regulado

En el mercado regulado hay dos tipos de tarifas. La primera es la facturación por potencia contratada que es el término fijo de la factura que incluye los peajes y cargos, así como el margen de comercialización de la compañía. La segunda es la facturación por energía consumida que se determina mediante el PVPC e incluye los peajes y cargos y el coste de energía.

Para el análisis de este mercado se van a emplear los datos del PVPC medio de cada mes de las comercializadoras de referencia, realizando la misma tasa de variación calculada para el mercado mayorista y la tarifa fija es la que la compañía ENDESA S.L. establece. De este modo, en la siguiente tabla se muestran los datos de los años 2019, 2020 y 2021. Se van a realizar los mismos cálculos que los apartados anteriores teniendo en cuenta la época de la pandemia (2020 y el primer semestre de 2021) y como base se utiliza los datos de los meses en los que ya estaba implantada la nueva factura de la luz.

Tabla 12. Evolución del precio del mercado regulado 2019-2021 (PVPC).

PVPC	2019	2020	2021
Ene	0,06925	0,04821	0,07261
Feb	0,06106	0,04261	0,03832
Mar	0,05913	0,03503	0,0537
Abr	0,0585	0,02738	0,07279
May	0,05571	0,02898	0,0753
Jun	0,05387	0,03754	0,08698
Jul	0,05776	0,0411	0,09612
Ago	0,05138	0,04312	0,11131
Sep	0,04864	0,0493	0,16048
Oct	0,05437	0,04463	0,20891
Nov	0,05053	0,05023	0,20632
Dic	0,04213	0,05016	0,25182
Media	0,05519	0,04152	0,11956

*Fuente: Elaboración propia y OMIE

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Tras estos datos recogidos del OMIE para el precio PVPC, se realiza la tasa de variación, siendo el precio final medio de 0,16356€/kWh.

Tabla 13. Estimación del precio del precio de mercado regulado sin pandemia para 2021.

		2019	2021	Tasa de variación	Media de ambos meses	Precio final 2021
	Ene	0,06925				0,2791 €
	Feb	0,06106				0,2461 €
	Mar	0,05913				0,1520 €
	Abr	0,0585				0,1504 €
	May	0,05571				0,0510 €
	Jun	0,05387				0,0493 €
CÁLIDA	Jul	0,05776	0,09612	66,41%	91,53%	0,0961 €
	Ago	0,05138	0,11131	116,64%		0,1113 €
NEUTRA	Sep	0,04864	0,16048	229,93%	257,09%	0,1605 €
	Oct	0,05437	0,20891	284,24%		0,2089 €
FRÍA	Nov	0,05053	0,20632	308,31%	403,02%	0,2063 €
	Dic	0,04213	0,25182	497,72%		0,2518 €
TOTAL DE LA MEDIA DE 2021						0,1636 €

* Fuente: Elaboración propia

3.3. GASTO ANUAL ELÉCTRICO

3.3.1. Precio del Mercado Libre

Para este cálculo se ha supuesto una potencia contratada de 9,20 kWh, todos los meses con 30 días (año 360 días) y se han empleado los precios que establece la compañía IBERDROLA, para el término fijo, pues es una de las compañías más contratadas en su tarifa de mercado libre y el precio de la energía ha sido el calculado en el apartado 3.2.2.

TÉRMINO FIJO

Coste de cuota fija mensual.....65,00 €

TÉRMINO VARIABLE

Potencia factura *.....9,2 x 0,0629€ /kWh x 30 días17,36 €
Energía facturada **..... 17,42 x 0,1649€ / kwh x 30 días 86,18 €
Total Energía 168,54 €
Impuesto Especial de Electricidad (5,1127%)..... 8,62 €
Alquiler del Equipo *** 0,02663 x 30 días 0,80 €
Servicio de Urgencias Eléctricas 1,96 x 1 mes 1,96 €
Subtotal 179,91 €
IVA (21%)..... 37,78 €

TOTAL FACTURA 217,69 €

Total factura anual para una vivienda CTE: 2.612,33 €

*Precio medio de la potencia contratada en punta y valle

**Precio calculado en el apartado 3.2.2.

***Precio de Iberdrola por alquiler del equipo

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Total factura anual para una vivienda PassivHaus: 780,00€ ya que se supone que, aunque la vivienda PassivHaus no consume electricidad, tiene potencia contratada para el caso de que sea necesaria, siendo esto un coste fijo mensual de 65,00€ y anual de 780,00€.

Diferencia de facturas: $2.612,33 \text{ €} - 780,00 \text{ €} = 1.832,33 \text{ €}$ Esto quiere decir que hay un ahorro anual de 1.832,33€ por el uso de la electricidad.

3.3.2. Precio del Mercado Regulado

Para este cálculo se ha supuesto una potencia contratada de 9,20 kWh, todos los meses con 30 días (año 360 días) y que el consumo de energía se divide en el periodo de punta, llano y valle, 33%, 31% y 36% respectivamente, al que se ha aplicado los precios de Endesa que se señala en la página de la OCU, y para el coste de la energía se ha empleado el precio hallado en el apartado 3.2.3. Asimismo, la factura ha seguido el modelo de ENDESA.

