

Escuela técnica

superior de

ingeniería de edificación

# Certificados de eficiencia energética y sostenibilidad en edificios:

Análisis comparativo y propuestas de mejora en la  
normativa española actual

## Fin de Grado

GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

### Trabajo fin de Grado

Autor: RUBEN M<sup>a</sup> SIERRA MOYA

Tutores: Dr. Francisco Javier Guevara García

Dr. Jacinto Canivell García de Paredes

Dr. Miguel Ángel León Muñoz

Año 2023



CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS:  
ANÁLISIS COMPARATIVO Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA ACTUAL

CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS:  
ANÁLISIS COMPARATIVO Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LA NORMATIVA  
ESPAÑOLA ACTUAL

Trabajo fin de grado presentado para conclusión del Grado  
en Ingeniería de la Edificación de la Escuela Técnica  
Superior de Ingeniería de Edificación.  
Universidad de Sevilla.

Tutores: Dr. Francisco Javier Guevara García  
Dr. Jacinto Canivell García de Paredes  
Dr. Miguel Ángel León Muñoz

Sevilla  
2023

---

## Resumen

La creciente preocupación por el medio ambiente ha llevado a la implementación de diversas iniciativas y estrategias para fomentar prácticas más sostenibles en todas las áreas de la actividad humana. En España, estas iniciativas y estrategias se conocen como "normativa verde" y tienen como objetivo reducir el impacto ambiental de la actividad humana en el país. Dentro de estas iniciativas, se encuentran leyes y regulaciones que buscan proteger el medio ambiente, promoviendo la sostenibilidad en diferentes sectores.

El lanzamiento de una nueva normativa enfocada al Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN) por la Unión Europea en 2010 exige que todos los países miembros deberán tomar medidas para alcanzar unos niveles de exigencia relacionados con el tratamiento de recursos fósiles, la actual dependencia energética y el impacto ambiental a partir de finales de 2020.

Sin embargo, el marco normativo español va por detrás de la profesión en materia de sostenibilidad. De hecho, existen numerosas herramientas de certificación y normativas internacionales que han evolucionado a pasos agigantados en este ámbito y de los que nuestra actual norma podría nutrirse.

A principios de los años 90 nacen las certificaciones energéticas, cuyos objetivos son promover la calidad del medio que nos rodea, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la capa de ozono, fomentar la sostenibilidad en nuestras viviendas y reducir los consumos de energía y agua en nuestras viviendas.

Con el fin de garantizar estas exigencias propuestas por la Unión Europea, las distintas comisiones de certificación energética llevan años apostado por mejorar las prestaciones de los edificios que nos rodean.

Vamos a estudiar más a fondo cómo afronta cada una de estas certificaciones la crisis energética venidera para identificar las limitaciones de nuestra actual norma y proponer una serie de mejoras cada vez más necesarias para afrontar el futuro que nos aguarda.

**Palabras clave:** eficiencia energética, sostenibilidad, certificado energético, impacto ambiental, fuentes renovables.

## Abstract

The growing concern for the environment has led to the implementation of various initiatives and strategies to encourage more sustainable practices in all areas of human activity. In Spain, these initiatives and strategies are known as "green regulations" and aim to reduce the environmental impact of human activity in the country. Within these initiatives, there are laws and regulations that seek to protect the environment, promoting sustainability in different sectors.

The launch of a new regulation focused on the Nearly Zero Energy Consumption Building (EECN) by the European Union in 2010 requires that all member countries must take measures to achieve levels of demand related to the treatment of fossil resources, the current dependency energy and environmental impact from the end of 2020.

However, the Spanish regulatory framework lags behind the profession in terms of sustainability. In fact, there are numerous certification tools and international regulations that have evolved by leaps and bounds in this area and from which our current standard could be nourished.

At the beginning of the 90s, energy certifications were born, whose objectives are to promote the quality of the environment that surrounds us, reduce greenhouse gas emissions to the ozone layer, promote sustainability in our homes and reduce energy consumption and water in our homes.

In order to guarantee these requirements proposed by the European Union, the different energy certification commissions have spent years committed to improving the performance of the buildings that surround us.

We are going to study in more depth how each of these certifications faces the coming energy crisis to identify the limitations of our current standard and propose a series of improvements that are increasingly necessary to face the future that awaits us.

**Keywords:** energy efficiency, sustainability, energy certificate, environmental impact, renewable sources.

**Keywords:** energy efficiency, sustainability, energy certificate, environmental impact, renewable sources.

---

CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS:  
ANÁLISIS COMPARATIVO Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA ACTUAL

Contenido

Resumen .....	2
Abstract.....	3
1. Introducción.....	6
2. Justificación del tema .....	8
3. Objetivos.....	9
3.1. GENERALES .....	9
3.2. ESPECÍFICOS.....	9
4. Estado de la cuestión.....	10
4.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO .....	10
4.2. LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO (ECCN o nZEB) .....	11
4.3. EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN .....	13
4.4. HITOS DE SOSTENIBILIDAD .....	14
4.5. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA BREEAM .....	16
4.5.1. Definición.....	16
4.5.2. Objetivos.....	17
4.5.3. Proceso de la certificación .....	18
4.5.4. Sistema de Clasificación .....	19
4.5.5. Sistemas de aplicación según el tipo de proyecto .....	20
4.6. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA LEED .....	24
4.6.1. Definición.....	24
4.6.2. Objetivos.....	25
4.6.3. Proceso de la certificación .....	26
4.6.4. Sistema de clasificación .....	27
4.6.5. Sistemas de aplicación según el tipo de proyecto .....	29
4.7. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA PASSIVHAUS.....	32
4.7.1. Definición.....	32
4.7.2. Objetivos.....	33
4.7.3. Criterios de evaluación .....	34
4.7.4. Proceso de certificación.....	39
4.8. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN .....	40
4.8.1. HE0.....	40
4.8.2. HE1.....	42
4.8.3. HE2.....	46
4.8.4. HE3.....	47
4.8.5. HE4.....	47

---

CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS:  
ANÁLISIS COMPARATIVO Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA ACTUAL

4.8.6.	HE5.....	47
4.8.7.	HE6.....	47
5.	METODOLOGÍA .....	48
5.1.	OBJETIVOS GENERALES.....	48
6.	ANÁLISIS.....	49
6.1.	Grado de implicación de los certificados BREEAM, LEED y Passivhaus con el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	49
6.2.	COMPARATIVO DE ASPECTOS Y NECESIDADES QUE ABORDAN LAS CERTIFICACIONES BREEAM, LEED Y PASSIVHAUS.....	52
6.3.	FORTALEZAS Y DEBILIDADES.....	57
6.3.1.	Debilidades Passivhaus .....	58
6.3.2.	Propuestas de mejora Passivhaus.....	59
6.3.3.	Debilidades LEED .....	60
6.3.4.	Propuestas de mejora LEED .....	60
6.3.5.	Debilidades BREEAM.....	61
6.3.5.	Propuestas de mejora BREEAM .....	61
6.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	62
7.	ESTUDIOS Y PROPUESTAS .....	66
7.1.	Situación actual .....	66
7.2.	Limitaciones actuales del CTE.....	66
7.3.	Aportación de los certificados de eficiencia energética a la mejora de la normativa española.....	69
7.3.1.	BREEAM .....	69
7.3.2.	LEED .....	69
7.3.3.	PASSIVHAUS.....	69
7.4.	Propuestas de mejora de la normativa CTE.....	70
7.4.1.	HE1.....	70
7.4.2.	HS4.....	71
7.4.3.	CTE PARTE 1, ARTÍCULO 8, APARTADO 8.2: USO Y CONSERVACIÓN DEL EDIFICIO .....	72
7.4.4.	DB HE .....	73
8.	RESUMEN DE ESTUDIOS Y PROPUESTAS .....	74
9.	CONCLUSIONES.....	76
10.	REFERENCIAS.....	78
11.	INDICE DE FIGURAS .....	81
12.	INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	83

---

## 1. Introducción

La Agencia Internacional de Energía (AIE) <sup>[1]</sup> informa que, en 2018, la industria de la construcción fue responsable del 36% del consumo de energía y del 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El uso de combustibles fósiles en los edificios contribuyó al 8 % de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en 2021. Además, el 19 % de las emisiones de electricidad y calor fueron generadas por este sector. Por último, la producción de materiales de construcción como el acero y el cemento fue responsable de otro 6% de las emisiones.

La información disponible confirma que las emisiones de CO<sub>2</sub> se atribuyen en gran medida al sector de la construcción, principalmente por el uso de combustibles fósiles y la producción de materiales de construcción.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) <sup>[2]</sup> ha publicado numerosos informes sobre el asunto del calentamiento global y cómo afecta al planeta. En el informe más reciente, que se publicó en agosto de 2021, el IPCC indicó que el calentamiento global es cada vez más frecuente, ocurre a un ritmo más rápido y crece en intensidad. El informe también afirma que las actividades humanas son la razón principal del aumento de la temperatura que se ha observado en las últimas décadas.

Según el informe, se ha observado un aumento de aproximadamente 1,1 grados centígrados en las temperaturas globales desde la era preindustrial, lo que se atribuye en gran medida a la liberación de gases de efecto invernadero. Además, el informe enfatiza que para evitar que el calentamiento global supere los 1,5 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales, debe haber una reducción inmediata, integral y significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero a escala global.

La Directiva 2010/31/UE <sup>[3]</sup> del Parlamento Europeo y del Consejo, aprobada el 19 de mayo de 2010, exige que los Estados miembros garanticen que las nuevas construcciones tengan un consumo de energía cercano a cero, conocido como nZEB.

---

Este requisito se aplica a todos los edificios nuevos antes del 31 de diciembre de 2020. La directiva también requiere que los estados miembros desarrollen estrategias nacionales para aumentar la cantidad de edificios de energía casi nula, que son estructuras con demanda mínima de energía, y en los que se utilizan fuentes renovables siempre que sea posible. Los Estados miembros también deben comunicar estos planes a la Comisión con regularidad.

La implementación de esta directiva ha llevado a un aumento en la construcción de edificios energéticamente eficientes, contribuyendo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y cumpliendo los objetivos climáticos de la Unión Europea.

En términos generales, un edificio de energía casi nula (nZEB) es un tipo de edificio que nutre la mayor parte de su consumo de energía de las fuentes de energía renovables. También es extremadamente eficiente energéticamente y genera su propia energía para operar de manera sostenible, lo que reduce su huella de carbono considerablemente. Para cumplir con los criterios de los edificios nZEB, es necesario incorporar medidas de ahorro de energía en el diseño, la construcción, el uso del edificio y su mantenimiento.

Cuando se trata de bajo consumo de energía, existen varios estándares. Nos centraremos en los más conocidos tanto a nivel nacional como internacional, así como los aspectos recogidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE) Vigente <sup>[4]</sup>. Los certificados de los que hablaremos son BREEAM, LEED, PASSIVHAUS y su correspondiente normativa en el CTE.

El CTE (2019) establece los estándares de seguridad, salud, accesibilidad y eficiencia energética que deben cumplir todos los edificios españoles. Si bien el CTE no menciona explícitamente ninguno de los estándares antes mencionados, puede utilizarse para cumplir con los requisitos de eficiencia energética. De hecho, diversas estrategias de eficiencia energética, como la utilización de aislamientos de alta calidad, la estanqueidad al aire y la ventilación mecánica regulada, que están avaladas por el estándar Passivhaus, pueden ayudar a satisfacer los estándares de eficiencia energética establecidos por el CTE.



## 2. Justificación del tema

Según el informe "Climate Change Performance Index 2021" de expertos Germanwatch (CCPI) [5], la lucha de los países contra el cambio climático conduce a la necesidad de establecer estándares climáticos más estrictos. A través de las certificaciones de sostenibilidad más conocidas a nivel internacional podemos analizar qué estándares propone cada una de ellas y si se asemeja a lo establecido en el CCPI.

Es necesario reconocer la importancia de estos certificados tanto en el contexto europeo como mundial, así como su relevancia en el ámbito de la construcción sostenible. BREEAM y PASSIVHAUS son dos de las certificaciones energéticas más distinguidas que aseguran la sostenibilidad dentro de un edificio. Estos certificados, junto con LEED, son reconocidos en Europa y otras regiones del mundo como instrumentos para evaluar y mejorar el impacto ambiental de los edificios, la sostenibilidad y la eficiencia energética. El sector de la construcción tiene una importancia primordial en la lucha contra el cambio climático, dado que los edificios son responsables de una parte considerable del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo.

Estos certificados sirven como puntos de referencia para la construcción sostenible y tienen el potencial de dar forma a las políticas y regulaciones gubernamentales en Europa y demás regiones. La adopción y aprobación de los requisitos BREEAM, LEED y PASSIVHAUS por parte de los gobiernos puede incentivar el desarrollo de estructuras sostenibles y energéticamente eficientes, lo que genera resultados positivos para el medio ambiente. También puede generar beneficios económicos, ya que estos edificios certificados pueden ser más atractivos para los compradores e inquilinos, lo que a su vez puede aumentar el valor de mercado de los mismos.

El análisis de cada uno de los estándares propuestos en este apartado nos abrirá un amplio abanico de maneras de combatir el cambio climático en el sector de la construcción para viviendas, edificios y su entorno.

---

## 3. Objetivos

### 3.1. GENERALES

- Desarrollo de propuestas de mejora de la actual normativa española para dar cumplimiento a los Objetivos de desarrollo sostenible.

### 3.2. ESPECÍFICOS

- Análisis del marco normativo actual: Directrices de la Unión Europea (UE) y diferencia entre nZEB y certificados de sostenibilidad.
  - Estudiar para cada certificado cuales de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) [\[6\]](#) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible están tratando de mejorar con sus directrices y comprobar si lo abordan desde el mismo punto de vista o no.
  - Correlación entre los gastos de construcción y los beneficios económicos y ambientales de los certificados de eficiencia energética poniendo ejemplos prácticos en base a sus tablas salariales.
  - Con el fin de volver más sostenible la normativa española actual, haciéndola más competitiva y promoviendo las buenas prácticas de los certificados energéticos, vamos a analizar cuáles son sus déficits con respecto a los objetivos de reducción del 55 % de las emisiones de gases de efecto invernadero y al objetivo de alcanzar la neutralidad climática de aquí a 2050. Para ello, analizaremos cada uno de los certificados energéticos BREEAM, LEED y Passivhaus a fondo, estudiando los requisitos y estándares, categorías y subcategorías más representativos con el fin de realizar una tabla comparativa en la que se exprese con claridad las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos y a su vez nos sirva para fomentar propuestas de mejora para la actual normativa española.
-

## 4. Estado de la cuestión

### 4.1. ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO

Con el fin de promover la sostenibilidad y la eficiencia energética en la construcción, la Unión Europea ha implementado una serie de objetivos y directrices. En concreto, la Comisión Europea ha publicado la Recomendación (UE) 2021/1749 <sup>[7]</sup>, que se centra en el principio de "primero la eficiencia energética". Este principio proporciona orientación y ejemplos para la aplicación de la eficiencia energética en los procesos de toma de decisiones dentro de la industria energética y otros sectores.

Las pautas establecidas por la Unión Europea tienen una influencia directa en los certificados de eficiencia energética. Estos certificados, se basan en gran medida en los puntos de referencia de sostenibilidad y eficiencia energética establecidos por la UE, y se revisan periódicamente para adaptarse a las modificaciones de la legislación y las directrices europeas.

Debemos mencionar también la aparición de la directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que puede atribuirse al impacto del cambio climático global, tal como fue adoptada por el Parlamento y el consejo europeo en mayo de 2010. Las pautas establecidas en esta instrucción comprenden una multitud de acciones destinadas a disminuir el consumo de energía de un edificio.

Según el Artículo 2 de la directiva, el término "edificio de consumo de energía casi nulo" se refiere a una estructura que cuenta con un nivel extremadamente alto de eficiencia energética, con los criterios específicos que se describen en el Anexo I. La energía requerida para este tipo de edificio debe ser casi nulo o muy bajo, y debe ser proporcionado por fuentes renovables, incluidas las generadas en el lugar o en las cercanías, en una medida significativa.

De acuerdo con el artículo 9 de la misma, los estados miembros de la Unión Europea están obligados a garantizar que: *«a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo»*.

---

El objetivo de aumentar el número de edificios con un consumo de energía casi nulo se logrará mediante la implementación de una directiva que obligue a los estados miembros a preparar planes nacionales. Estos planes deben adaptarse a las categorías específicas de cada edificio.

El apartado 2 del citado artículo también establece que los Estados miembros seguirán el ejemplo del sector público y desarrollarán políticas para fomentar la conversión de edificios reformados en edificios de consumo de energía casi nulo. Dichas políticas incluirán el establecimiento de metas y medidas, que luego serán comunicadas a la Comisión como parte de sus planes nacionales.

Dichos planes nacionales constarán de varios elementos, siendo uno de los componentes clave la aplicación práctica de la definición nZEB por parte de cada estado miembro. La definición debe reflejar las condiciones únicas del país, región o localidad en cuestión. Además, estos planes contarán con una medida numérica del consumo de energía primaria, que se expresará en KW/m<sup>2</sup> por año.