TÉRMINO FIJO: Facturación por potencia contratada

Importe por peajes de transporte y distribución y cargos

P1 (punta).....	9,2 x 30,67266 €/kWh y año x 30/360	23,53 €
P3 (valle)	9,2 x 1,25856 €/kWh y año x 30/360	0,97 €

Margen de Comercialización Fijo..... 9,2 x 3,113 €/kWh y año x 30/360 2,39 €

TÉRMINO VARIABLE: Facturación por energía consumida

Importe por peajes de transporte y distribución y cargos

P 1.....	172,46,x 0,133118 €/kWh.....	22,96 €
P 2.....	162,01,x 0,041772 €/kWh.....	6,77 €
P 3.....	188,14,x 0,006001 €/kWh.....	1,13 €
Coste Energía		85,50 €
Total Energía.....		143,24 €
Impuesto Especial de la Electricidad (5,1127%)		7,32 €
Alquiler del contador	0,026667 x 30 días	0,80 €
Subtotal		151,36 €
IVA (21%)		31,79 €

TOTAL FACTURA 183,15 €

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Total factura anual para una vivienda PASSIVHAUS: 2.197,80€

*Precio medio de la potencia contratada en punta y valle

**Precio calculado en el apartado 3.2.3.

***Precio de Endesa por alquiler del equipo

Total factura anual para una vivienda PassivHaus: 322,68 € ya que se supone que, aunque la vivienda PassivHaus no consume electricidad, tiene potencia contratada para el caso de que sea necesaria, siendo esto un coste fijo mensual de 26,89 € y anual de 322,68 €.

Diferencia de facturas: $2.197,80 \text{ €} - 322,68 \text{ €} = 1.875,12 \text{ €}$ Esto quiere decir que hay un ahorro anual de 1.875,12 € por el uso de la electricidad.

3.4. PRESUPUESTOS DE LOS MATERIALES

En esta sección se va a analizar los costes tanto de los materiales que se han empleado para la construcción de ambas viviendas como de los costes de los sistemas de climatización y ACS. Para ello se ha optado por el empleo de datos que se recogen en la investigación “Comparativa de un Edificio PassivHaus y un Edificio según CTE” (Fernández, 2019). Asimismo, para el precio de los sistemas han sido seleccionados los materiales tanto que son recomendados por el programa informático CYPE, ya mencionado y los que son los más valorados del mercado. El resumen del presupuesto se recoge en la siguiente tabla, encontrándose el desglose por material y por elementos constructivos en el Anexo B (página 70 y ss).

Tabla 18. Resumen del presupuesto de materiales

PRECIO TOTAL	CTE	PH
Cerramientos, puertas y ventanas	16.553,16 €	19.053,94 €
Equipos de climatización y ACS	2.643,71 €	12.692,93 €
TOTAL	19.196,87 €	31.746,87 €

*Fuente: Elaboración Propia y CYPE

3.5. PRESUPUESTO DE LOS PROYECTOS

En esta sección se va a presupuestar la ejecución material (PEM) y el presupuesto de Contrata (PC), teniendo en cuenta el coste de los materiales tanto de construcción como los sistemas de climatización, y el coste de la mano de obra.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los datos obtenidos del PEM y del PC, se incluirán los honorarios del Arquitecto, del Aparejador, de Seguridad y Salud y la licencia de obra. Asimismo, todos los impuestos y tasas públicas tanto notariales, registrales como los certificados, todo ello, aspectos esenciales para la construcción de una vivienda.

Para el precio del suelo, se ha optado por un terreno que está a la venta en Vitoria-Gasteiz, cuya parcela es de 287m² y cuyo valor es de 23.000€, siendo el actual propietario persona física. Al localizarse la finca en Vitoria-Gasteiz se han empleado los tributos del País Vasco. En este municipio, existen reducciones por cumplir con el estándar PassivHaus, teniendo un 80% de bonificación para las licencias de obras y un 80% en el ICIO.

Asimismo, en el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz se establecen reducciones en el Impuesto sobre Bienes Inmuebles para las viviendas con certificación energética, así como las viviendas que tengan placas solares, siendo para el caso de la vivienda que cumple con el estándar CTE, cuya certificación es la letra C y no teniendo estas placas solares, la reducción aplicable es del 12% y la que cumple con el estándar PassivHaus, cuya certificación es la letra A y cuenta con placas solares. la reducción es del 50%. Teniendo esto en cuenta y suponiendo que el valor catastral del inmueble objeto de construcción coincide con el precio de la compra, es decir 23.000€, la cuantía anual del IBI ascendería en Vitoria-Gasteiz a 74,29€ (tipo aplicable de 0,323%).

Aplicando las reducciones que se han mencionado, los importes tras aplicar el porcentaje de bonificación el ahorro anual sería de 45,9€. Por lo que se ahorrarían 34,89€ al año. Estos datos se utilizarán para la amortización del incremento de la inversión, ubicado en el apartado 3.6.

Los resultados que se muestran en las siguientes tablas, suponen una diferencia total de **30.091,27€**

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3.5.1. Presupuesto de Ejecución Material y Presupuesto de Contrata de CTE (Tabla 14)

ITEM	CONCEPTO	%	Fórmula	IMPORTE
1	Cerramientos, puertas y ventanas		ANEXO B	16.553,16 €
2	Mano de obra	42,00%	Item 1 * 42%	6.952,33 €
3	Sistemas de climatización y ACS		ANEXO B	2.643,71 €
4	Mano de obra	42,00%	Item 3 * 42%	1.110,36 €
5	Alta de la electricidad			205,69 €
6	Control de calidad	0,30%	(Suma 1, 2, 3, 4, 5)*0,30%	81,78 €
7	Gestión de residuos	0,20%	(Suma 1, 2, 3, 4, 5)*0,20%	54,52 €
8	Presupuesto de Ejecución Material (PEM)			27.601,54 €
9	Gastos Generales	13,00%	PEM * 13%	3.588,20 €
10	Beneficio Industrial	6,00%	PEM * 6%	1.656,09 €
11	Presupuesto de Contrata (PC)		Suma PEM + 8 +9	32.845,84 €

*Fuente: Elaboración propia

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3.5.2. Presupuesto total con honorarios e impuestos de CTE (Tabla 15)

ITEM	PARTIDAS		%	FÓRMULA	IMPORTE
a	Parcela	Suelo			23.000,00€
b		ITP	7,00%	a * 7%	1.610,00€
c		Notario, Registro, IAJD, Gestoría, etc.	3,00%	a* 3%	690,00€
d	IVA de parcela		10,00%	(a+b+c)*10%	2.530,00€
A	PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARCELA			Suma a-d	27.830,00€
1	PEM				27.601,54€
e	Gastos Generales		13,00%	(1) * 13%	3.588,20€
f	Beneficio Industrial		6,00%	(1) * 6%	1.656,09€
2	PC			Suma (1+e+f)	32.845,83€
3	PC con IVA		21,00%	(2) * 21%	39.743,46€
g	Honorarios Arquitecto	Proyecto	5,00%	(1) * 5%	1.380,08€
h		Dirección de Obra	4,00%	(1) * 4%	1.104,06€
4	Honorarios Arquitecto con IVA		21,00%	Suma (g+h)*21%	3.005,81€
i	Honorarios Aparejador	Dirección de Ejecución	2,00%	(1) * 2%	552,03€
j		Coordinación Seguridad y Salud	1,00%	(1) * 1%	276,02€

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

5	Honorario Aparejador con IVA		21,00%	Suma (i+j) * 21%	1.001,94€
k	Honorario de Seguridad y Salud		3,00%	(1) * 3%	828,05€
6	Honorario de Seguridad y Salud con IVA		21,00%	(k) * 21%	1.001,94€
7	Licencia de Obra		4,50%	(3) * 4,50%	1.788,46€
B	PRESUPUESTO TOTAL			Suma (3-7)	46.541,59€
l	Ayuntamiento	ICIO	4,00%	(1) * 4%	1.104,06€
m		Lic. 1ª Ocupación	0,50%	(m) * 0,5%	138,01€
n		Tasas de tramitación	10,00%	(k) * 10%	13,80€
o	Notaría	Obra Nueva, Obra Terminada			800,00€
p	Registro Propiedad	Impuesto Comunidad Autónoma (AJD)	0,75%	(1) * 0,75%	207,01€
q		Registrador			500,00€
r	Certificado	Energético			Gratis en Madrid
		TOTAL		Suma (A+B+l-r)	77.134,47€

*Fuente: Elaboración propia

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3.5.3. Presupuesto Ejecución Material y Presupuesto de Contrata PassivHaus (Tabla 16)

ITEM	CONCEPTO	%	Fórmula	IMPORTE
1	Cerramientos, puertas y ventanas		ANEXO B	19.053,94 €
2	Mano de obra	42,00%	Item 1 * 42%	8.002,65 €
3	Sistemas de climatización y ACS		ANEXO B	12.692,93 €
4	Mano de obra	42,00%	Item 3 * 42%	5.331,03 €
5	Control de calidad	0,30%	(Suma 1, 2, 3, 4)*0,30%	135,24 €
6	Gestión de residuos	0,20%	(Suma 1, 2, 3, 4)*0,20%	90,16 €
7	Presupuesto de Ejecución Material (PEM)			45.305,96 €
8	Gastos Generales	13,00%	PEM * 13%	5.889,77 €
9	Beneficio Industrial	6,00%	PEM * 6%	2.718,36 €
10	Presupuesto de Contrata (PC)		Suma PEM + 8 +9	53.914,09 €

*Fuente: Elaboración propia

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

3.5.4. Presupuesto total con honorarios e impuestos de PassivHaus (Tabla 17)

ITEM	PARTIDAS		%	FÓRMULA	IMPORTE
a	Parcela	Suelo			23.000,00€
b		ITP	7,00%	a * 7%	1.610,00€
c		Notario, Registro, IAJD, Gestoría, etc.	3,00%	a* 3%	690,00€
d	Subtotal con IVA		10,00%	(a+b+c)*10%	2.530,00€
A	PRESUPUESTO TOTAL PARCELA			Suma a-d	27.830,00€
1	PEM				45.305,96€
e	Gastos Generales		13,00%	(1) * 13%	5.889,77€
f	Beneficio Industrial		6,00%	(1) * 6%	2.718,36€
2	PC			Suma (1+e+f)	53.914,09€
3	PC con IVA		21,00%	(2) * 21%	65.236,05€
g	Honorarios Arquitecto	Proyecto	5,00%	(1) * 5%	2.265,30€
h		Dirección de Obra	4,00%	(1) * 4%	1.812,24€
4	Honorarios Arquitecto con IVA		21,00%	Suma (g+h)*21%	4.933,82€
i	Honorarios Aparejador	Dirección de Ejecución	2,00%	(1) * 2%	906,12€
j		Coordinación Seguridad y Salud	1,00%	(1) * 1%	453,06€

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

5	Honorario Aparejador con IVA		21,00%	Suma (i+j) * 21%	1.644,61€
k	Honorario de Seguridad y Salud		3,00%	(1) * 3%	1.359,18€
6	Honorario de Seguridad y Salud con IVA		21,00%	(k) * 21%	1.644,61€
1	Licencia de Obra		4,50%	(3) * 4,50%	2.426,13€
7	Licencia de Obra con reducción		80,00%	(8) * 20%	485,23€
B	PRESUPUESTO TOTAL			Suma (3-7)	73.944,31€
m	Ayuntamiento	ICIO	4,00%	(1) * 4%	1.812,24€
n		Cuota Líquida del ICIO	80%	(m) * 20%	362,45€
ñ		Lic. 1ª Ocupación	0,50%	(n) * 0,5%	226,53€
o		Tasas de tramitación	10,00%	(o) * 10%	22,65€
p	Notaría	Obra Nueva, Obra Terminada			800,00€
q	Registro Propiedad	Impuesto Comunidad Autónoma (AJD)	0,75%	(1) * 0,75%	339,79€
r		Registrador			500,00€
s	Certificado	Passivhaus			3.200,00€
		TOTAL		Suma (A+B+l-r)	107.225,74€

*Fuente: Elaboración propia

3.6. AMORTIZACIÓN DE LA DIFERENCIA

Tras los cálculos de gasto eléctrico y de los materiales constructivos, así como de los honorarios, se va a analizar el plazo de amortización. Atendiendo a la diferencia en el presupuesto total de las viviendas, 30.091,27 €, y la diferencia que supone el gasto eléctrico de la vivienda CTE, se va a realizar la amortización para el caso de que se opte por el mercado regulado o el mercado libre.