El artículo que más nos interesa de la directiva es el Artículo 11. Dentro del apartado 1 podemos leer: *«Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios. El certificado de eficiencia energética deberá incluir la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética».*

#### 4.2. LOS EDIFICIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA CASI NULO (ECCN o nZEB)

Los edificios de consumo de energía casi nulo, nZEB (Nearly Zero Energy Buildings) o edificios ECCN, pueden definirse como edificios que cumplen niveles muy altos de eficiencia energética y confort. Como resultado, su consumo de energía es muy bajo, principalmente a partir de recursos renovables in situ o en el medio ambiente.

No existe una definición europea común de lo que constituye un edificio nZEB. Aunque las directivas europeas establecen el marco, cada país es responsable de definir sus parámetros de construcción.

Asimismo, los edificios nZEB promueven un consumo inferior a 15kwh/m<sup>2</sup>/año, lo que se traduce en un importante ahorro de energía en las facturas de los usuarios. Como tal, su balance de energía cero ofrece ventajas económicas y ecológicas para una variedad de climas y tipos de edificios y es el futuro de los edificios sostenibles. Todavía hay mucha confusión entre los edificios nZEB y las casas pasivas porque, aunque comparten un objetivo común, todavía no son lo mismo. El término nZEB fue adoptado por la Unión Europea. Esta nueva norma, exigida por el Reglamento de Eficiencia Energética EPBD, tiene como objetivo reducir significativamente el consumo energético en los edificios.

Según Inarquia, como principios básicos de la construcción de edificios nZEB [8] tenemos los siguientes:

1. Buen diseño bioclimático pasivo para minimizar las necesidades energéticas de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. Para ello se aplican los principios básicos de la arquitectura bioclimática, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del entorno.
2. Estudio de detalle de la envolvente térmica (fachada, cubierta y solera). El objetivo es conseguir una solución de alto confort y bajo consumo. Elegir un buen aislamiento en un edificio o vivienda puede ahorrar hasta un 60% de energía.
3. Instalar las fuentes de energía renovables más adecuadas para el edificio y su entorno. Estas instalaciones de alta eficiencia pueden ser paneles solares fotovoltaicos, térmicos, térmicos a gas, geotérmicos, etc.
4. Instalar en las viviendas el sistema domótico que mejor se adapte a las necesidades de cada edificio. La domótica ayuda a optimizar el consumo energético. Todo ello gracias a la instalación de control de detectores de presencia, luces y LEDs de bajo consumo, acceso remoto y más.

El Estándar de Construcción nZEB se aplicará tanto a la construcción nueva como a la rehabilitación de edificios existentes. La rehabilitación es un elemento clave en este proceso. Según el IDAE [9], más de la mitad de los edificios en España se construyeron sin el aislamiento adecuado. Para edificios con requerimientos energéticos muy bajos, es imprescindible que todos los agentes del sector de la edificación comprendan los principios básicos de la edificación sostenible y pasiva.

---

Según la Directiva de la UE 2018/844 [10] sobre edificios de consumo de energía casi nulo el concepto de edificios nZEB fue introducido por la Directiva Europea de Eficiencia Energética 2010/31/UE. Su objetivo es ahorrar un 20% del consumo de energía primaria, y se determina que desde mediados de este año hasta 2020, todos los nuevos edificios residenciales serán edificios nZEB. Posteriormente vino la Directiva Europea de Eficiencia Energética 2012/27/UE [11], que complementó la Directiva 2010/31/UE y aumentó los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios. La actual Directiva Europea de Eficiencia Energética en Edificación en vigor es la 2018/844, que modifica la directiva anterior. Los cambios en la nueva Directiva de la UE 2018/844 (EPBD) incluyen que partir de 2021 todos los edificios nuevos y rehabilitados deberán funcionar con energías renovables. Otros temas abordados por esta directiva son:

- Establecer la potencia nominal útil de los equipos de calefacción y aire acondicionado (en sus accesorios) en un umbral de 70 kW.
- Determinar el consumo de energía primaria en kWh/(m<sup>2</sup>.a) como indicador numérico de los requisitos mínimos de eficiencia energética, y otros indicadores numéricos adicionales para el consumo total de energía renovable, no renovable y primaria y las emisiones de gases de efecto invernadero en kg CO<sub>2</sub> eq/(m<sup>2</sup>.a).

Es importante tener en cuenta que las directivas europeas no son obligatorias por sí solas, ya que requieren una transposición a la legislación nacional. En Europa, se establecen criterios generales y los estados miembros, como España, deben modificar su reglamento para dar cumplimiento en fechas determinadas a las directivas europeas.

### 4.3. EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) [4] establece los estándares de eficiencia energética obligatorios para los edificios en España. Estas normas incluyen la estipulación de umbrales máximos de consumo de energía, así como requisitos estrictos con respecto a los sistemas de aislamiento, ventilación, iluminación y aire acondicionado de los edificios.

En junio de 2022, DB-HE se sometió a una actualización que aplica estándares de eficiencia energética más estrictos para edificios, con el objetivo de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el esfuerzo global para combatir el cambio climático.

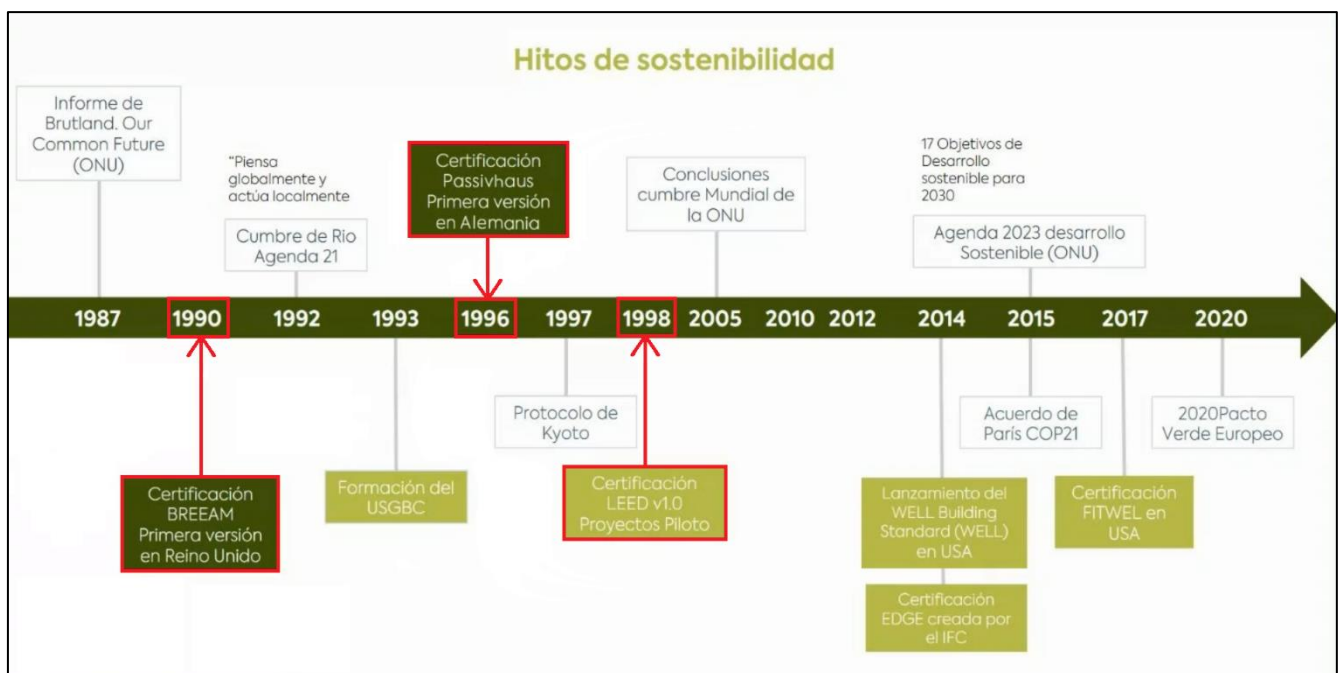
El nuevo DB-HE cuenta con varias características nuevas, incluida la integración obligatoria de sistemas de energía renovable en edificios de nueva construcción, mejoras en el aislamiento térmico de la envolvente del edificio y la amplificación de la eficiencia energética en sistemas de aire acondicionado e iluminación.

#### 4.4. HITOS DE SOSTENIBILIDAD

Como resultado de la directiva 2010/31/UE y el concepto de edificios nZEB, han surgido numerosos estándares para la construcción de arquitectura pasiva dentro de la Unión Europea. Sin embargo, los que vamos a estudiar ya existían desde mucho antes de la creación de esta directiva, BREEAM es el más reconocido y aceptado a nivel mundial, aunque hay otros como LEED y Passivhaus que se han hecho su hueco en este sector. En consecuencia, el enfoque de este trabajo se centra en el análisis de estas normas, con el objetivo de extraer conclusiones y sugerir estrategias cuando sea necesario.

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Para esto es importante saber cuáles son los hitos de la sostenibilidad y cuáles son las certificaciones para poder entender dónde se ubica cada una tal y como se representa en la Figura 1.

**Figura 1.** Esquema cronológico de hitos de sostenibilidad en Europa.



Fuente: Grupo Aparejadores Madrid, 2023 y elaboración propia.

Tenemos una línea de tiempo donde se puede observar que, a lo largo de los años, las normativas buscan incorporar exigencias con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de los edificios para mitigar los efectos del cambio climático. Como resultado tenemos multitud de pactos y acuerdos firmados por los diferentes países comprometidos como por ejemplo la firma del Pacto Verde Europeo [12], que se dio en el 2020, donde se amplía el foco para integrar la sostenibilidad en todas las políticas de la Unión Europea.

Considerando que en 1988 comenzó a desarrollarse la primera versión en el Reino Unido de la certificación BREEAM, teniendo en consecuencia en 1990 el primer estándar de construcción sostenible del mundo que contaba con una estructura de puntos y requisitos organizados en categorías que inspiró al resto de los sellos que vinieron después. Como podemos observar en 1993 la formación del USGBC (Green Building Council) [13], en 1996 se originó la certificación Passivhaus en el Institut en Darmstadt, Alemania. En 1998 surgió la primera versión de certificación LEED en Proyectos Piloto y en consecuencia tenemos otras certificaciones como la WELL o la EDGE.

De todos los certificados energéticos que se han emitido hasta finales de 2020, el que lidera por encima de los demás es claramente BREEAM, seguido del LEED. No cabe duda de que, al haber sido pionero en su campo, BREEAM se ha desarrollado a lo largo de más años que los demás y esto se traduce en mejores técnicas, solución de problemas, exigencias, etc. Podemos observar estos datos en el gráfico adjunto en la **Figura 2**.

**Figura 2.** Comparativo de diferentes certificaciones sostenibles emitidas.



Fuente: Grupo Insigne DC, 2023.



## 4.5. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA BREEAM

### 4.5.1. Definición

BRREAM [14] es un sistema de certificación voluntario que permite valorar la sostenibilidad ambiental de cualquier tipo de edificio ya sea nuevo o existente, teniendo en cuenta el uso y las particularidades de cada uno, ya sea residencial, de oficinas o urbanizaciones, de acuerdo a los criterios de evaluación en sus manuales técnicos.

Se trata de una escala de construcción sostenible, independiente y privada que se basa en evidencias científicas cuyo resultado es la obtención de un certificado con una clasificación establecida en cinco niveles o estrellas.

El BRE (Building Research Establishment) [15] es la entidad británica sin ánimo de lucro que gestiona la certificación BREEAM, fundada en 1921. Fue la primera organización del mundo orientada específicamente a la investigación en el sector de la construcción sostenible. Además, BREEAM es el primer esquema de certificación, ya que como hemos mencionado en la Figura 1, se inició en 1988 y su primera versión de edificios nuevos de oficinas se lanzó en 1990. A finales de 2009 BREEAM fue adaptada a la normativa y prácticas constructivas en España. En 2010 nace BREEAM-ES.

BREEAM cuenta con unos cuantos parques de innovación repartidos en diferentes regiones de todo el mundo. Estos parques de innovación cuentan con edificios demostrativos a gran escala, desarrollados por socios de la industria. Estos edificios muestran un diseño, materiales y tecnologías innovadoras que se combinan para abordar los desafíos que desarrollan los proyectos actuales. La red de parques de innovación permite a la organización investigar y probar productos para poder innovar y comprobar si los ensayos funcionan correctamente.

El primero de estos parques fue creado en 2005, en Watford (Reino Unido) y desde entonces recibe aproximadamente 20.000 visitantes al año. El parque comenzó con una demostración a pequeña escala de métodos modernos de construcción y tras su éxito se desarrolló rápidamente. La red de parques de innovaciones es única en su enfoque, es independiente y genera un gran impacto en la construcción. En la figura 3 podemos ver el primer parque que se creó.

---

**Figura 3.** Primer parque de innovación BRE en Watford (Reino Unido).



Fuente: BRE Innovation Parks Network, 14 de septiembre de 2015.

Tal y como se mencionaba en el párrafo anterior, podemos observar los distintos sistemas constructivos en las viviendas, paisajismo y carteles aclaratorios.

#### 4.5.2. Objetivos

1. Mitigar el impacto de los edificios en el medioambiente. Esto implica promover medidas que repercuten en mejores condiciones, salud y bienestar de los usuarios en los edificios, reducir los gastos de operación, funcionamiento y mejorar el comportamiento ambiental.
2. Incentivar al mercado. Este objetivo proporciona soluciones innovadoras que generan posicionamiento ante accionistas, empleados, clientes, proveedores, suministradores, administradores públicos etc. Ayudando a cumplir las estrategias de sostenibilidad de cada empresa.
3. Estimular la demanda de edificios sostenibles demostrando a los inversores el aumento real de la rentabilidad, logrando un certificado privado que examina con independencia el nivel de rigor de la sostenibilidad que se ha generado en el edificio. Es una garantía ante el mercado.

#### 4.5.3. Proceso de la certificación

En el proceso de certificación, el cliente decide que necesita certificar su proyecto o edificio, se pone en contacto con un asesor acreditado por BREEAM y lo contrata. Este asesor hace una evaluación del tipo de proyecto que se desea, lo registra y recopila las evidencias identificadas en el manual técnico correspondiente para la fase de diseño que son especificaciones técnicas, contratos, etc. Esta fase de diseño es opcional, pero recomendable para garantizar el éxito de la certificación. Se determinan estrategias desde una fase temprana y podemos controlar los tiempos y el coste del proyecto. Se realiza un informe de evaluación de la fase de diseño y lo envía junto con las evidencias a BREEAM para que haga la verificación. Este informe se somete a un proceso de garantía y con ello logramos una certificación provisional donde se determina si el proyecto es apto o no apto.

Una vez obtenido este certificado provisional el asesor solicita un nuevo certificado de post-construcción, donde se revisa si ha habido cambios en la recopilación de evidencias para redactar un nuevo informe de evaluación de edificio terminado. Envía toda esta información a BREEAM para una nueva evaluación y así obtener la confirmación y por consiguiente el certificado final BREEAM.

**Figura 4.** Proceso de certificación BREEAM.



Fuente: Terapia Urbana (More nature in urban spaces)

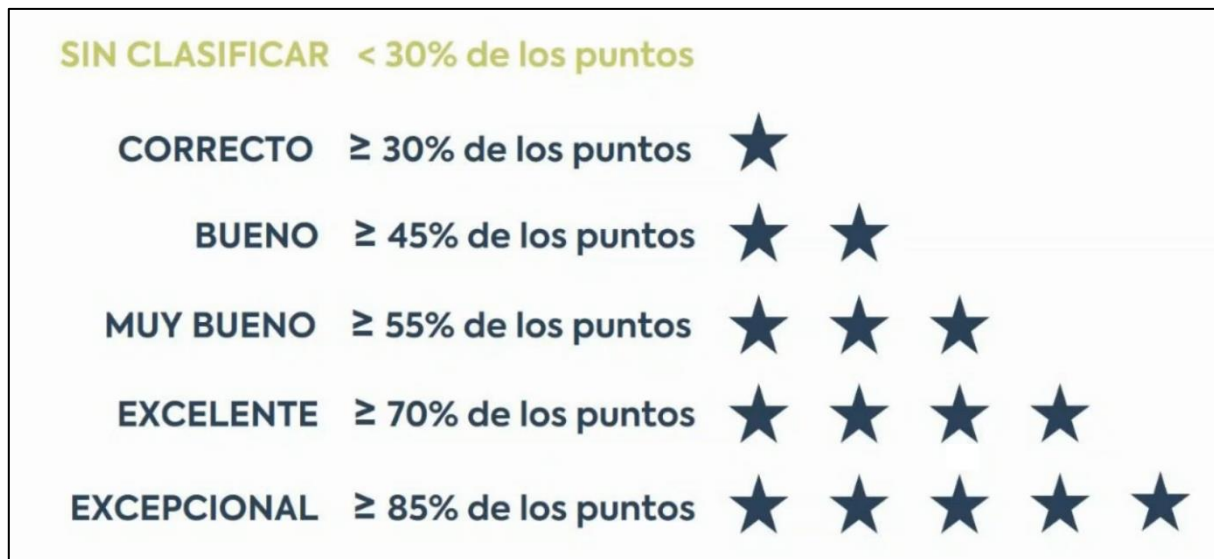
#### 4.5.4. Sistema de Clasificación

BREEAM tiene un enfoque holístico. Considera diferentes aspectos como Materiales, Transporte, Salud y Bienestar, Agua, Residuos, Uso del Suelo y Ecología, Gestión, Contaminación e Innovación que denominamos categorías ambientales.