Dado la evolución del incremento de los precios, se va a considerar que hay un incremento del 3% del precio del gasto energético para el año 2023 (Banco de España, 2022) y se va a suponer que se mantiene un 2% del crecimiento cada año, siendo el ahorro acumulado que supone una Vivienda PassivHaus el siguiente

Tabla 18. Amortización de la inversión adicional

AÑO	Ahorro de IBI	Gasto Mercado Regulado	Ahorro acumulado PH vs CTE mercado regulado	Gasto Mercado Libre	Ahorro acumulado PH vs CTE mercado libre
1	45,90 €	1.875,12 €	1.921,02 €	1.832,33 €	1.878,23 €
2	45,90 €	1.931,37 €	3.898,29 €	1.887,30 €	3.811,43 €
3	45,90 €	1.970,00 €	5.914,19 €	1.925,05 €	5.782,38 €
4		2.009,40 €	7.923,60 €	1.963,55 €	7.745,92 €
5		2.049,59 €	9.973,18 €	2.002,82 €	9.748,74 €
6		2.090,58 €	12.063,77 €	2.042,87 €	11.791,61 €
7		2.132,39 €	14.196,16 €	2.083,73 €	13.875,35 €
8		2.175,04 €	16.371,20 €	2.125,41 €	16.000,75 €
9		2.218,54 €	18.589,74 €	2.167,91 €	18.168,67 €
10		2.262,91 €	20.852,65 €	2.211,27 €	20.379,94 €
11		2.308,17 €	23.160,82 €	2.255,50 €	22.635,44 €
12		2.354,33 €	25.515,16 €	2.300,61 €	24.936,05 €
13		2.401,42 €	27.916,58 €	2.346,62 €	27.282,67 €
14		2.449,45 €	30.366,02 €	2.393,55 €	29.676,22 €
15		2.498,44 €	32.864,46 €	2.441,42 €	32.117,64 €
16		2.548,41 €	35.412,87 €	2.490,25 €	34.607,89 €
17		2.599,37 €	38.012,24 €	2.540,06 €	37.147,95 €

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

18		2.651,36 €	40.663,61 €	2.590,86 €	39.738,81 €
19		2.704,39 €	43.367,99 €	2.642,68 €	42.381,49 €
20		2.758,48 €	46.126,47 €	2.695,53 €	45.077,01 €

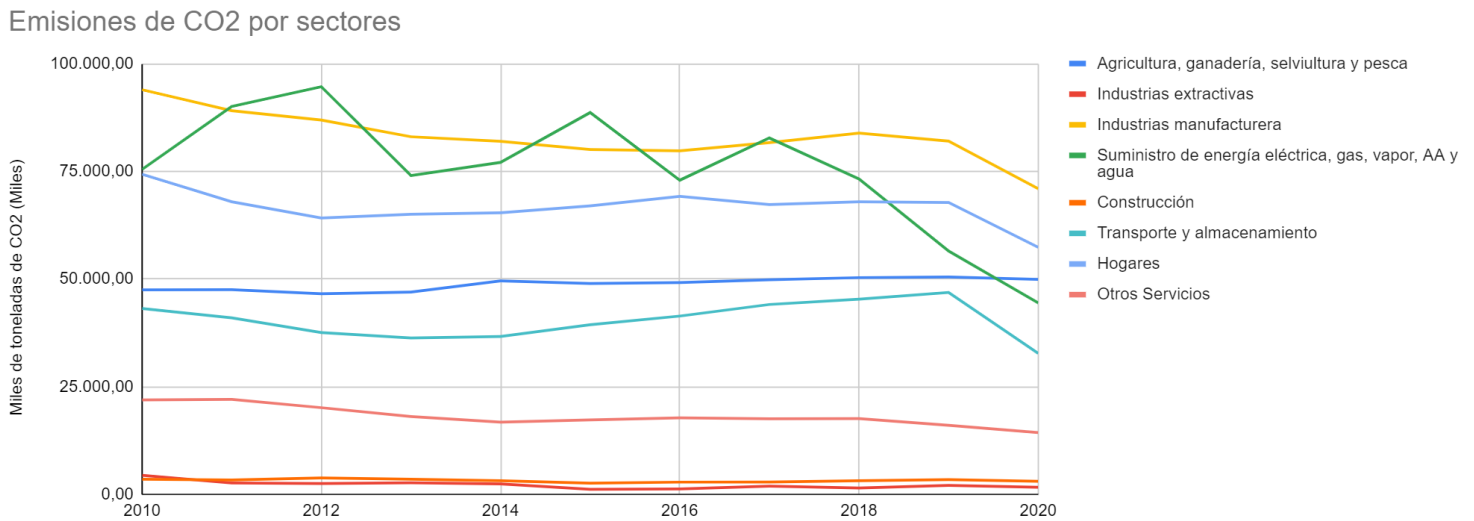
*Fuente: Elaboración propia

La inversión que supone la vivienda PassivHaus, se amortiza en el decimocuarto año para el caso de que se compare con una CTE que tiene contratado el suministro en el mercado regulado, y en el decimoquinto para el caso de que se compare con una vivienda CTE que tenga contratado el suministro en el mercado libre.

3.7. EMISIONES DE CO₂

En el ámbito de las emisiones de CO₂ se observa desde 2010 una reducción considerable en el cómputo total nacional,

Figura 3. Emisiones de CO₂ por sectores 2010-2020 en España



*Fuente: Epdata y elaboración propia

En el gráfico se constata la evolución de las emisiones en todos los sectores, siendo el sector que más emite ambas industrias, la manufacturera y la extractiva, seguido del suministro de energía y posteriormente del sector de los hogares. Este último supone a las emisiones globales del territorio nacional entorno al 20%, desglosándose las toneladas (miles) que las viviendas emiten de CO₂, las siguientes

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Tabla 19. Volumen de emisiones en el sector residencial y en el conjunto de España

	Hogares (Miles)	Emisiones en Hogares	Total Emisiones	%
2010	-	74.307,00	364.261,60	20,4
2011	-	67.918,40	363.727,20	18,67
2012		64.154,80	356.419,70	18
2013	18217,3	65.037,10	329.762,00	19,72
2014	18303,1	65.377,30	333.106,80	19,63
2015	18346,2	66.973,00	345.159,90	19,4
2016	18406,1	69.192,80	334.433,50	20,69
2017	18472,8	67.258,90	347.967,30	19,33
2018	18535,9	67.927,60	343.010,70	19,8
2019	18625,7	67.760,20	325.242,00	20,83
2020		57.356,00	274.571,90	20,89

*Fuente: Epdata y elaboración propia

En la vivienda objeto de estudio de este TFG, las emisiones que la misma provoca es de $15,96 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{año}$ toneladas al año, aplicando para su obtención la siguiente fórmula,

$$CO_2 = C_E \cdot F_E \text{ siendo,}$$

C_E : Consumo eléctrico en kWh

F_E : Factor de emisión de CO_2 de electricidad ($\text{kgCO}_2/\text{eq} \cdot \text{año}$)

$CO_2 = 6269 \cdot 0,331 = 2075,04 \text{ kgCO}_2/\text{eq} \cdot \text{año}$ y al año $15,96 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{año}$ por lo que esto supone que la certificación según las emisiones de la vivienda es la letra C.

*Para la vivienda PassivHaus no se ha realizado los cálculos debido a que el consumo de electricidad que la misma requiere es suministrada como se ha mencionado anteriormente, por la instalación de las placas fotovoltaicas.

Por último, se pretende examinar la siguiente hipótesis para la reducción de las emisiones.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

En España se construyen en el año 2019, 76.028 hogares, que cumplen con las exigencias del código técnico de la edificación, siendo el volumen mayoritario del tipo C, exactamente 13.502, tal y como la vivienda que se ha planteado como objeto del trabajo.

Por otro lado, en el territorio nacional existen actualmente 18.625.700 viviendas de las cuales únicamente 177 son PassivHaus. La siguiente hipótesis que se plantea, consiste en analizar la reducción de las emisiones que el sector residencial otorgaría al cómputo del total, en el caso de que únicamente se construyesen edificios que generasen mínimas emisiones o nulas, planteando que el porcentaje de edificios que se construyeron en 2019 fuesen del estándar PassivHaus.

Para el estudio de este supuesto, lo primero es concretar el número de edificios por tipo de certificado que se registraron en 2019:

Tabla 20. Edificios de nueva construcción en 2019

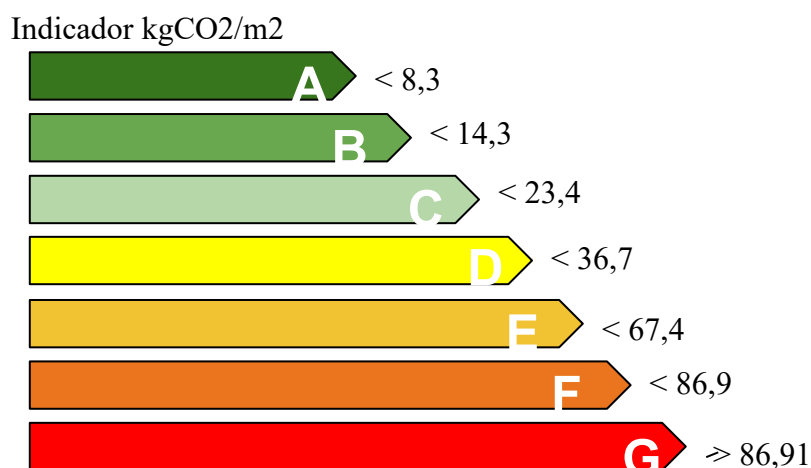
	Edificios nuevos 2019
A	13.069
B	26.103
C	13.502
D	11.354
E	10.433
F	432
G	1.135
TOTALES	76.028

*Fuente: INE y elaboración propia

Asimismo, atendiendo a las exigencias del CTE, la cantidad máxima de emisiones que cada tipo de certificado puede generar al año se detalla en la siguiente ilustración

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Figura 4. Límites máximos de emisiones de CO2 por tipo de certificado



*Fuente: CTE y elaboración propia

Con estos valores, se va a suponer que todas las viviendas han emitido la media, obteniendo mediante la multiplicación de ambos valores las emisiones que han sido generadas por los edificios con certificado energético,

Tabla 21. Volumen de emisiones de los edificios certificados en 2019

TIPO	Límite de emisiones	Nº de hogares nuevos	Emisiones totales de edificios nuevos certificados
A	8,3	13069	108.472,7
B	14,3	26103	373.272,9
C	23,4	13502	315.946,8
D	36,7	11354	416.691,8
E	67,4	10433	703.184,2
F	86,9	432	37.540,8
G	111	1135	125.985
TOTALES			2.081.094,2

*Fuente: INE y elaboración propia

Es decir, el número de emisiones que los edificios nuevos con certificado energético han provocado es de 2.081.094,2 kg de CO₂/m² al año, y teniendo en cuenta que la media de m² por hogar de España según el Ministerio de Fomento es de 122, supone que se ha emitido

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

en 2019 253.893.492 kg de CO₂, únicamente por los edificios de nueva construcción. Si se acude a la tabla 19 se observa como las emisiones totales de 2019 para el número total de hogares en España (18.625.700 hogares), es de 67.760,20 miles de toneladas de CO₂.

Así las cosas y suponiendo unas emisiones nulas para los 76.028 edificios de nueva construcción, el volumen de emisiones descendería en un 0,37% anualmente. Teniendo en cuenta que el mayor volumen de construcción no reside en las nuevas viviendas, sino por el contrario en la rehabilitación de viviendas convencionales a viviendas eficientemente energéticas, estimándose para España que el número de viviendas que se deben rehabilitar es de diez millones de hogares, las emisiones que el sector residencial emitirían descenderían drásticamente, teniendo una repercusión tanto a nivel económico, ambiental y en términos de bienestar social.