Estas categorías se adaptan a las condiciones locales y climáticas de acuerdo con el principio de BREEAM que es “Pensar global, actuar local”. Están basadas en conocimientos científicos que aportan credibilidad para el desarrollo de proyectos sostenibles.

La clasificación de BREEAM se basa en un sistema de estrellas, tal y como se muestra en la figura 5.

**Figura 5.** Sistema de clasificación BREEAM.



Fuente: Grupo Insigne DC, 2023.

El sistema de puntuación es sencillo y flexible. La escala contempla 5 niveles. La mayoría de los proyectos obtiene una clasificación en los primeros niveles, correcto, bueno o muy bueno, pero a medida que aumenta la exigencia de sostenibilidad, el número de proyectos que alcanza un nivel excelente es menor al 10% y aproximadamente de 1 a 2% consigue un nivel excepcional. Los edificios con un nivel excepcional son prácticamente edificios de referencia para el resto del mercado porque tienen un altísimo nivel de sostenibilidad, son habitualmente edificios demostrativos.

#### 4.5.5. Sistemas de aplicación según el tipo de proyecto

Para determinar la clasificación tenemos los manuales. BREEAM cuenta con cinco:

1. BREEAM URBANISMO: Referido a nuevas urbanizaciones, regeneraciones urbanas etc.
2. BREEAM VIVIENDA: Para el ámbito doméstico, unifamiliares, plurifamiliares.
3. BREEAM ES NUEVA CONSTRUCCIÓN: No domésticos. Oficinas, comercios, hoteles, nueva rehabilitación etc.
4. BREEAM A MEDIDA: Para edificios singulares no incluidos en los esquemas 2 y 3.
5. BREEAM EN USO: Doméstico o no doméstico. Edificios ocupados y en funcionamiento.

**Figura 6.** Esquemas de clasificación BREEAM.



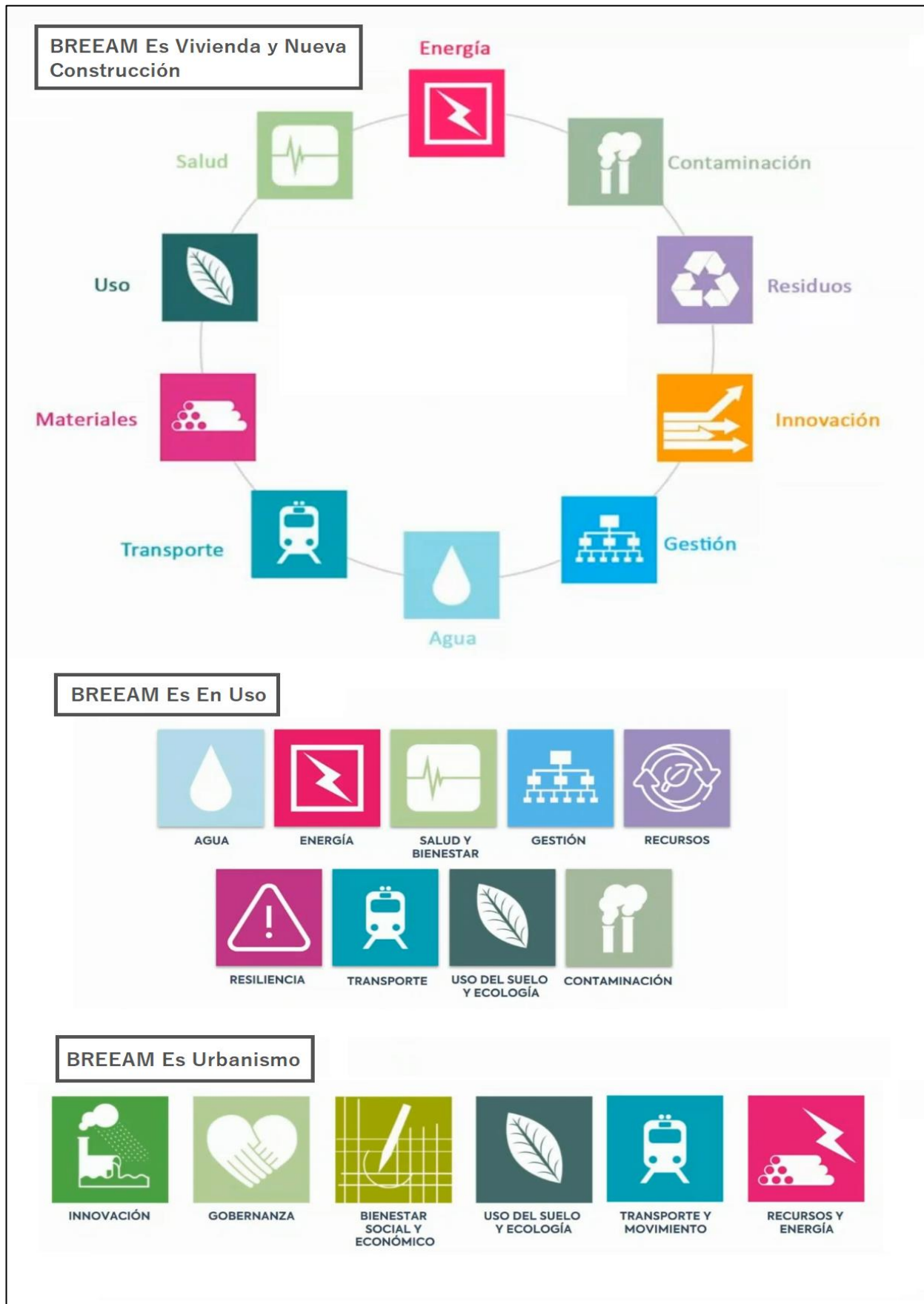
Fuente: Página web oficial de Breeam.es

Cada uno de ellos cuenta con un manual técnico que recoge las estrategias y categorías a evaluar. Estos manuales se revisan y actualizan de manera continua por BRE. Estas actualizaciones se nutren del aprendizaje de los proyectos certificados y de los cambios en la normativa aplicable.

Tenemos 10 categorías en total, mencionadas anteriormente. Dentro de cada manual técnico, tendremos las categorías y requisitos correspondientes.

El Manual Técnico BREEAM URBANISMO presenta algunas diferencias respecto al resto de esquemas de certificación. Algo similar ocurre con el Manual BREEAM en Uso. El resto de manuales aborda todas las categorías disponibles, aunque dentro de cada una de ellas se valoran requisitos de evaluación distintos. En la **Figura 7** podemos observar cómo están repartidas según su manual.

**Figura 7.** Categorías de BREEAM según su manual.



Fuente: Página web oficial de Breeam.es y elaboración propia.

Nos vamos a centrar en el manual de BREEAM Es Vivienda, por tanto, vamos a analizar cada una de estas categorías y qué requisitos se establecen para cada una de ellas, así como el sistema de puntuación asignado. Estos requisitos son los impactos específicos que BREEAM pretende abordar.

**Tabla 1:** BREEAM ES Vivienda. Categorías y requisitos de evaluación.

<b>Gestión</b>	<b>Salud y Bienestar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Gestión de proyecto</li> <li>— Coste del ciclo de vida y planificación de la vida útil</li> <li>— Prácticas de construcción responsable</li> <li>— Puesta en servicio y entrega</li> <li>— Seguimiento postocupación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Confort visual</li> <li>— Calidad del aire interior</li> <li>— Confort térmico</li> <li>— Eficiencia acústica</li> <li>— Accesibilidad</li> <li>— Peligros naturales</li> <li>— Espacio recreativo</li> <li>— Calidad del agua</li> <li>— Tratamiento sostenible de agua en piscinas</li> <li>— Seguridad</li> <li>— Viviendas inteligentes</li> </ul>
<b>Energía</b>	<b>Transporte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Eficiencia energética</li> <li>— Iluminación externa</li> <li>— Diseño bajo en carbono</li> <li>— Sistemas de transporte energéticamente eficientes</li> <li>— Equipos energéticamente eficientes</li> <li>— Espacio de secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Accesibilidad al transporte público</li> <li>— Proximidad a los servicios</li> <li>— Modos de transporte alternativos</li> <li>— Plan de movilidad</li> <li>— Oficina en casa</li> </ul>
<b>Agua</b>	<b>Materiales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Consumo de agua</li> <li>— Detección y prevención de fugas de agua</li> <li>— Equipos eficientes de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Impactos del ciclo de vida</li> <li>— Aprovechamiento responsable de productos de construcción</li> <li>— Diseño orientado a la durabilidad y resiliencia</li> <li>— Eficiencia de los materiales</li> </ul>
<b>Residuos</b>	<b>Uso del suelo y ecología</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Gestión de residuos de construcción y demolición</li> <li>— Áridos reciclados</li> <li>— Gestión de residuos domésticos</li> <li>— Adaptación al cambio climático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Selección del emplazamiento</li> <li>— Valor ecológico del emplazamiento y protección de los elementos con valor ecológico</li> <li>— Mejora de la ecología del emplazamiento</li> <li>— Impacto a largo plazo sobre la biodiversidad</li> <li>— Control de erosión</li> </ul>
<b>Contaminación</b>	<b>Innovación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Impacto de los refrigerantes</li> <li>— Emisiones de NOx locales</li> <li>— Aguas superficiales de escorrentía</li> <li>— Atenuación de ruidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Innovación</li> </ul>

Fuente: Manual BREEAM ES Vivienda.



## 4.6. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA LEED

### 4.6.1. Definición

Tal y como describe la US Green Building Council (USGBC) en el apartado “Mission and vision” de su página web: *«El desarrollo de LEED creció a partir de la formación de USGBC en 1993 por parte de tres personas: David Gottfried, Mike Italiano y Rick Fedrizzi, quienes se desempeñaron como presidente, director ejecutivo y presidente fundador de la organización. En abril de 1993, Rick Fedrizzi, David Gottfried y Mike Italiano convocaron a representantes de 60 firmas y varias organizaciones sin ánimo de lucro en la sala de juntas del Instituto Americano de Arquitectos. Fue entonces cuando se compartieron ideas para una coalición abierta y equilibrada que abarcara toda la industria de la construcción y para crear un sistema de clasificación de edificios ecológicos, que luego se convertiría en LEED»*

LEED <sup>[16]</sup> es, por tanto, una certificación que nació en EE.UU. hace más de 20 años, pero prácticamente está implementada en todo el mundo y México es uno de los países pioneros en cuanto a metros cuadrados certificados. El USGBC es un organismo no gubernamental que fue fundado en Washington DC en el año 1993 y empezó monitoreando prácticas y desempeño energético sobre algunos edificios construidos basados en arquitectura vernácula. La primera versión del sistema LEED se lanzó en el año 1998, y a partir de ahí, las versiones han ido mejorando progresivamente y se han ido ampliando los requisitos ya que cada vez es más exigente y ambicioso. Fue a partir del año 1999 cuando empezó a sistematizar todas las estrategias que habían demostrado tener un desempeño positivo.

Hay un consejo a nivel nacional en el que las empresas pueden hacerse miembro pagando una cuota anual. Aparte del USGBC tenemos al Green Business Certification Institute (GBCI) <sup>[17]</sup>, que es la parte objetiva que lleva a cabo todo el proceso administrativo. El GBCI garantiza que haya una transparencia en el proceso, quien va a realizar el trámite de solicitudes, emitir los certificados, impartir y evaluar los exámenes de acreditación, regular el programa de mantenimiento de credenciales, etc., por tanto, es un apoyo logístico muy importante.

Hay algunos documentos clave para la certificación LEED como es el Programa de Usos y Necesidades de la Propiedad (OPR) <sup>[18]</sup>, que es un programa de usos y necesidades de la propiedad, es el punto de partida de la certificación y ahí se recogen cuáles son los factores

locales en cuanto a clima, cultura, servicios, conexiones, infraestructura disponible y cuáles son los requisitos espaciales, los plazos, presupuesto, condicionantes físicos etc.

Existe un Programa de Requisitos Mínimos (MPR) <sup>[19]</sup> promovido por el USGBC en el que determina que para certificar un edificio como mínimo necesitamos que tenga al menos un ocupante, que la vivienda tenga una superficie mínima de 93 metros cuadrados etc.

#### 4.6.2. Objetivos

Los edificios con certificación LEED contribuyen a la mitigación del cambio climático de varias maneras:

1. Utilizar menos energía y agua: Existe la posibilidad de reducir el consumo de combustibles fósiles y electricidad. Los proyectos de construcción son recompensados por mejoras más eficaces en la eficiencia energética. Del mismo modo, LEED premia la reducción del uso de agua y del “carbono incorporado” utilizado para producir, mover y tratar esa agua.
2. Considerando los impactos del ciclo de vida: LEED fomenta la evaluación del ciclo de vida de materiales y productos de construcción mediante la selección de materiales sostenibles, así como la reducción del desperdicio de los mismos durante el proceso de construcción y demolición de edificios.
3. Apoyar estrategias sostenibles: Los edificios verdes proporcionan mecanismos para influir activamente en los habitantes de formas que apoyen el clima. Por ejemplo, los edificios pueden crear contar con herramientas o equipos para aumentar el compostaje y reducir los desechos de vertederos y en consecuencia su transporte.
4. Reducir la huella de carbono: LEED premia las buenas decisiones sobre la ubicación de la construcción con créditos que fomentan la conexión con el tránsito y los servicios, así como la conservación y creación de áreas y cubiertas con vegetación natural.

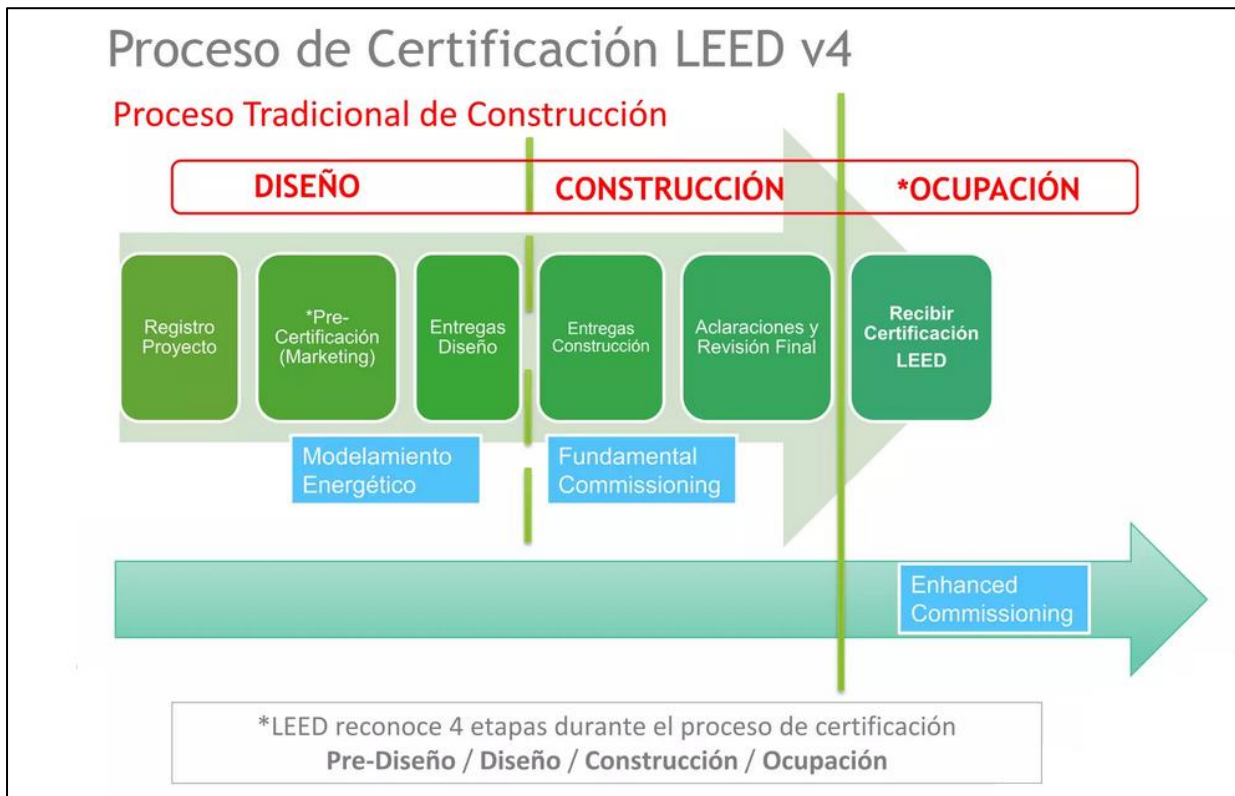
Los proyectos LEED que alcanzan el más alto nivel de sostenibilidad obtienen un reconocimiento adicional de certificación LEED Zero Carbon, que reconoce edificios que funcionan con cero emisiones netas de carbono durante 12 meses. Además de la mitigación, la adaptación de los edificios para que sean más resilientes es una parte fundamental del trabajo que se está realizando en la construcción ecológica.