4. CONCLUSIONES

La importancia del cambio climático y las repercusiones que tiene en la sociedad ha llevado a la implantación de un nuevo modelo de vida, priorizando el cuidado del medioambiente y una mayor calidad de vida.

Enfocados en estos aspectos y en la búsqueda de una mejora en el uso de los recursos energéticos, el papel de la eficiencia energética ha adquirido una relevancia bastante considerable en las metas de los países. Todos los sectores productivos y de servicios de la economía que más energía consumen están siendo objeto de modificaciones, siendo el sector residencial uno de los mayores.

En esta línea, las posibilidades para emplear la energía de forma más prudente en el sector residencial se han reflejado mediante la implantación de la certificación de eficiencia energética en España. Este avance paulatino ha tenido a su vez un mayor crecimiento con el nuevo modelo pasivo importado de Alemania.

La repercusión económica que supone la compra de un terreno y la construcción de una vivienda es bastante importante para un consumidor, y la inversión que implica la utilización de sistemas más modernos que emitan menos gases al medioambiente es una cuantía que, en términos generales, no se suele plantear. Sin embargo, mediante el análisis de todo un proyecto de construcción y una viabilidad tanto económica como ambiental del presente trabajo se puede observar cómo la inversión que supone una mayor eficiencia energética no genera un coste adicional, sino que son beneficios económicos, sociales, energéticos y en términos de confort a largo plazo.

El mayor coste que supone una vivienda PassivHaus presenta como se ha demostrado las siguientes ventajas:

1. La reducción del consumo energético para la vivienda y el correspondiente ahorro anual de la factura de luz. Actualmente, el aumento de los costes energéticos está aumentando exponencialmente, por lo que el sistema planteado de autoconsumo es una vía perfecta de evitar la dependencia energética y el sobre coste del consumo de luz. La creciente evolución del precio del kWh es un tema que a día de hoy está siendo objeto de

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

limitaciones y de modificaciones, por lo que la ausencia de este gasto mensual supone un ahorro futuro, que, a largo plazo y con la tendencia creciente del precio de la luz, puede llegar a tener una relevancia considerable en la economía del hogar.

2. El estándar Pasivo garantiza el confort térmico de la vivienda, al tener una variación mínima la temperatura del interior y siendo la misma acorde a la estación del año. El mecanismo de este modelo, implica que la persona que reside en la vivienda no perciba variaciones de temperatura a lo largo de un día, siendo la misma estable y equilibrada en toda la vivienda.
3. Asimismo, la ventilación mecánica que se emplea en estos edificios permite que el aire sea lo más limpio posible mediante la renovación constante, el suministro de aire fresco y la eliminación de los elementos contaminantes que se obtienen con el sistema de ventilación y el recuperador de calor.
4. La certificación del estándar PassivHaus no es exclusiva a nivel nacional, sino que por el contrario tiene la garantía de contar con una supervisión de los estándares por un ente internacional, que avala la eficiencia de la vivienda.
5. La reducción del consumo energético, que es la principal característica de estos tipos de edificios, lleva consigo la reducción casi completa de las emisiones que se generan al medio ambiente, siendo este modelo, uno de los principales mecanismos del sector constructivo y residencial en la lucha contra el cambio climático.

Con todo lo que se ha expuesto y haciendo un balance, la mayor inversión que pueda llegar a suponer una vivienda del estándar pasivo, es completamente compensable con todos los beneficios que supone en términos de confort, calidad del aire y de vida, así como los ahorros energéticos y económicos tras haber amortizado el importe, que como se ha calculado supone un tiempo aproximado de catorce años. A partir de este momento, la ausencia del coste variable mensual que supone la factura de la luz, será un beneficio considerable. Y lo más importante, es la reducción de las emisiones que se pueden generar a causa del uso de la energía frenando las consecuencias del cambio climático.

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Es por ello, que en la línea en la que se está evolucionando tanto a nivel nacional con los certificados energéticos como el planteamiento por parte de la Unión Europea de establecer subvenciones a la inversión que supone el estándar pasivo, así como la previsión para que las emisiones residenciales sean residuales, las viviendas PassivHaus van a adquirir una mayor importancia tanto en el sector constructivo como económico en los próximos años.

5. BIBLIOGRAFÍA

BOE.es - BOE-A-1999-21567 Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la

Edificación. (s. f.). LOE. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-21567>

BOE.es - BOE-A-2005-1967 Instrumento de Ratificación del Protocolo de Kyoto al Convenio

Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kyoto el 11 de

diciembre de 1997. (s. f.). Protocolo de Kyoto.

[https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-1967#:~:text=REY%20DE%20ESPA%C3%91A,11%20de%20diciembre%20de%201997.)

[1967#:~:text=REY%20DE%20ESPA%C3%91A,11%20de%20diciembre%20de%201997.](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-1967#:~:text=REY%20DE%20ESPA%C3%91A,11%20de%20diciembre%20de%201997.)

BOE.es - BOE-A-2007-2007 Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el

Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de

nueva construcción. (s. f.). Real Decreto 47/2007.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-2007>

BOE.es - BOE-A-2014-904 Orden IET/75/2014, de 27 de enero, por la que se regulan las

transferencias de fondos, con cargo a las empresas productoras de energía eléctrica,

de la cuenta específica de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia al

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, en el año 2013, para la

ejecución de las medidas del Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011–

2020 y los criterios para la ejecución de las medidas contempladas en dicho plan. (s.

f.). Orden IET/75/2014. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-904

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

BOE.es - BOE-A-2018-1751 Ley 7/2017, de 14 de diciembre, de medidas de la eficiencia energética y garantía de accesibilidad a la energía eléctrica. (s. f.). Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014–2020.

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-1751

BOE.es - BOE-A-2019-18528 Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. (s. f.). Real Decreto 732/2019.

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-18528

BOE.es - BOE-A-2021-5106 Resolución de 25 de marzo de 2021, conjunta de la Dirección General de Política Energética y Minas y de la Oficina Española de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 16 de marzo de 2021, por el que se adopta la versión final del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021–2030. (s. f.). Resolución de 25 de marzo de 2021.

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-5106

BOE.es - BOE-A-2022-1531 Resolución de 21 de enero de 2022, de la Secretaría General de Objetivos y Políticas de Inclusión y Previsión Social, por la que se publica el Convenio con la Fundación Save the Children, para la realización de un proyecto para la inclusión social en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. (s. f.). Programa SAVE I.

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-1531

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

BOE.es - DOUE-L-1993-81535 Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE). (s. f.). Directiva 93/76/CEE.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1993-81535>

BOE.es - DOUE-L-2003-80006 Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios. (s. f.). Directiva 2002/91/CE.

[https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-80006#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20presente,y%20la%20relaci%C3%B3n%20coste%2Deficacia.)

[80006#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20presente,y%20la%20relaci%C3%B3n%20coste%2Deficacia.](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-80006#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20presente,y%20la%20relaci%C3%B3n%20coste%2Deficacia.)

BOE.es - DOUE-L-2010-81077 Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios. (s. f.). Directiva 2010/31. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2010-81077>

BOE.es - DOUE-L-2011-80721 Reglamento (UE) n^o 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo. (s. f.). Reglamento (UE) n^o 305/2011.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2011-80721>

BOE.es - DOUE-L-2012-82191 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

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

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. (s. f.). Directiva 2012/27/UE.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2012-82191>

BOE.es - DOUE-L-2018-81023 Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. (s. f.). Directiva (UE) 2018/844.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-81023>

BOE.es - DOUE-L-2018-82107 Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. (s. f.). Directiva (UE) 2018/2001.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-82107>

Calculadora energética | Energía Barcelona | Ayuntamiento de Barcelona. (s. f.). Energía Barcelona. <https://www.energia.barcelona/es/calculadora-energetica>

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (s. f.). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia | CNMC. Mercado Eléctrico. <https://www.cnmc.es/>

CYPE. (s. f.). CYPE Ingenieros, S.A., Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción. <https://www.cype.es/>

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

DIRECCIÓN GENERAL DE ECONOMÍA Y ESTADÍSTICA – BANCO DE ESPAÑA.

(2022, abril). *Proyecciones Macroeconómicas de España 2022–2024*.

<https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/IntervencionesPublicas/DirectoresGenerales/economia/Arc/Fic/IIPP-2022-04-05-gavilan.pdf>

Emisiones de CO2 en el certificado energético. (2021, 25 febrero). Certicalia | Soluciona

todos tus trámites y gestiones. <https://www.certicalia.com/blog/emisiones-de-co2-en-el-certificado-energetico>

European Commission. (s. f.). *Database*. Eurostat.

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

Formación Passivhaus | Documentación. (2022, 24 febrero). Formación Passivhaus.

<https://formacionpassivhaus.com/documentacion/>

Funseam – Funseam es un foro de debate, análisis, investigación científica y asesoramiento

en el campo de la energía y el medioambiente. (s. f.). Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental. <https://funseam.com/>

Green Building Council España. (2020, septiembre). *Agenda de la UE para la edificación*

sostenible. <https://gbce.es/documentos/Agenda-de-la-UE-para-la-edificacion-sostenible.pdf>

Home. (2022, 16 marzo). Energía y Sociedad. <https://www.energiaysociedad.es/>

Homepage. (2022, 6 abril). Energy. https://energy.ec.europa.eu/index_en

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Inicio. (s. f.). Endesa. <https://www.endesa.com/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía & Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). *IDAE. Estudios, informes y estadísticas.*
IDAE. <https://www.idae.es/>

Ministerio de Ciencia e Innovación. (s. f.). *Inicio.* Código Técnico de la Edificación.
<https://www.codigotecnico.org/>

Ministerio de la Presidencia, relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. (s. f.).
BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Directivas y Reglamentos.
<https://www.boe.es/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - Energía. (s. f.). Energía.
<https://energia.gob.es/es-es/Paginas/index.aspx>

Natalia Fernández & Universidad Politécnica de Madrid. (2019, junio). *TFM Comparativa de un Edificio Passivhaus y un Edificio según CTE.*
https://oa.upm.es/57297/1/TFM_NATALIA_FERNANDEZ_GARCIA.pdf

Obtener certificado energético. Certificado de eficiencia energética. (s. f.).
CertificadosEnergeticos.com. <https://www.certificadosenergeticos.com/>

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

OCU. (2022, 30 marzo). *Precio de la luz, disparado*. www.ocu.org.

<https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/precio-luz>

Operador de Mercado Eléctrico Designado. (s. f.). *Precio horario del mercado diario* |

OMIE. OMIE. <https://www.omie.es/es/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price>

Passive House Institute. (s. f.). *Passivhaus Institut*. <https://passivehouse.com/>

Plataforma PEP - Plataforma de Edificación Passivhaus. (2021, 19 octubre). Plataforma

PEP. <https://www.plataforma-pep.org/>

Prieto García, F. F. & Escuela Politécnica Superior - Universidad de Alicante. (2017). *TFM-*

Estudio del Estándar PassivHaus, aplicación y comparativa con el CTE.

<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/69349>

REData - Evolución. (s. f.). Red Eléctrica de España.