---

#### 4.6.3. Proceso de la certificación

Hay seis claves en el proceso de certificación de un edificio. El primer paso es registrar el proyecto. Inmediatamente se obtiene un número de registro y el edificio pasa a ser candidato a LEED. Todo se sube a una plataforma, que es el sistema del LEED online y el administrador del proyecto puede dar permisos a otros miembros del equipo para que ellos también puedan acceder a la documentación y rellenar las plantillas.

**Figura 8.** Proceso de Certificación LEED.



Fuente: Presentación de Rainiero León, Miembro del LEED International Roundtable GBC (2016).

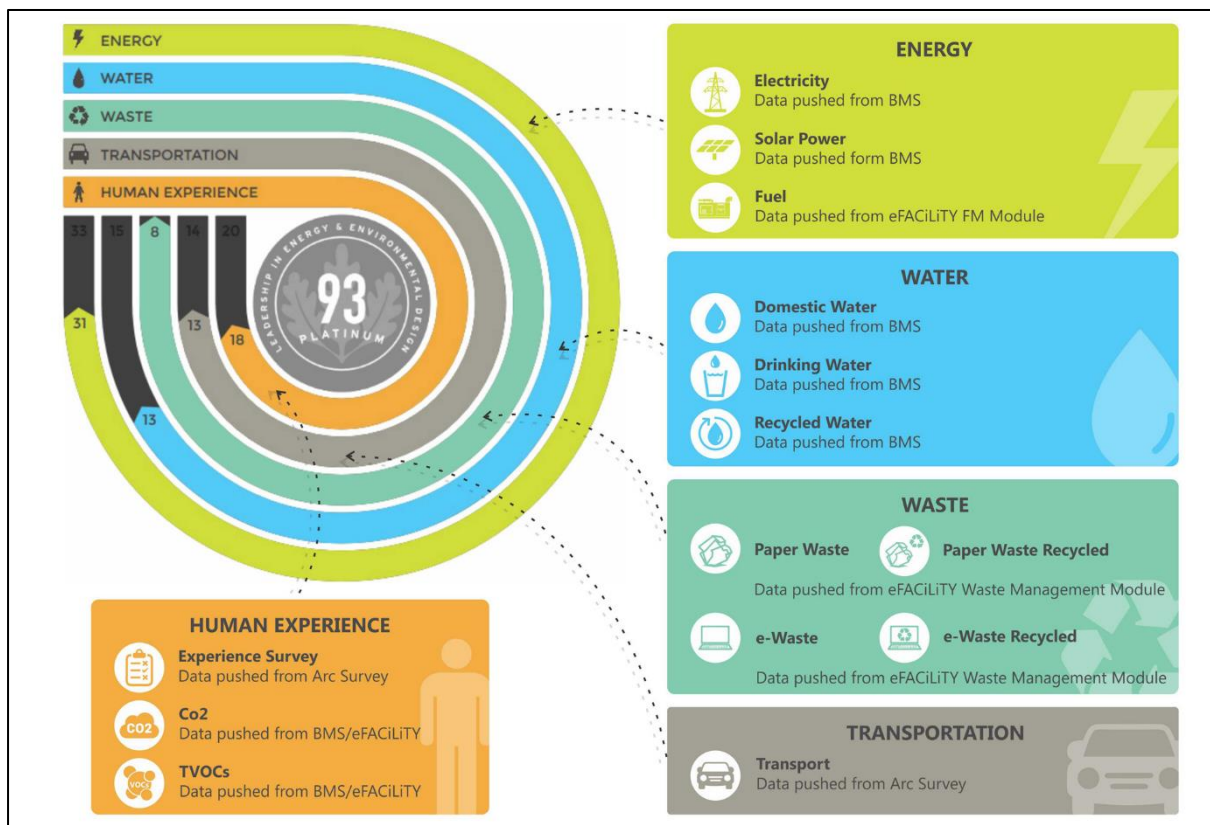
Para preparar la solicitud es importante tener presente cuál es el nivel de certificación al que se quiere aspirar en función de los créditos que se implementan y descargar todas las plantillas que hay para documentar cada uno de los créditos. Una vez que ya están documentados todos los créditos que queremos que nos evalúen, lo subimos a la plataforma para que lo revise el personal del USGBC.

Existen dos vías a elegir para hacer la evaluación del proyecto: la primera es una revisión única y combinada y la segunda es por fases. La revisión por fases tiene un coste más elevado, pero garantiza mejor calificación ya que desde las fases iniciales de proyecto se están analizando factores que influyen en la puntuación y se permite corregirlos. Todo el proceso es electrónico.

Una vez finalizado el proceso y obtenido el certificado se procede a comprar la placa LEED correspondiente a nuestro certificado obtenido, que puede ser metálica o de vidrio. Esta placa se pone en un lugar visible del edificio.

Existe una placa dinámica, que es un sistema digital que nos permite ver cómo está siendo el desempeño del edificio. Podemos ver en tiempo real cuánta energía se está consumiendo y generando, el consumo o ahorro de agua, la gestión de residuos, uso de transporte etc.

**Figura 9.** Panel digital LEED ARC.



Fuente: Best Green Buildings in the World ARC Display, de eFACILITY.

#### 4.6.4. Sistema de clasificación

Los puntos que se pueden conseguir dependen de las estrategias que se implementan en el edificio, tal y como indica la Figura 11. Tenemos cuatro niveles diferentes a alcanzar. Se puede obtener un máximo de 100 puntos más 10 de bonus. A partir de 40 puntos ya tendríamos certificado LEED, a partir de 50 puntos estaríamos en un LEED plata, a partir de 60 sería el LEED oro y para platino 80 o más puntos.

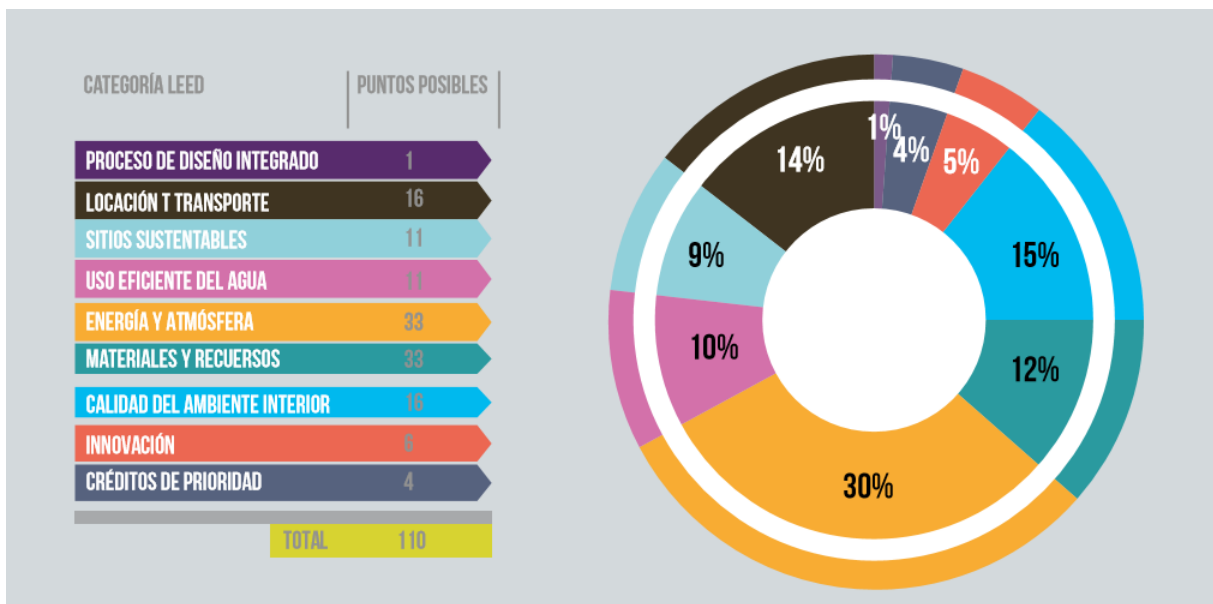
**Figura 10.** Certificados LEED según puntuación.



Fuente: Certificados LEED, USGBC.

Esta puntuación está repartida en las distintas categorías que aborda LEED. A continuación, se adjunta una imagen con todas las categorías hasta el momento y su posible puntuación:

**Figura 11.** Categorías LEED y puntos posibles.



Fuente: ISOVER Saint Gobain Sostenibilidad.

Hay unos prerrequisitos para cada categoría que serán obligatorios, y por tanto no confieren punto. Las categorías de innovación y créditos de prioridad regional nos sirven para conseguir diez puntos de bonus para sumar hasta un máximo de 110.

La categoría que más puntos confiere es energía y atmósfera que se pueden lograr hasta 33 puntos del total de 100. Si el edificio está bien ubicado y tenemos un buen desempeño energético, que se logra con un buen diseño pasivo o bioclimático, prácticamente tendríamos asegurado un nivel certificado, sin necesidad de hacer ninguna inversión adicional.

Muchos de los créditos LEED se refieren a los estándares emitidos por el ASHRAE [20], que es la asociación americana de ingenieros de aire acondicionado, calefacción y sistemas mecánicos.

No va a haber cambios sustanciales en cuanto a la división de categorías. Detrás del sistema LEED, que está en permanente revisión y actualización, hay unos grupos consejeros técnicos que avalan que todo tiene una base científica, las estrategias propuestas no son por intereses comerciales, sino que tienen beneficios demostrados, sociales, ambientales y económicos.

#### 4.6.5. Sistemas de aplicación según el tipo de proyecto

Tenemos cinco sistemas para certificar LEED.

1. El primero de ellos es para cualquier tipología de Nueva Planta o Gran Remodelación denominado Building Design + Construction (BD+C). Dentro de este sistema podemos encontrar subsistemas que gestionan edificios de nueva construcción, educativos, sanitarios, comercial etc.
2. El siguiente está más enfocado a la implantación de interiores, nuevos o remodelados, llamado Interior Design + Construction (ID+C). Abarca interiores de oficinas, residenciales, comerciales y hospedaje.
3. Para edificios ya existentes tanto en su interior como su exterior tenemos el sistema de operación y mantenimiento de edificios (O+M).
4. Si queremos clasificar viviendas unifamiliares o multifamiliares tendremos que regirnos por el sistema Residencial.
5. Para cualquier tipología de desarrollo urbano tenemos Ciudades y Comunidades (CC).

Desde las fases iniciales del proyecto hasta que se acaba la ejecución y se lanza el proyecto a operaciones, hay reuniones constantes de todo el equipo donde se van analizando y evaluando las posibles soluciones. La figura clave en todo proyecto LEED es el constructor o contratista con el que conviene tener una buena relación ya que son los que facilitan los documentos que sirven para poder documentar algunos créditos.

---

Dependiendo del programa del edificio y de la fase en la que está, podemos optar por distintos sistemas, el más común va a ser el BD+C que hace referencia al proyecto.

**Figura 12.** Sistemas de clasificación LEED.



Fuente: Spain Green Building Center.

La certificación LEED tiene un trasfondo basado en la teoría de sistemas, cada uno de esos sistemas tienen diversas funciones, pero todos tienen un objetivo común. Esta teoría de sistemas analiza los impactos positivos y negativos de cada objetivo para hacer un balance de fortalezas y debilidades en cada decisión del proyecto.

Para LEED, es importante que sepamos que un proyecto no es un proyecto aislado, sino que siempre va a estar en un contexto y va a haber unas interacciones con ese contexto. Un equipo integrado de proyecto ve más allá de la solución inmediata o parcial y trata de dar una solución con una visión más a largo plazo. La meta de la teoría de sistemas es ofrecer soluciones prácticas y sustentables a los proyectos y comunidades en las que se implanta ya que generalmente hay un impacto mutuo.

No tiene sentido hablar de sostenibilidad si luego no hay una la viabilidad económica detrás. La sostenibilidad tiene que incorporar lo que son las tres P's: People, Profit and Planet (Triple bottom line). Este informe es clave para establecer metas. En cada proyecto va a ser distinto, ya que unas estrategias tienen sentido en un proyecto, pero no en otro y sirve para realizar un seguimiento. Trata acerca de variables sociales relacionadas con la comunidad, la educación, la equidad, los recursos sociales, la salud, el bienestar y la calidad de vida de las personas. Variables ambientales relacionadas con los recursos naturales, la calidad del agua y del aire, la conservación de la energía y el uso de la tierra del planeta y variables económicas relacionadas con el resultado final y el flujo de caja.

**Figura 13.** Triple Bottom Line LEED.



Fuente: Hervé Houdré, Sustainability Consulting.



## 4.7. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA PASSIVHAUS

### 4.7.1. Definición

Passivhaus [21], también conocido como Casa Pasiva, es un estándar de construcción que se originó en Alemania a finales de los años 80. El concepto fue desarrollado por el Dr. Wolfgang Feist y Bo Adamson, quienes buscaban una manera de reducir el consumo de energía en los edificios mientras se mantenía un alto nivel de confort para los ocupantes. El primer edificio Passivhaus fue construido en Darmstadt, Alemania en 1991. El estándar Passivhaus ha sido adoptado en todo el mundo, con más de 80.000 edificios certificados hasta 2021.

La construcción inicial de "casas pasivas" estuvo fuertemente influenciada por el trabajo de los constructores norteamericanos en la década de 1970, que intentaron construir casas que usaran una energía mínima o nula como respuesta al embargo petrolero. Las grandes ventanas colectoras de energía solar utilizan el sol como fuente de calor y, a menudo, se presentan en estos diseños. Sin embargo, como se vio en Leger House y Saskatchewan Conservation House en Pepperell, MA (1977), el superaislamiento triunfó (1977). La Casa de Conservación de Saskatchewan es un proyecto del Consejo de Investigación de Saskatchewan (SRC), que desarrolló el intercambiador de aire de recuperación de calor (HRV) del edificio, la recuperación de agua caliente y los dispositivos de soplado de puertas para medir la hermeticidad del edificio. En particular, la casa fue construida para el duro clima de la pradera canadiense -40C a +40C.

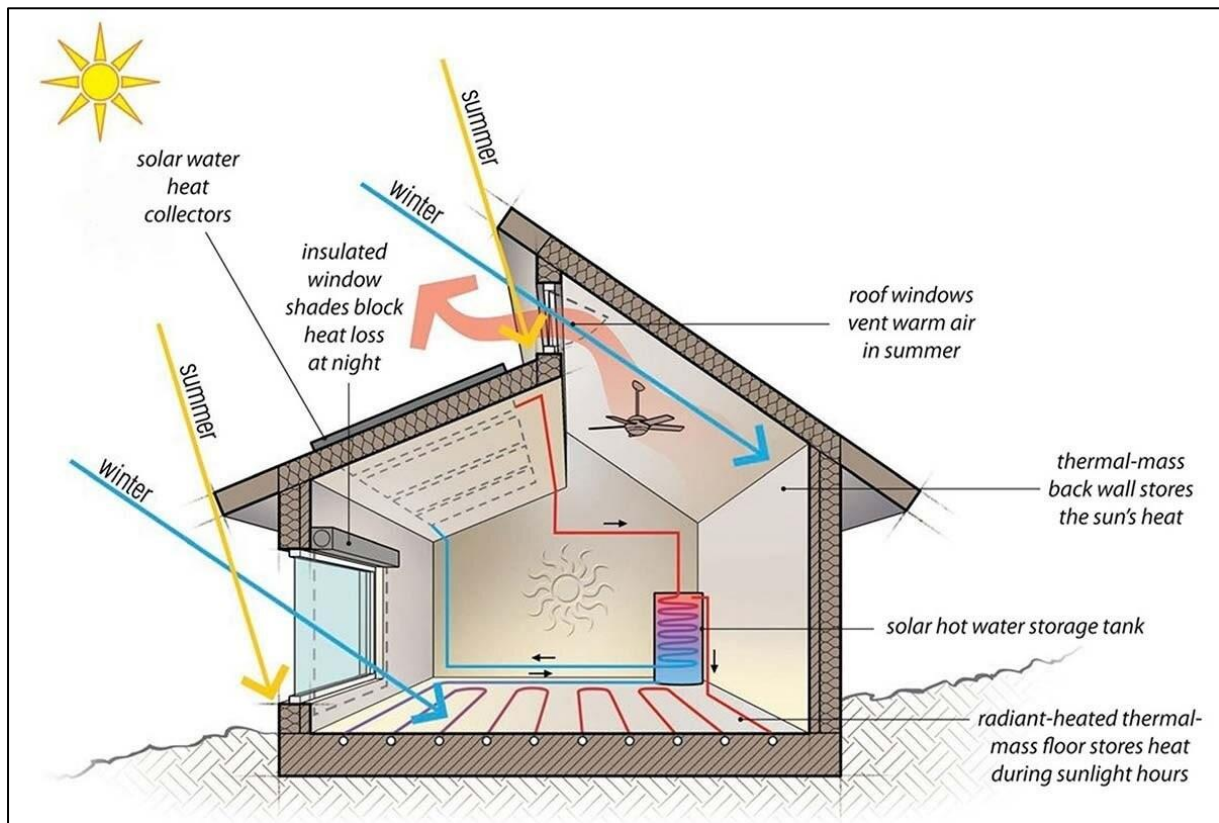
Si bien algunos métodos y herramientas, como el superaislamiento, se crearon específicamente para el estándar de "casa pasiva", la idea del diseño de edificios solares pasivos ha existido desde la antigüedad. Además de las casas construidas con los estrictos estándares energéticos de Suecia y Dinamarca, hay edificios más antiguos que cumplen con los requisitos de construcción energéticamente eficientes, en particular el estándar alemán Niedrigenergiehaus (viviendas de bajo consumo energético).

---

#### 4.7.2. Objetivos

El objetivo principal del Passivhaus es crear edificios altamente eficientes en energía que requieran muy poco consumo de energía para la calefacción y refrigeración. Esto se logra a través de un diseño y construcción cuidadosos que incluyen una alta calidad de aislamiento, construcción hermética y sistemas de ventilación eficientes. El estándar Passivhaus también tiene como objetivo proporcionar un ambiente interior saludable y cómodo, con una calidad del aire interior de alta calidad y una temperatura interior estable.

**Figura 14.** Esquema general de estándar Passivhaus.

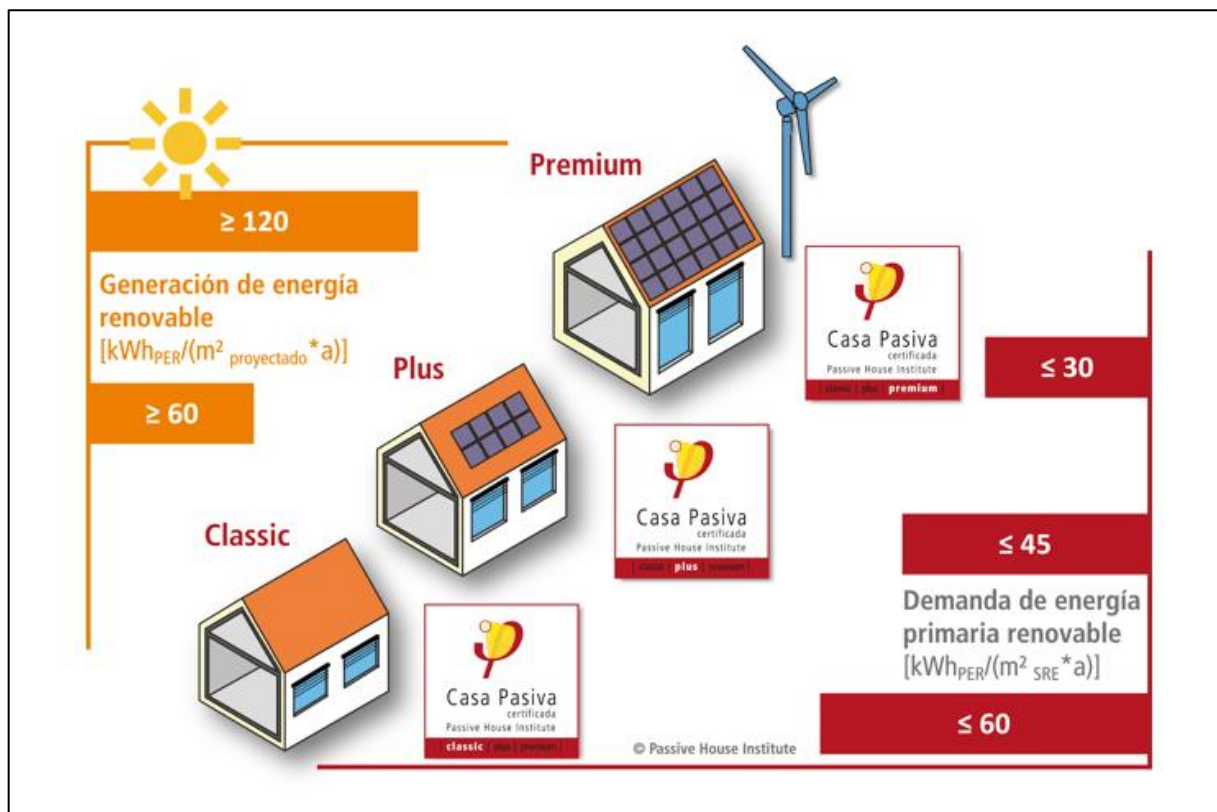


Fuente: Architectural Community, Rethinking the Future.

#### 4.7.3. Criterios de evaluación

La certificación Passivhaus se divide en tres categorías: Classic, Plus y Premium. La certificación Classic no requiere ninguna generación de energía renovable. Para lograr la certificación Plus, el edificio debe producir al menos 60 kWh/m<sup>2</sup>·a de energía renovable, que suele ser igual o superior al consumo de energía del edificio. La certificación premium, por otro lado, requiere al menos 120 kWh/m<sup>2</sup>·a de generación de energía renovable, que suele ser 4-5 veces mayor que el consumo de energía del edificio. La Figura 16 ilustra esta distinción. Este enfoque tiene la ventaja de reducir la demanda de energía del edificio antes de considerar la necesidad de generación de energía renovable.

**Figura 15:** Clases de certificación Passivhaus.



Fuente: Passive House Institute 2016.

En caso de que no se cumplan las condiciones antes mencionadas, un edificio puede ser certificado como Passivhaus de Baja Demanda Energética cumpliendo los criterios descritos en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Criterios de certificación Passivhaus Baja Demanda.

			Criterios <sup>1</sup>	Criterios alternativos <sup>2</sup>
<b>Calefacción</b>				
Demanda de calefacción	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	30	
<b>Refrigeración</b>				
Demanda refrigeración + deshum.	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	Requisito Casa Pasiva <sup>3</sup> + 15	
<b>Hermeticidad</b>				
Resultado ensayo de presión n <sub>50</sub>	[1/h]	≤	1,0	
<b>Energía primaria renovable (PER)<sup>4</sup></b>				
Demanda PER <sup>5</sup>	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	75	Se permite exceder hasta +15 kWh/(m <sup>2</sup> a) ... ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación
Generación de energía renovable <sup>6</sup> (con referencia a la huella proyectada del edificio)	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≥	-	

Fuente: Passive House Institute 2016.

El sello EnerPHit ofrece dos vías de certificación para la rehabilitación de edificios existentes:

- EnerPHit por Demandas: prestacional, Tabla 3.
- EnerPHit por Componentes: prescriptivo, Tabla 4.

Para cumplir con ambos requisitos, se debe realizar un ensayo para confirmar la hermeticidad de la estructura. El resultado para esta prueba debe ser un valor n<sub>50</sub> menor o igual a 1,0/h. El estándar EnerPHit también cuenta con las 3 posibles certificaciones Classic, Plus y Premium.

**Tabla 3:** Criterios de certificación EnerPHit por Demandas.

Zona climática de acuerdo al PHPP	Calefacción	Refrigeración
	Demanda de calefacción máxima [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Demanda de refrigeración + deshumidificación máxima [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Polar	35	igual al requerimiento para Casa Pasiva
Frío	30	
Frío - templado	25	
Cálido - templado	20	
Cálido	15	
Caluroso	-	
Muy caluroso	-	

Fuente: Passive House Institute 2016.

Para cumplir con la demanda límite total de refrigeración (que incluye tanto la refrigeración sensible como la deshumidificación) calculada con el PHPP, se deben emplear sistemas de refrigeración activa que sean capaces de mantener el confort de acuerdo con la norma ISO 7730 [22], con una temperatura de funcionamiento igual o inferior a 25 °C. Además, es fundamental que los niveles de humedad interior se mantengan por debajo de los 12 g/kg de aire seco durante no más del 10 % de las horas del año.

En cambio, para cumplir con la frecuencia límite de sobrecalentamiento, que se calcula mediante el PHPP, y garantizar que la temperatura interna de funcionamiento no supere los 25 °C, se debe instalar un sistema de refrigeración pasiva que limite el número de horas al año con temperaturas elevadas a no más de 10%.

**Tabla 4:** Criterios de certificación EnerPHit por Componentes.

Zona climática de acuerdo al PHPP	Envolvente opaca <sup>1</sup> respecto al...				Ventanas (incluyendo puertas exteriores)			Ventilación			
	...terreno	...aire exterior			En conjunto <sup>4</sup>	Acristalamiento <sup>5</sup>	Carga solar <sup>6</sup>			Indice recup. de calor mínimo <sup>7</sup>	Indice recup. de humedad mínimo <sup>8</sup>
	Aislamiento	Aislam. exterior	Aislam. interior <sup>2</sup>	Pintura exterior <sup>3</sup>	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (U <sub>PV, instalada</sub> )	Coeficiente de ganancias solares (valor-g)	Carga solar específica máxima durante el periodo de refrigeración				
	Coeficiente de transmitancia térmica máximo (valor-U)			Cool colours							
		[W/(m²K)]		-	[W/(m²K)]	-	[kWh/m²a]	%			
Polar	Determinado específicamente en el PHPP para cada proyecto mediante los grados-día para calefacción y refrigeración respecto al terreno.	0,09	0,25	-	0,45	0,50	0,60	U <sub>g</sub> - g*0,7 ≤ 0	100	80%	-
Frio		0,12	0,30	-	0,65	0,70	0,80	U <sub>g</sub> - g*1,0 ≤ 0		80%	-
Frio - templado		0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10	U <sub>g</sub> - g*1,6 ≤ 0		75%	-
Cálido - templado		0,30	0,50	-	1,05	1,10	1,20	U <sub>g</sub> - g*2,8 ≤ -1		75%	-
Cálido		0,50	0,75	-	1,25	1,30	1,40	-		-	-
Caluroso		0,50	0,75	si	1,25	1,30	1,40	-		-	60 % (climas húmedos)
Muy caluroso		0,25	0,45	si	1,05	1,10	1,20	-		-	60 % (climas húmedos)

Fuente: Passive House Institute 2016.

No se debe pasar por alto que cualquiera de los meses de verano les corresponde 876 horas, esto supone el 10% de las horas de un año en el caso de la refrigeración pasiva. Por lo tanto, se recomienda mantener una frecuencia de sobrecalentamiento de no más del 5 % incluso si el edificio está certificado para un 10 %, como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Clasificación de la frecuencia de sobrecalentamiento.

<b>H<sub>25°C</sub></b>	<b>Clasificación</b>
<b>&gt; 15 %</b>	<b>Catastrófico</b>
<b>10 – 15 %</b>	<b>Malo</b>
<b>5 – 10 %</b>	<b>Aceptable</b>
<b>2 – 5 %</b>	<b>Bueno</b>
<b>0 – 2%</b>	<b>Excelente</b>

Fuente: adaptado de Jessica Grove-Smith, Passive House Institute.

El estándar Passivhaus, que se aplica a las nuevas construcciones, se basa en el rendimiento más que en los valores de transmisión térmica de los componentes de construcción. En cambio, restringe el consumo y la demanda de energía, calculados utilizando la herramienta PHPP. Además, el nivel de infiltración de aire no puede superar las 0,6 renovaciones por hora a una diferencia de presión de 50 Pascales según un ensayo conocido como el test "Blower Door".

**Tabla 6:** Criterios de certificación Passivhaus para obra nueva.

				<b>Criterios<sup>1</sup></b>	<b>Criterios alternativos<sup>2</sup></b>
<b>Calefacción</b>					
Demanda de calefacción	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	15	-	
Carga de calefacción <sup>3</sup>	[W/m <sup>2</sup> ]	≤	-	10	
<b>Refrigeración</b>					
Demanda refrigeración + deshum.	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	15 + contribución deshumidificación <sup>4</sup>	valor límite variable <sup>5</sup>	
Carga de refrigeración <sup>6</sup>	[W/m <sup>2</sup> ]	≤	-	10	
<b>Hermeticidad</b>					
Resultado ensayo de presión n <sub>50</sub>	[1/h]	≤	0,6		
<b>Energía Primaria Renovable (PER)<sup>7</sup></b>					
			Classic	Plus	Premium
Demanda PER <sup>8</sup>	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤	60	45	30
Generación de energía renovable <sup>9</sup> (con referencia a la huella proyectada del edificio)	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≥	-	60	120
				±15 kWh/(m <sup>2</sup> a) desviación respecto a los criterios... ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación	

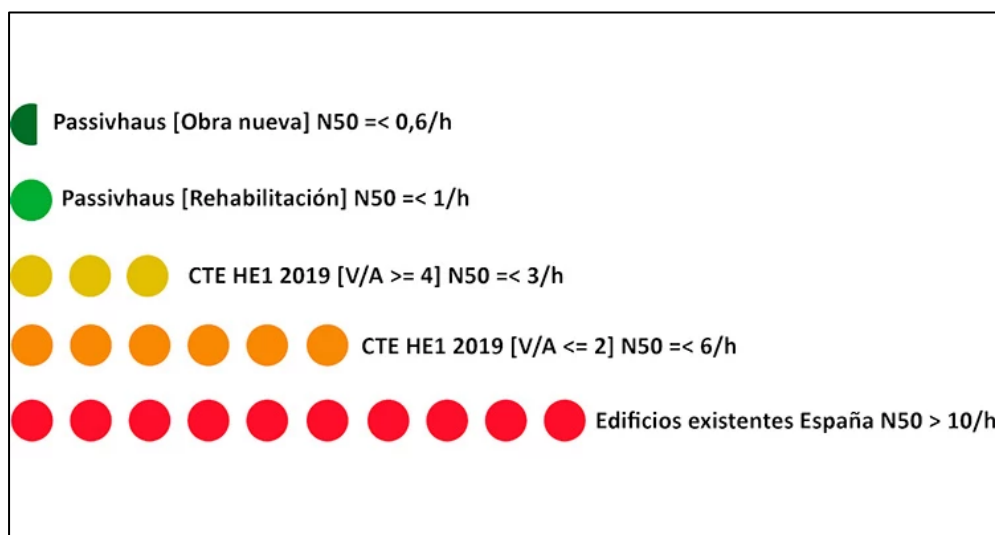
Fuente: Passive House Institute 2016.

Cuando un edificio carece de un sistema de enfriamiento activo, es esencial considerar la posibilidad de un comportamiento NO óptimo del usuario, como puede ser no aplicar la protección solar o no abrir las ventanas para la ventilación nocturna. Las personas suelen cerrar las persianas antes de acostarse para evitar que el sol de la mañana o el ruido si viven en áreas urbanas las despierte. Estas actuaciones reducen el caudal de ventilación natural nocturna y, en consecuencia, la capacidad del edificio para extraer calor por este medio.

El test "Blower Door" se realiza in-situ y mide la extensión de la infiltración de aire mediante el uso de equipos especializados para presurizar o despresurizar el edificio conforme a la norma UNE-EN 13829 [23]. Para garantizar que la calidad del aire en el interior de un edificio sea buena y que se eliminen tanto la humedad como los contaminantes generados en el interior, la ventilación controlada debe acompañar siempre a la estanqueidad.

En edificios ya construidos, la tasa de infiltración suele estar en torno a  $n_{50} \sim 10/h$ . Sin embargo, un Passivhaus certificado tiene una medición  $n_{50}$  increíblemente baja de  $\leq 0,6/h$ . En la actualización más reciente del CTE, el nivel de infiltración permisible se restringe a un rango entre  $n_{50}$  3/h y 6/h, dependiendo del nivel de compacidad que presente el edificio, como se muestra en la Figura 10.