<https://www.ree.es/es/datos/demanda/evolucion>

Statista. (s. f.). *Statista - The Statistics Portal*. <https://www.statista.com/>

6. ANEXOS

ANEXO A. Factores de conversión de energía final y de emisiones de CO2

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

Factores de emisiones de CO2			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO2 /kWh E. final	kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

ANEXO B. PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

I.PRESUPUESTO DE CERRAMIENTO, PUERTAS Y VENTANAS DE CASA CON ESTÁNDAR CTE

ELEMENTOS	Materiales	Medidas	Superficie	Precio del material	Precio total
FACHADA	Revestimiento de peldaño de piedra natural	0,03	130	17,20 €	2.236,00 €
	Hoja de partición interior de fábrica de ladrillo cerámico para revestir (7 cm de espesor)	0,11	130	11,32 €	1.471,60 €
	Aislamiento continuo en trasdosado autoportante de placas (50mm de espesor)	0,05	130	3,73 €	484,90 €
TOTAL FACHADA					4.192,50 €
SOLERA	Forjado unidireccional con vigas planas y viguetas prefabricadas	0,3	130	37,93 €	4.930,90 €
TOTAL SOLERA					4.930,90 €
CUBIERTA	Cobertura de tejas cerámicas	0,02	130	9,52 €	1.237,60 €
	Aislamiento continuo en trasdosado autoportante de placas (50mm de espesor)	0,05	130	3,73 €	969,80 €
	Forjado unidireccional con nervios "in situ"	0,3	130	20,59 €	2.676,70 €
TOTAL CUBIERTA					4.884,10 €

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

TABIQUERÍA	Aislamiento continuo en trasdosado autoportante de placas (50 mm de espesor)	0,05	75	3,73 €	559,50 €
	Hoja de partición interior de fábrica de ladrillo cerámico para revestir (7 cm de espesor)	0,07	75	4,66 €	349,50 €
	Enlucido de yeso en capa fina	0,03	75	1,70 €	3,83 €
TOTAL TABIQUERÍA					912,83 €
TOTAL CERRAMIENTOS					14.920,33 €
VENTANAS				137€/unidad	1.096,00 €
PUERTAS INTERIORES				190€/unidad	190,00 €
PUERTAS EXTERIORES				350€/unidad	350,00 €
TOTAL PUERTAS Y VENTANAS					1.636,00 €
TOTAL PRESUPUESTO DE MATERIALES: CERRAMIENTOS, PUERTAS Y VENTANAS					16.556,33 €

*Fuente: Elaboración propia y CYPE

II. PRESUPUESTO DE CERRAMIENTO, PUERTAS Y VENTANAS DE CASA CON ESTÁNDAR PASSIVHAUS

ELEMENTOS	Medidas	Medidas	Superficie	Precio del material	Precio total
FACHADA	Enlucido de yeso en capa fina	0,02	130	1,50 €	3,90 €
	Aislamiento Térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS (50 mm de espesor)	0,1	130	4,73 €	1.515,80 €
	Mueretes de bloque de hormigón	0,24	130	14,54 €	1.890,20 €
TOTAL FACHADA					3.409,90 €
SOLERA	Pavimento de moqueta de fibra sintética	0,01	130	13,46 €	1.749,80 €
	Forjado unidireccional con vigas planas y viguetas prefabricadas	0,3	130	34,94 €	4.542,20 €
	Sistema de aislamiento por el exterior en medianeras mediante proyección de espuma de poliuterano	0,02	130	6,63 €	861,90 €
TOTAL SOLERA					7.153,90 €
CUBIERTA	Cubierta inclinada con cobertura de tejas	0,02	130	10,41 €	1.353,30 €
	Base de mortero de cemento	0,02	130	3,38 €	54,81 €
	Base de hormigón ligero para pavimento	0,07	130	7,73 €	70,34 €
	Forjado unidireccional con nervios "in situ"	0,3	130	18,59 €	2.416,70 €
	Aislamiento Térmico por el exterior en fachada para sistemas ETICS (50 mm de espesor)	0,15	130	4,83 €	1.883,70 €
TOTAL CUBIERTA					5.778,85 €

TFG. DECO. La eficiencia energética y económica de las viviendas PassivHaus

TABIQUERÍA	Aislamiento continuo en trasdosado autoportante de placas (50mm de espesor)	0,05	75	3,02 €	453,00 €
	Hoja de partición interior de fábrica de ladrillo cerámico para revestir (7 cm de espesor)	0,07	75	3,98 €	298,50 €
	Enlucido de yeso en capa fina	0,03	75	1,24 €	2,79 €
TOTAL TABIQUERÍA					754,29 €
TOTAL CERRAMIENTOS					17.096,94 €
VENTANAS				169€/unidad	1.352,00 €
PUERTAS INTERIORES				170€/unidad	170,00 €
PUERTAS EXTERIORES				435€/unidad	435,00 €
TOTAL PUERTAS Y VENTANAS					1.957,00 €
TOTAL PRESUPUESTO DE MATERIALES: CERRAMIENTOS, PUERTAS Y VENTANAS					19.053,94 €

*Fuente: Elaboración propia y CYPE

III. PRESUPUESTO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y ACS PARA ESTÁNDAR CTE

EQUIPO	MARCA	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
Aire acondicionado	Aire Acondicionado Mitsubishi Electric 3x1 MXZ-3F54VF + MSZ AP15VG+ MSZ AP20VG + MSZ AP35VG	1	2.906,47 €	2.906,47 €
Termo eléctrico	Termo eléctrico COINTRA TDG PLUS 150L	1	440,00 €	440,00 €
TOTAL SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y ACS				2.643,71 €

*Fuente: Elaboración propia y CYPE

IV. PRESUPUESTO DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y ACS PARA ESTÁNDAR PASSIVHAUS

EQUIPO	MARCA	UNIDADES	PRECIO	TOTAL
Bomba de Calor	Saunier duval genia air 8	1	5.536,00 €	4.400,00 €
Suelo Radiante		74 m2	45,00 €	3.330,00 €
Recuperador de calor	Sistema de ventilación doble flujo HRV1.6 HE Q Plus	1	2.586,00 €	2.586,00 €
Kit solar fotovoltaica	Kit Solar Litio Growatt 3500W 12kWhdia	1	5.751,00 €	5.751,00 €
TOTAL SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Y ACS				12.692,93 €

*Fuente: Elaboración propia y CYPE