**Figura 16:** Nivel de infiltraciones requerido para Passivhaus, CTE y edificios existentes.

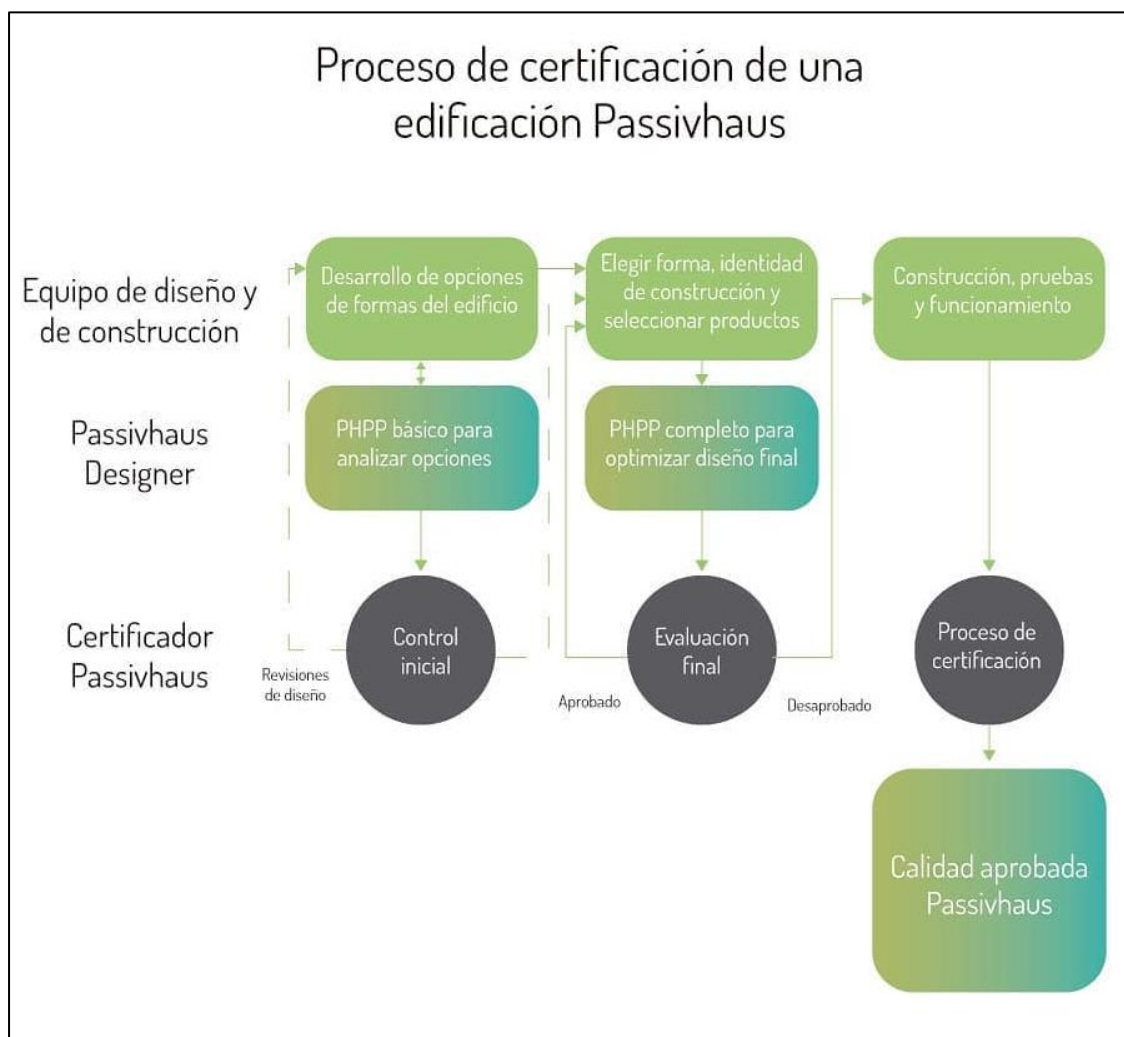


Fuente: Passive House Institute 2016.

#### 4.7.4. Proceso de certificación

El proceso de certificación y auditoría de Passivhaus comienza durante la fase de proyecto y concluye al final de la obra, y es realizado por una entidad homologada por Passivhaus Institute. Como agente externo al proyecto, el certificador valida que el proyecto cumpla con los estándares requeridos y que el trabajo se haya ejecutado según lo planificado, demostrado mediante un modelado preciso en la herramienta PHPP. Debe presentar los planos arquitectónicos y de instalación, evidencias fotográficas de todos los elementos relacionados con la energía y la estanqueidad, el certificado final de la prueba de Blower Door, los resultados de la puesta en marcha del sistema de ventilación y una carta firmada del técnico responsable en el Departamento de Ejecución afirmando que el trabajo se hizo de acuerdo con el proyecto. La Figura 17 muestra un resumen del proceso de certificación en Passivhaus.

**Figura 17.** Proceso de certificación Passivhaus.



Fuente: Passivhaustrust.



## 4.8. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Según la Guía de Aplicación DB HE 2019 (Versión junio 2022) [4], la estrategia a largo plazo de la Unión Europea para 2050 establece un plan para lograr una economía baja en carbono mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, con el objetivo específico de reducir las emisiones del sector de la construcción en un 90 % para 2050 en comparación con los niveles de 1990.

De acuerdo con la Directiva de Eficiencia Energética, los edificios deben alcanzar los niveles de eficiencia más rentables. Esto significa que se debe lograr el nivel óptimo de eficiencia a un menor costo, teniendo en cuenta la inversión inicial, así como los gastos incurridos a lo largo de la vida del edificio.

La última revisión del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del CTE avanza significativamente hacia la definición de edificios de consumo casi nulo (EECN) como aquellos que poseen niveles excepcionalmente altos de eficiencia energética. Según esta definición, se puede afirmar que los edificios residenciales no deben superar un consumo anual de 60 kWh/m<sup>2</sup> en energía primaria total o 30 kWh/m<sup>2</sup> en energía primaria no renovable.

En cumplimiento de la normativa DB-HE, las edificaciones están obligadas a priorizar la reducción del consumo energético, lo que debe lograrse principalmente mediante la utilización de fuentes de energía renovables, con el fin de combatir el cambio climático y disminuir la dependencia e intensidad energética del país. Esto se aborda:

1. Limitando las necesidades totales de energía del edificio ( $C_{ep,tot}$ )
2. Limitando el consumo de energía procedente de fuentes no renovables ( $C_{ep,nren}$ )

### 4.8.1. HE0

La sección HE0 limita la cantidad de energía que consumen los edificios teniendo en cuenta varios factores, como la zona climática en invierno, la ubicación del edificio, la función del edificio y el alcance de las alteraciones realizadas en sus estructuras. Los valores límite de los indicadores  $C_{ep,nren}$  y  $C_{ep,tot}$  están determinados por el grado de intervención y uso, y deben ceñirse a los límites máximos establecidos para cada zona con uso variable (sin posibilidad de obtener un valor medio por equilibrio entre usos) tal y como describe en la Tabla 7.

---

**Tabla 7.** Consumo de energías primarias.

3.1 Consumo de energía primaria no renovable:

Tabla 3.1.a - HE0  
Valor límite  $C_{ep,nren,lim}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

3.2 Consumo de energía primaria total:

Tabla 3.2.a - HE0  
Valor límite  $C_{ep,tot,lim}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

La energía que finalmente utilizan los sistemas técnicos de un edificio para satisfacer sus demandas energéticas se denomina energía final. Por lo tanto, el consumo de energía final requerido está directamente relacionado con la demanda de energía útil que debe satisfacerse, así como con la eficiencia del sistema utilizado para satisfacer esa demanda.

Relación entre las necesidades de energía, el clima. Los niveles de carga interna son 4:

**Tabla 8.** Niveles de carga interna.

Nivel de carga interna	Carga interna media, $C_{Fi}$ [W/m <sup>2</sup> ]
Baja	$C_{Fi} < 6$
Media	$6 \leq C_{Fi} < 9$
Alta	$9 \leq C_{Fi} < 12$
Muy alta	$12 \leq C_{Fi}$

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

De acuerdo con esto, es poco probable que los edificios tengan cargas altas o muy altas ( $C_{FI} > 9 \text{ W/m}^2$ ), y el nivel de carga interna promedio para propiedades residenciales se mantiene constante, ya que el perfil residencial único se encuentra dentro del nivel bajo de aproximadamente  $4 \text{ W/m}^2$ .

#### 4.8.2. HE1

Para lograr condiciones confortables en línea con su propósito previsto y el clima de su entorno, el HE1 necesita una estructura que demande la mínima energía. Un resultado óptimo requiere una consideración previa de varios factores durante la fase de diseño, incluida la orientación y la compacidad del edificio, así como la proporción y la protección solar de los huecos.

**Tabla 9.** Valores límite para uso residencial privado.

Tabla 3.1.1.b - HE1 Valor límite $K_{lim}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ] para uso residencial privado							
	Compacidad		Zona climática de invierno				
	V/A [ $\text{m}^3/\text{m}^2$ ]	$\alpha$	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la <i>envolvente térmica</i> final del edificio	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

La eficiencia de la envolvente térmica depende de la integración de las características de sus elementos constituyentes, sus proporciones y la mitigación de los puentes térmicos. Esto se debe a que la transmitancia global de la envolvente térmica ( $K$ ) es responsable de asegurar el mínimo intercambio de calor entre el volumen habitable protegido y el ambiente externo, contabilizando su superficie de intercambio de calor.

Sólo se aplicarán valores límite para las ampliaciones si la superficie o el volumen construido aumenta en más del 10%.

**Tabla 10.** Valores límite para uso distinto del residencial privado.

	Compacidad V/A [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	$\alpha$	Zona climática de invierno					
			A	B	C	D	E	
Edificios nuevos.								
Ampliaciones.	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43	
Cambios de uso.								
Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la <i>envolvente térmica</i> final del edificio	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59	

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

La transmitancia de la envolvente térmica a escala global (K) es un reflejo de todo el edificio, pero se construye a partir de la distinción de cada componente. Cada componente, a su vez, debe cumplir con las transmitancias térmicas límite ( $U_{lim}$ ) especificadas como se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Valores límite de transmitancia térmica.

Elemento	$\alpha$	Zona climática de invierno				
		A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior ( $U_s, U_M$ )	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior ( $U_c$ )	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno ( $U_T$ )	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica ( $U_{MD}$ )						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) ( $U_H$ )*	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%			5,7			

\*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de  $U_H$  en un 50%.

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

Para mantener la calidad de la envolvente térmica de los espacios del edificio y evitar desequilibrios, existen límites sobre la cantidad de calor que se puede transmitir. Estos límites son esenciales para garantizar un nivel mínimo de calidad, pero es importante tener en cuenta que el cumplimiento parcial de cada elemento no es suficiente para garantizar el cumplimiento general del edificio. Esto se debe a que la transmitancia global de la envolvente térmica "K", es el último factor limitante.

### 3.2 Control solar ( $q_{sol;jul}$ )

El objetivo principal de este parámetro es garantizar la regulación eficaz de las ganancias solares durante la temporada de verano mitigando el exceso de radiación solar sobre la superficie acondicionada. Esto se logra mediante la evaluación de la capacidad del edificio para protegerse contra los rayos del sol y evitar el sobrecalentamiento durante la temporada de enfriamiento.

**Tabla 12.** Valor límite del parámetro de control solar.

Tabla 3.1.2-HE1 Valor límite del parámetro de control solar, $q_{sol;jul,lim}$ [kWh/m <sup>2</sup> ·mes]	
Uso	$q_{sol;jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

### 3.3. Permeabilidad de la envolvente térmica ( $n_{50}$ )

La permeabilidad es la cantidad de aire que pasa a través de los recintos cuando hay una diferencia determinada de presión entre el interior y el exterior. Para mantener una adecuada estanqueidad al aire, los diseños constructivos y la ejecución de los elementos de la envolvente térmica deben ser minuciosos. Es fundamental prestar especial atención a las uniones entre las secciones opacas y los orificios, así como los puntos de acceso, como las puertas que atraviesan la envolvente térmica, y los que conducen a zonas no acondicionadas. Se han establecido dos parámetros de cumplimiento para garantizar un rendimiento óptimo.

La permeabilidad al aire de los huecos ( $Q_{100}$ ) juega un papel crucial tanto en edificios nuevos como existentes, afectando a todos los huecos y elementos relacionados según indica la Tabla 13.

**Tabla 13.** Valor límite de la permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica.

Tabla 3.1.3.a-HE1 Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica, $Q_{100,lim} [m^3/h \cdot m^2]$						
	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ( $Q_{100,lim}$ )*	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 27$	$\leq 9$	$\leq 9$	$\leq 9$

\* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa,  $Q_{100}$ .

Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ( $\leq 27 m^3/h \cdot m^2$ ) y clase 3 ( $\leq 9 m^3/h \cdot m^2$ ) de la UNE-EN 12207:2017.

La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

- La permeabilidad al aire de toda la envolvente térmica ( $n_{50}$ ) que es exigible solo a la edificación residencial privada nueva con una superficie útil total superior a  $120m^2$  según se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa.

Tabla 3.1.3.b-HE1 Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa, $n_{50} [h^{-1}]$	
Compacidad V/A [ $m^3/m^2$ ]	$n_{50}$
V/A $\leq 2$	6
V/A $\geq 4$	3

Los valores límite de las compacidades intermedias ( $2 < V/A < 4$ ) se obtienen por interpolación.

El cálculo de estos valores de compacidad se realiza de una manera diferente al del cálculo para el valor límite de K, tal y como se comenta en el apartado 4.5 de esta guía, puesto que el volumen considerado es del aire interior del edificio y solo se tienen en cuenta las superficies en contacto con el aire exterior.

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

El  $n_{50}$  puede calcularse de dos maneras:

- Por determinación de la estanqueidad al aire de los edificios mediante ensayos de “puerta soplante” según el método B de la norma UNE-EN ISO 13829:2002 [24]. Esto implica presurizar el edificio con un ventilador. Es importante señalar que la norma actual será revisada en el futuro DB-HE a la UNE-EN ISO 9972:2019 [25].
- A través de la fórmula simplificada establecida en el Anexo H del DB-HE.

Limitación de descompensaciones

Con el fin de minimizar las pérdidas de calor entre las diferentes unidades de uso, la siguiente tabla muestra las transmitancias mínimas requeridas para las particiones interiores (Tabla 15).

**Tabla 15.** Transmitancia térmica límite de particiones interiores.

Tabla 3.2 - HE1 Transmitancia térmica límite de particiones interiores, $U_{lim}$ [W/m <sup>2</sup> K]		Zona climática de invierno					
Tipo de elemento		$\alpha$	A	B	C	D	E
Entre unidades del mismo uso	Particiones horizontales	1,90	1,80	1,55	1,35	1,20	1,00
	Particiones verticales	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,00
Entre unidades de distinto uso Entre unidades de uso y zonas comunes	Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Fuente: Guía de aplicación: DB-HE 2019

#### 4.8.3. HE2

El objetivo de este apartado es optimizar el diseño y aprovechamiento de las instalaciones térmicas, destacando la importancia de mantener un adecuado confort higrotérmico y calidad del aire, fomentando al mismo tiempo la eficiencia energética.

El ámbito de aplicación de este apartado engloba las instalaciones térmicas en edificios ya existentes, con independencia de que sean de reciente construcción o se actualicen como parte de una rehabilitación.

Para garantizar el confort, la higiene y la calidad del aire, los edificios con sistemas de climatización deben cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [26].

#### 4.8.4. HE3

El objetivo de esta sección es optimizar la utilización de las luminarias en los edificios, asegurando que la iluminación sea cómoda, pero sólo nos vamos a enfocar en los sistemas de aprovechamiento de luz natural. Para ello, las luminarias en un radio de 5 metros de las ventanas contarán con un sistema de regulación automatizado que maximice el aprovechamiento de la luz natural cuando proceda.

#### 4.8.5. HE4

Al considerar la demanda de aire acondicionado y ACS, es esencial tener en cuenta las pérdidas térmicas debido a la distribución, acumulación y recirculación. De acuerdo con el RD 244/2019 [27], únicamente se tendrán en cuenta para el consumo energético las fuentes de energía renovables generadas in situ o en las inmediaciones del edificio, como la biomasa sólida o la electricidad procedente de una instalación cercana asociada al punto de suministro. Además, es fundamental tener en cuenta que cuando se utilizan bombas de calor para la producción de ACS y/o climatización de piscinas, se deben cumplir ciertos estándares de rendimiento para poder optar a su contribución renovable:

- funcionamiento eléctrico:  $SCOP_{dhw} = 2,5$
- funcionamiento térmico:  $SCOP_{dhw} = 1,15$

#### 4.8.6. HE5

No aplica en este proyecto.

#### 4.8.7. HE6

Esta sección se centra en la obligación de integrar infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos en edificios que dispongan de plazas de aparcamiento, independientemente de su uso o si son interiores o exteriores.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. OBJETIVOS GENERALES

Se va a realizar una tabla comparativa en la que exprese para cada tipo de certificación en cuales de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) <sup>[6]</sup> de la Agenda 2030 para el Desarrollo sostenible contribuyen.

Una vez analizada la normativa vigente y certificados existentes a fondo, vamos a proceder a realizar una serie de comparativos que sirvan de ejemplo para comprobar, en base a los estándares establecidos, qué certificados o normas son más exigentes y porqué, así como cualidades y desventajas específicas de cada uno de ellos. También se propondrá un sistema que recoja todas sus fortalezas más representativas.

Se va a realizar también un análisis económico de los costes de tramitación para cada uno de los certificados expuestos tanto en el proceso como en el presupuesto de ejecución del edificio. Analizaremos si estos sobrecostes iniciales compensan a corto o largo plazo y si merece la pena invertir en ellos. En consecuencia, haremos un análisis exhaustivo de la influencia que tienen los distintos certificados obtenidos para los propietarios finales.

Analizar todos estos objetivos servirá para afrontar el propósito inicial de este proyecto: presentar una mejora sólida en la normativa española actual. Para ello, analizaremos las limitaciones actuales de la normativa con el fin de proponer soluciones que la impulsen a adaptarse a las necesidades actuales.

---

## 6. ANÁLISIS

### 6.1. Grado de implicación de los certificados BREEAM, LEED y Passivhaus con el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La Agenda 2030 se inició en 2015 y busca promover un mundo sostenible y próspero para todos los individuos en un planeta saludable. El informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de 2019 destaca los avances logrados en algunas áreas cruciales, como la disminución de la pobreza extrema, la disminución de la tasa de mortalidad infantil y el acceso a la energía eléctrica. Sin embargo, también señala áreas que requieren atención inmediata, como la degradación de la naturaleza, la pobreza extrema, el hambre en todo el mundo y la discriminación contra las mujeres. Para lograr avances en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, el informe destaca la importancia del financiamiento, la creación de resiliencia, la promoción de economías sostenibles e inclusivas, la mejora de la eficacia institucional, la implementación de medidas locales, la utilización de datos de manera más efectiva y el aprovechamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación.

#### **Sinergias entre BREEAM y ODS**

Tal y como se indica en el BRE Group [28], de los 17 ODS, BREEAM contribuye directa o indirectamente a cumplirlos todos, no obstante, nos centraremos en los 8 objetivos donde la contribución es mayor.

#### **Sinergias entre LEED y ODS**

Según el USGBC [29], las categorías LEED pueden contribuir a cumplir los ODS, no solo ahorrando agua, aumentando la eficiencia energética, minimizando las emisiones de carbono y reduciendo significativamente los contaminantes atmosféricos nocivos para la salud, etc., sino también promoviendo la educación, creando puestos de trabajo, mejorando la salud y el bienestar. ser, mejorar la resiliencia de la comunidad y mucho más.

#### **Sinergias entre Passivhaus y ODS**

En la biblioteca digital Passipedia (The Passive House Resource) [30] podemos encontrar un documento en el que nos muestra una tabla donde nos enseña cómo Passive House se alinea con las principales áreas temáticas para contribuir a los ODS, conectando así un estándar de construcción internacional con objetivos globales.

---

A continuación, se adjunta una tabla en la que, analizando las sinergias de cada certificación con los objetivos de desarrollo sostenible, podemos comparar cuales de ellos abarcan.

**Tabla 16.** Comparativa de certificados con ODS.

							
	Contribución leve	Contribución baja o nula	Contribución leve		Contribución baja o nula	Contribución leve	Contribución baja o nula
	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula		Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa
	Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa		Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa
	Contribución leve	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula		Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa
	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula		Contribución baja o nula	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula
	Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución baja o nula		Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución baja o nula
	Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa		Contribución baja o nula	Contribución baja o nula	Contribución baja o nula
	Contribución baja o nula	Contribución leve	Contribución leve		Contribución leve	Contribución significativa	Contribución leve
	Contribución significativa	Contribución significativa	Contribución significativa				

Fuente: Elaboración Propia.

Tras observar la tabla 10, podemos comprobar que con respecto cada una de las certificaciones que en líneas generales abarcan los mismos objetivos, pero hay ligeras diferencias:

- Para BREEAM, de las 17 categorías, contribuye en 8 de forma significativa, en 3 de forma leve y en las 6 restantes de forma baja o nula.
- Para LEED, de las 17 categorías, contribuye en 9 de forma significativa, en 2 de forma leve y en las 6 restantes de forma baja o nula.
- Para Passivhaus, de las 17 categorías, contribuye en 6 de forma significativa, en 3 de forma leve y en las 8 restantes de forma baja o nula.

Podemos deducir que, con respecto a sinergias con los ODS, LEED encabeza el listado, luego tendríamos BREEAM y por último PASSIVHAUS.

Si analizamos más profundamente los objetivos, comprobaremos que cada una de las certificaciones lo enfocan desde un punto de vista distinto. Analicemos por ejemplo el objetivo **nº3: Salud y Bienestar**.

BREEAM fomenta la provisión de entornos internos y externos cómodos, saludables y seguros para los usuarios de los activos y otras personas en las inmediaciones. Los temas de salud y bienestar dentro de los esquemas BREEAM mejoran la salud al garantizar un entorno limpio, saludable y con menos estrés. Como metas tiene las siguientes:

- Para 2030, reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante la prevención y el tratamiento y promover la salud mental y el bienestar. Los esquemas BREEAM reducen los niveles de contaminación del transporte y mediante el aumento de espacios verdes para tratar de mejorar la calidad del aire local.
  - Para 2030, reducir sustancialmente la cantidad de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y la contaminación y contaminación del aire, el agua y el suelo.
-

LEED lo enfoca de un modo distinto:

Tiene como objetivo garantizar una vida sana para las personas de todas las edades. USGBC considera que la salud es un imperativo en todo su trabajo. La construcción ecológica puede contribuir directamente a algunas de las metas del ODS 3. Por ejemplo, puede ayudar a reducir la contaminación del agua y las inundaciones, que pueden presentar riesgos para la salud aguas abajo, especialmente cuando se consideran de forma acumulativa.

Además, cuando los proyectos reducen el uso de combustibles fósiles, a través del rendimiento energético y el uso de energías renovables, reducen su contribución potencial a los efectos de isla de calor y a la contaminación del aire local, los cuales tienen impactos significativos en la salud. Estas estrategias de construcción pueden ayudar a proteger a las personas.

Los proyectos de construcción ecológica también pueden apoyar la salud de la comunidad al cumplir funciones como proporcionar espacio para la recreación, implementar estrategias que aborden las necesidades de salud existentes y minimizar las características del proyecto que podrían presentar riesgos para la salud.

LEED impulsa a los equipos de proyecto, propietarios de edificios y operadores a abordar la relación entre el ambiente interior y la salud humana de varias maneras. La categoría de crédito de Calidad ambiental interior en el sistema de calificación está dedicada a proteger la salud y la comodidad de los ocupantes del edificio.

Con respecto a Passivhaus:

Passivhaus contribuye a la salud y bienestar, proporcionando un entorno rentable, resiliente y saludable a los usuarios de los edificios.

Para rehabilitaciones de alta eficiencia energética, el Passivhaus Institut ha desarrollado el estándar EnerPHit, que evita el bloqueo energético que impide que muchos países alcancen sus objetivos de Renovation Wave y Green Deal [\[31\]](#). Con esta infografía, demuestra que el estándar Passivhaus puede proporcionar una mejor salud, así como incidir en mejoras sociales, económicas y medioambientales.

## 6.2. COMPARATIVO DE ASPECTOS Y NECESIDADES QUE ABORDAN LAS CERTIFICACIONES BREEAM, LEED Y PASSIVHAUS.



Tal y como se muestra en la tabla anterior, en la que se han analizado un conjunto de categorías y subcategorías relacionadas con la sostenibilidad y requisitos esenciales para edificar de manera eficiente y reduciendo emisiones al medioambiente. Estas categorías han sido extraídas de los requisitos y manuales propios a disposición del usuario de cada una de las certificaciones a comparar. Podemos observar a priori que el porcentaje de influencia para cada certificación en cada una de las categorías es completamente distinto. Esto se debe, principalmente, a que cada certificación ha desarrollado unas fortalezas y por consiguiente se han generado unas debilidades. Se adjunta tabla de porcentajes de influencia:

**Tabla 18.** Porcentajes de influencia por categoría.

CATEGORÍA	BREEAM	LEED	PASSIVHAUS
	INFLUENCIA	INFLUENCIA	INFLUENCIA
Fase de diseño previo y gestión	12,67%	5,45%	SI
Control de Energía y eficiencia energética	18,00%	36,36%	100,00%
Uso eficiente del Agua	6,00%	15,45%	SI
Uso eficiente del Transporte	7,33%	1,82%	NO
Gestión de Residuos	5,33%	1,82%	NO
Control de Contaminantes	7,33%	10,91%	NO
Salud y bienestar de las personas	20,67%	6,36%	SI
Materiales, recursos y ciclo de vida	8,00%	9,09%	SI
Uso eficiente del terreno disponible	8,00%	1,82%	NO
Innovación	6,67%	4,55%	NO
Beneficios comunitarios	0,00%	1,82%	NO
Específicos	0,00%	4,55%	NO
<b>TOTALES</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia

Una de las fortalezas de BREEAM, comienza en la fase más temprana de un edificio: el diseño y la gestión del proyecto. Tal y como podemos observar en la tabla, despliega un 12,67% de sus recursos totales a garantizar que ya desde fases tempranas se analicen y estudien con detenimiento las cualidades y retos específicos de cada proyecto con el fin de adelantarse a futuros problemas.

Podemos observar que Passivhaus despliega todos sus recursos en el Control de Energía y eficiencia energética. Esto es debido a que su objetivo principal es reducir al mínimo posible el consumo de energía del edificio, de forma evaluable y cuantificable, sin renunciar a un elevado grado de confort térmico y de calidad del aire interior. Por otro lado, tenemos que LEED también tiene el porcentaje más alto en este campo, aunque se centra en tareas más específicas como concienciar y hacer partícipe al usuario final monitorizando y controlando el uso, consumo y ahorro de energía. Esto es una práctica única de esta certificación que no se contempla en las demás.

Con respecto al uso eficiente del agua, tanto BREEAM como LEED aportan soluciones a los distintos problemas que se presentan en este apartado, sin embargo, LEED premia con mayor puntuación esta categoría incluyendo además monitorización del consumo del agua en tiempo real y propuestas de gestión para el agua de lluvia.

En el uso eficiente del transporte lidera BREEAM, dado que no sólo otorga más puntuación en esta categoría, sino que, a diferencia de las demás certificaciones, valora factores importantes como promover la edificación en lugares con buenas conexiones de transporte público o crear espacios dedicados al desarrollo del teletrabajo, con el fin de evitar congestiones de tráfico y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cuanto a gestión de residuos, volvemos a encontrar que BREEAM lidera esta categoría. Tiene una influencia de más del 5% con respecto al total de su puntuación frente a menos de un 2% en LEED y un 0% en Passivhaus. Esto se debe a que valora aspectos como la gestión de residuos de construcción y demolición, promueve el uso de áridos reciclados y fomenta el uso de instalaciones que faciliten el reciclado de residuos con más facilidad entre otros.

Para el control de contaminantes partimos de la base de que tanto BREEAM como LEED otorgan una puntuación similar, sin embargo, abarcan aspectos totalmente distintos. BREEAM se centra en aspectos como el control de fugas de refrigerantes a la capa de ozono o evitar la contaminación del alcantarillado público debido a la mala gestión de la evacuación de aguas sucias o pluviales. En cambio, LEED, trata aspectos más relacionados con la exposición del usuario a partículas contaminantes y en suspensión en las distintas estancias del edificio, así como el control de uso de pesticidas entre otros. No es una categoría que aborde Passivhaus.

---



Con respecto a la salud y bienestar de las personas, podemos comprobar que BREEAM lidera la categoría. Abarca aspectos como la accesibilidad en los edificios, la seguridad en los mismos, integración de domótica en las viviendas, analizar la calidad del agua o crear zonas de ocio común para su uso y disfrute. Pese a que Passivhaus no parezca aportar mucho a esta categoría, lo cierto es que indirectamente contempla ciertos aspectos de ella. Podemos comprobar que, tanto la calidad del aire interior, como el confort térmico son aspectos resultado de la buena gestión de las demandas de calefacción y refrigeración, así como la estanqueidad al aire.

En cuanto a la categoría de materiales, recursos y ciclo de vida, volvemos a encontrarnos con una diferencia en los aspectos a tratar. Si bien es cierto que tanto BREEAM como LEED enfocan esta categoría del lado de la eficiencia y la sostenibilidad, BREEAM se centra en aspectos orientados a la resiliencia y durabilidad del edificio, al empleo de materiales de bajo impacto ambiental o la reducción de generación de residuos y LEED contempla un manejo forestal responsable, la reutilización y/o recuperación de materiales reciclados o la reducción de uso de la materia prima. Passivhaus, de nuevo, influye mínimamente en esta categoría de manera indirecta promoviendo materiales de altas prestaciones para llegar a los estándares que exige.

BREEAM fomenta la reutilización de suelos previamente urbanizados, con el fin de no alterar suelos que no hayan sido utilizados aún, para ello también promueve la utilización de suelos con valor limitado para la fauna y la flora y minimizar el impacto sobre la biodiversidad adyacente. LEED tiene un bajo porcentaje de aportación a esta categoría y Passivhaus no abarca ninguno de estos aspectos.

Hay una categoría denominada Innovación, en la que BREEAM y LEED han desplegado puntuación referente a premiar aspectos innovadores o pioneros que ellos no abarcan y que suponen una considerable mejora en la sostenibilidad del edificio.

Por último, podemos observar que LEED cuenta con unos puntos específicos que no aparecen en ninguna de las demás categorías. En el primero de ellos premian el contar con un profesional LEED del sector acreditado. Por otro lado, en la categoría Prioridad regional, abordan prioridades ambientales, de equidad social y de salud pública geográficamente específicas.

---

### 6.3. FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Tenemos por tanto que, si estamos diseñando un proyecto de vivienda, enfocado expresamente a las funciones de demandas de calefacción y refrigeración, energía primaria renovable y estanqueidad al aire nos vamos a decantar por la certificación Passivhaus. En cuanto a ahorro energético durante el uso del edificio es el más exigente ya que consumen hasta un 90% menos de energía que un edificio de una tipología similar.

Por otro lado, si estamos trabajando en un proyecto de un conjunto de viviendas o comunidad, en el que nuestro foco de interés sea minimizar el daño ambiental de las prácticas de desarrollo de la tierra mediante la construcción de viviendas en comunidades con certificación de Desarrollo Vecinal o conservar la tierra y promover la habitabilidad, la eficiencia del transporte y la accesibilidad para peatones mediante la creación de comunidades compactas, está claro que la mejor elección es LEED.

Si queremos construir un edificio en el que ya desde la fase de proyecto fomentemos una planificación adecuada de la entrega y del proceso de puesta en servicio, que refleje las necesidades de los ocupantes del edificio, diseñando el proyecto en consecuencia, optimizando el comportamiento del edificio y planificando todo su proceso de vida útil, donde haya un riguroso control de los materiales y residuos y promueva la salud y bienestar de las personas tanto individualmente como en conjunto, nos vamos a decantar por BREEAM.

Podemos concluir, en rasgos globales, que, entre las tres certificaciones analizadas en la tabla, abarcan todas las categorías y subcategorías que preocupan actualmente a la Unión Europea. Particularmente cada una de ellas se enfoca en distintos puntos de vista para una misma categoría. Esto nos sirve para identificar las fortalezas y debilidades de cada una de ellas y a su vez valorar cuál de ellas nos interesa más para nuestro proyecto en función de qué aspectos queremos priorizar.

---

### 6.3.1. Debilidades Passivhaus

A continuación, se enumera un listado de debilidades de Passivhaus:

1. La construcción de un Passivhaus presenta un costo inicial más alto en comparación con los edificios tradicionales, esto se debe al requerimiento de materiales y equipos especializados. A pesar de esto, los ahorros de energía que provienen del diseño Passivhaus pueden compensar el costo inicial a largo plazo.
  2. La complejidad del diseño Passivhaus requiere experiencia y conocimientos especializados. Esto puede representar un desafío para los arquitectos y constructores que no conocen bien los principios de Passivhaus, lo que dificulta la implementación de tales diseños.
  3. El diseño de Passivhaus es altamente prescriptivo y puede limitar la flexibilidad del diseño. Esto puede dificultar la incorporación de ciertas características o materiales que pueden ser deseados por el cliente.
  4. En algunos climas, existe el riesgo de sobrecalentamiento en los edificios Passivhaus debido al alto nivel de aislamiento y estanqueidad al aire. Esto se puede abordar mediante un diseño cuidadoso y el uso de dispositivos de sombreado.
  5. La falta de mantenimiento del edificio puede resultar en una disminución de la eficiencia energética y la calidad del aire interior.
  6. Para mantenerse por debajo del umbral de 15 kWh/m<sup>2</sup>/año, es posible que los constructores necesiten usar mucho aislamiento y sistemas de calefacción y refrigeración de apoyo.
  7. El rendimiento energético necesario puede restringir el tamaño de cualquier ventana que se utilice debe tener triple acristalamiento y revestimiento de baja emisividad.
  8. Passivhaus atiende exclusivamente la demanda de energía del edificio durante su vida útil. Esto es sólo una parte de la energía total que precisa el edificio.
-

### 6.3.2. Propuestas de mejora Passivhaus

1. Hay varios incentivos financieros disponibles para reducir el costo inicial de construir una casa pasiva, como créditos fiscales, préstamos o subvenciones.
  2. Una solución efectiva para abordar la complejidad del diseño de casas pasivas es proporcionar programas de educación y capacitación para arquitectos y constructores. Tal enfoque puede conducir a un aumento en el número de profesionales que tienen una comprensión profunda de los principios de diseño de Passive House. Esto facilitará el proceso de implementación de dichos diseños.
  3. Para superar la restricción de la flexibilidad de diseño limitada, es posible ofrecer a los clientes alternativas de diseño más flexibles sin dejar de cumplir con los principios de la casa pasiva. Esto permite a los clientes una mayor variedad de materiales y características de diseño.
  4. Para abordar el problema de las limitaciones de diseño, es posible ofrecer alternativas de diseño más adaptables que sean fieles a los principios de la Casa Pasiva. Esto brinda a los clientes acceso a una gama más amplia de materiales y opciones de acabado para su hogar.
  5. Se pueden tomar varias medidas para evitar el riesgo de sobrecalentamiento en Casas Pasivas. Estas medidas incluyen el uso de mecanismos de sombra, ventilación natural y ventilación mecánica regulada. Además, las tecnologías de aislamiento avanzadas combinadas con materiales de construcción de alto rendimiento se pueden utilizar como precaución adicional.
  6. Es preciso realizar un mantenimiento rutinario en los edificios para evitar el deterioro tanto de la eficiencia energética como de la calidad del aire interior. Para conseguirlo, es necesario limpiar periódicamente los sistemas de ventilación para garantizar su óptimo funcionamiento.
  7. Para mantener el consumo de energía por debajo del umbral de 15 kWh/m<sup>2</sup>/año, puede resultar útil utilizar fuentes de energía sostenibles, como sistemas geotérmicos, turbinas eólicas o paneles solares. Este enfoque puede reducir efectivamente la necesidad de aislamiento y sistemas adicionales de calefacción y refrigeración.
  8. Para abordar la limitación de que Passivhaus solo atiende la demanda de energía del edificio durante su vida útil, se pueden promover medidas de eficiencia energética en todas las etapas del ciclo de vida del edificio, desde la construcción hasta la demolición. Esto incluye el uso de materiales de construcción sostenibles y la planificación cuidadosa de la demolición y eliminación de residuos.
-

### 6.3.3. Debilidades LEED

A continuación, se enumera un listado de debilidades de LEED [\[32\]](#):

1. Adquirir la certificación LEED puede ser una tarea costosa, especialmente para proyectos más pequeños. El proceso de certificación puede resultar en gastos adicionales, tales como tarifas de certificación, gastos de consulta y costos incurridos en la documentación del proyecto.
2. El proceso de certificación LEED se concentra principalmente en proyectos de nueva construcción, con pocas alternativas para certificar estructuras preexistentes. Como resultado, la influencia de LEED en todo el parque edificado puede verse restringida.
3. La atención prestada a la salud y el bienestar es restringida: LEED ha sido criticado por no dar suficiente importancia a la salud y el bienestar humanos a pesar de cubrir algunos aspectos de la calidad ambiental interior. Las pruebas de calidad del aire interior y el uso de materiales de baja emisión no son obligatorias en LEED.
4. Aunque LEED aborda ciertos aspectos de la equidad social, como brindar acceso a espacios verdes y transporte público, su enfoque inadecuado para abordar los problemas de justicia social y equidad relacionados con el entorno construido ha sido objeto de críticas.

### 6.3.4. Propuestas de mejora LEED

1. Para ampliar el impacto de LEED en el ámbito de las estructuras de edificios, existe la posibilidad de ampliar las opciones de certificación para abarcar las estructuras ya existentes. Al hacerlo, se puede reconocer a un mayor número de edificios por sus prácticas sostenibles, fomentando así la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente dentro de la industria de la construcción.
  2. Para contrarrestar las críticas de que LEED descuida la salud y el bienestar humanos, una posible solución es aumentar el enfoque en las pruebas de calidad del aire interior y el uso obligatorio de materiales de baja emisión durante el proceso de certificación. Además, el proceso de certificación se puede ampliar para incluir criterios adicionales que apunten directamente a la salud y el bienestar humanos.
-

### 6.3.5. Debilidades BREEAM

A continuación, se enumera un listado de debilidades de BREEAM:

1. El coste de la certificación BREEAM, es significativo, sobre todo para cantidades pequeñas de viviendas a certificar y puede representar un desafío para ciertos proyectos debido a los gastos adicionales que supone.
2. Los críticos han señalado que la atención de BREEAM a la calidad ambiental interior es limitada. Un ejemplo de esto es la ausencia de requisitos para las pruebas de calidad del aire interior o el uso de materiales de baja emisión.
3. Similar a LEED, el sistema de calificación BREEAM puede ser complejo y desafiante para las personas que no están familiarizadas con el sistema.
4. Si bien BREEAM cubre ciertos aspectos de la eficiencia energética, su falta de atención hacia la generación de energía renovable in situ ha sido criticada por tener un alcance demasiado limitado.

### 6.3.5. Propuestas de mejora BREEAM

1. Para contrarrestar las quejas de que BREEAM tiene un enfoque insuficiente en la calidad ambiental interior, se pueden implementar medidas obligatorias durante el proceso de certificación. Estas medidas incluyen pruebas de calidad del aire interior y el uso de materiales de baja emisión. Además, el proceso de certificación se puede ampliar para incluir criterios adicionales que aborden más directamente la calidad ambiental interior.
  2. Para aliviar las quejas sobre la complejidad del sistema de calificación BREEAM, los criterios de calificación pueden simplificarse y ofrecer una dirección más directa para aquellos que no están familiarizados con el sistema. Además, los usuarios pueden recibir capacitación y soporte técnico para ayudar en la comprensión y aplicación del sistema de calificación.
  3. Para combatir las críticas de que BREEAM tiene un enfoque restringido en la generación de energía renovable in situ, es necesario aumentar el énfasis en este aspecto. Para fomentar la generación de energía renovable in situ, el proceso de certificación podría incluir criterios adicionales que promuevan este concepto. Por ejemplo, podría haber un requisito para la instalación de paneles solares o turbinas eólicas en el sitio del proyecto.
-

## 6.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación, se adjuntan un par de tablas Excel donde podemos ver cuáles son las tasas de registro y certificación para BREEAM [33] y LEED [34].

**Tabla 19.** Tasas de Registro y Certificación BREEAM y LEED.

TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	BREEAM	
	Viviendas ≤ 90m <sup>2</sup>	Viviendas ≥ 90m <sup>2</sup>
<b>Vivienda unifamiliar</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	1.200,00 €	1.200,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	300,00 €	300,00 €
Conjunto completo	1.500,00 €	1.500,00 €
<b>2-19 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	2.500,00 €	3.500,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	625,00 €	875,00 €
Conjunto completo	3.125,00 €	4.375,00 €
<b>20-99 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	4.000,00 €	5.600,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	1.000,00 €	1.400,00 €
Conjunto completo	5.000,00 €	7.000,00 €
<b>≥ 100 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	6.000,00 €	8.400,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	1.500,00 €	2.100,00 €
Conjunto completo	7.500,00 €	10.500,00 €

*TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	LEED	
	Miembros de nivel plata, oro y platino	No-miembros o nivel organizativo
<b>1-25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	139,86 €	209,79 €
Certificado	209,79 €	279,72 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €
<b>&gt;25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	46,62 €	116,55 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €

Fuente: Elaboración propia

(\*) Nota: Se ha tenido en cuenta la equivalencia actual de dólar a euro (0,9324) para hacer la conversión de las tarifas de esta tabla.

CERTIFICADOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS:  
ANÁLISIS COMPARATIVO Y PROPUESTAS DE MEJORA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA ACTUAL

Vamos a realizar una serie de casos prácticos para comprobar de qué cantidades estamos hablando en cada caso y ver cuál de ellos sería más económico:

<b>CASO PRÁCTICO Nº1</b>		
<b>Condiciones de partida</b>		
Nº Viviendas	1	
Superficie	80m <sup>2</sup>	
Tipo Membresía LEED	Miembro plata	
Lotes	No	
Viviendas fuera del lote	0	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>BREEAM</b>	
	Viviendas ≤ 90m <sup>2</sup>	Viviendas ≥ 90m <sup>2</sup>
<b>Vivienda unifamiliar</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	1.200,00 €	1.200,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	300,00 €	300,00 €
Conjunto completo	1.500,00 €	1.500,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>1.500,00 €</b>	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>LEED</b>	
	Miembros de nivel plata, oro y platino	No-miembros o nivel organizativo
<b>1-25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	139,86 €	209,79 €
Certificado	209,79 €	279,72 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €
<b>TOTAL</b>	<b>349,65 €</b>	

<b>CASO PRÁCTICO Nº2</b>		
<b>Condiciones de partida</b>		
Nº Viviendas	5	
Superficie	100m <sup>2</sup>	
Tipo Membresía LEED	No-miembro	
Lotes	Si	
Viviendas fuera del lote	0	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>BREEAM</b>	
	Viviendas ≤ 90m <sup>2</sup>	Viviendas ≥ 90m <sup>2</sup>
<b>2-19 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	2.500,00 €	3.500,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	625,00 €	875,00 €
Conjunto completo	3.125,00 €	4.375,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>4.375,00 €</b>	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>LEED</b>	
	Miembros de nivel plata, oro y platino	No-miembros o nivel organizativo
<b>1-25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	139,86 €	209,79 €
Certificado	209,79 €	279,72 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €
<b>TOTAL</b>	<b>2.097,90 €</b>	

<b>CASO PRÁCTICO Nº3</b>		
<b>Condiciones de partida</b>		
Nº Viviendas	30	
Superficie	85m <sup>2</sup>	
Tipo Membresía LEED	Miembro gold	
Lotes	Si	
Viviendas fuera del lote	1	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>BREEAM</b>	
	Viviendas ≤ 90m <sup>2</sup>	Viviendas ≥ 90m <sup>2</sup>
<b>20-99 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	4.000,00 €	5.600,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	1.000,00 €	1.400,00 €
Conjunto completo	5.000,00 €	7.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.000,00 €</b>	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>LEED</b>	
	Miembros de nivel plata, oro y platino	No-miembros o nivel organizativo
<b>&gt;25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	46,62 €	116,55 €
Certificado	209,79 €	279,72 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €
<b>TOTAL</b>	<b>6.340,32 €</b>	

<b>CASO PRÁCTICO Nº4</b>		
<b>Condiciones de partida</b>		
Nº Viviendas	80	
Superficie	95m <sup>2</sup>	
Tipo Membresía LEED	No-miembro	
Lotes	Si	
Viviendas fuera del lote	2	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>BREEAM</b>	
	Viviendas ≤ 90m <sup>2</sup>	Viviendas ≥ 90m <sup>2</sup>
<b>20-99 viviendas</b>		
Registro y Verificación Fase de Diseño	4.000,00 €	5.600,00 €
Verificación Fase de Post-Construcción	1.000,00 €	1.400,00 €
Conjunto completo	5.000,00 €	7.000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>7.000,00 €</b>	
TASAS DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN	<b>LEED</b>	
	Miembros de nivel plata, oro y platino	No-miembros o nivel organizativo
<b>&gt;25 viviendas (coste por unidad)</b>		
Registro	46,62 €	116,55 €
Certificado	209,79 €	279,72 €
Certificado por lotes	163,17 €	209,79 €
Viviendas fuera del lote	46,62 €	69,93 €
<b>TOTAL</b>	<b>26.107,20 €</b>	

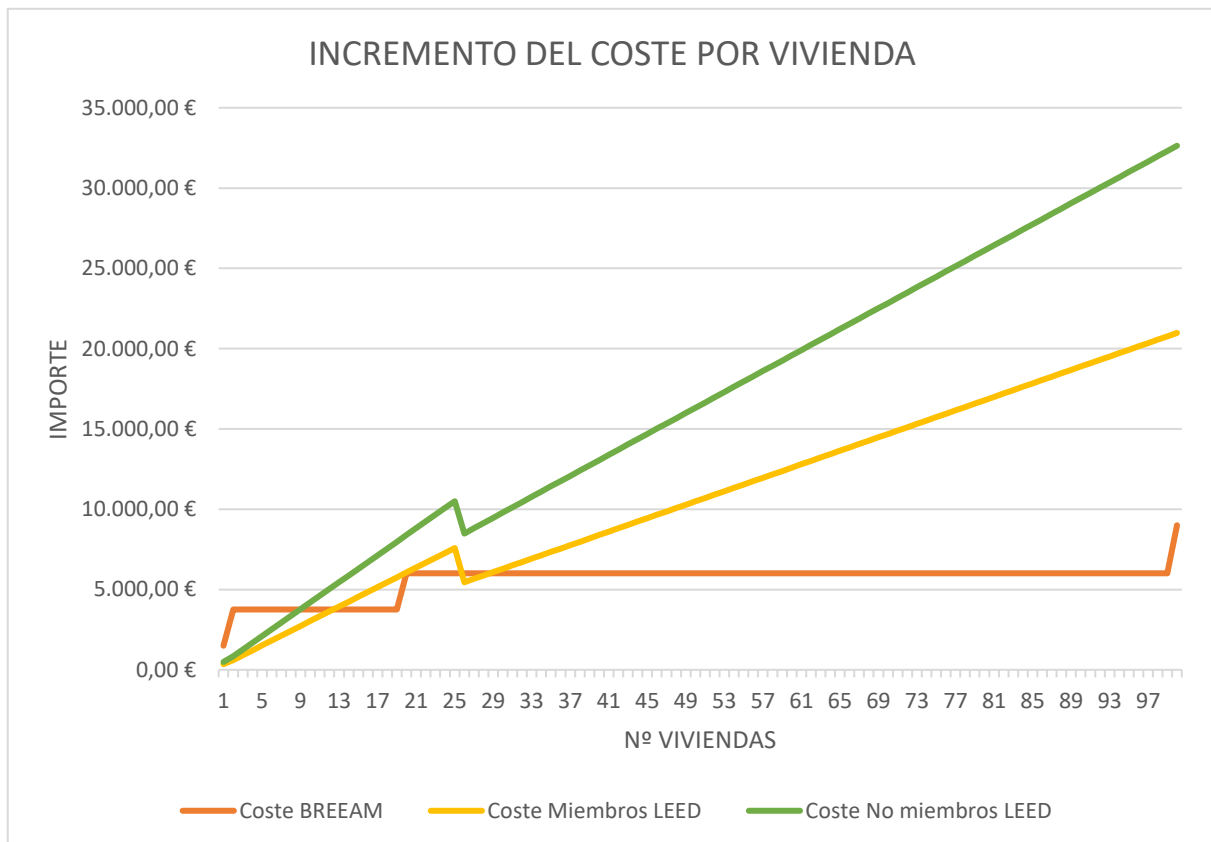


Podemos comprobar que certificar con BREEAM es más caro cuando se trata de una o pocas viviendas, pero más económico cuando se trata de muchas. En LEED pasa totalmente lo contrario, cuando se trata de pocas viviendas es mucho más económico, pero cuando pasa de cierta cantidad se dispara el precio. Inmediatamente surge la siguiente pregunta: ¿A partir de qué cantidad de viviendas se produce el salto entre ser el más económico al más caro? Vamos a comprobarlo.

BREEAM anota que para conjuntos de viviendas con diferentes superficies por vivienda se calculará el área media del total de las viviendas y luego se aplicará la condición correspondiente. Para este caso, vamos a considerar una media de viviendas de 90m<sup>2</sup>, por tanto, las tarifas serán una media entre los edificios de menos de 90m<sup>2</sup> y los de más de 90m<sup>2</sup>.

Vamos a comparar pues el coste por vivienda para un modelo estándar de 90m<sup>2</sup> en BREEAM y para Miembros plata, oro y platino o No-Miembros en LEED. Obtenemos entonces el siguiente gráfico:

**Gráfico 1.** Comparativo de Coste por N.º de viviendas para BREEAM y LEED.



Fuente: Elaboración propia.

Vamos a analizar en el **Gráfico 1** distintos puntos singulares:

BREEAM es más caro que LEED cuando se trata de pocas viviendas, más concretamente hasta 9 si se trata de no-miembros LEED y hasta 13 cuando se compara con miembros LEED, y a partir de ahí BREEAM comienza a ser más barato hasta el número máximo de viviendas que queramos certificar. Por otro lado, observamos que certificar 26 viviendas es más económico que certificar 25 viviendas con LEED. Esto es debido a que a partir de 25 viviendas LEED aplica unas tarifas reducidas. Podemos certificar hasta 37 viviendas siendo miembros LEED más económico que cuando son 25. En el caso de no-miembros esto ocurre hasta 31 viviendas.

Con respecto a Passivhaus, la certificación por vivienda oscila los 6.500€. En promedio, los gastos iniciales de un proyecto de vivienda pasiva son entre un 10% y un 30% mayores que los de un edificio convencional, sin embargo, hay que tomarse estos números como una amortización a largo plazo, ya que, como ya sabemos, esta certificación supone un ahorro de más del 90% de la energía.

De acuerdo con datos del Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos (USGBC), se contempla que con la certificación LEED: *«un edificio puede reducir entre el 30% y 70% el uso de energía, el 30% y 50% de agua, el 50% y el 80% del costo de los residuos y el 35% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Además de permitir un considerable ahorro económico en los gastos energéticos. Un proyecto LEED incrementa el valor de arrendamiento y de reventa. Todos los estudios apuntan a que tanto el promotor y/o inversor del edificio pueden recuperar en un plazo de entre dos y cinco años el incremento del coste inicial, ya sea por el ahorro de costos de mantenimiento, de consumos o bien por la revalorización que experimentan los edificios construidos de acuerdo con criterios de sostenibilidad»*

Javier Martínez (2009) <sup>[35]</sup>, director nacional de Building Consultancy de LEED asegura que: *"Un edificio Leed incrementa el coste entre un 5% y un 10% desde el origen del proyecto"*. Podemos suponer, de modo similar que en el caso de Passivhaus, que estos costes de inversión se pueden considerar una amortización a medio plazo, aunque el ahorro energético empleando LEED es menor que Passivhaus, el coste de certificación es más económico.

Según la empresa TÜV SÜD en su catálogo de "BREEAM ES: Sostenibilidad de Edificios" <sup>[36]</sup>, la implantación del sello BREEAM puede suponer un incremento entre el 3 y 5 % del presupuesto del edificio según tipos y que puede llegar a ser compensado a lo largo del tiempo en menos de 5-10 años de vida del edificio.

---

## 7. ESTUDIOS Y PROPUESTAS

Una vez realizado el proceso completo de análisis de los distintos certificados de eficiencia energética más representativos del país tenemos las herramientas suficientes para poder lanzar una propuesta sólida de mejora en la actual normativa española. Comencemos pues identificando su situación actual y sus limitaciones:

### 7.1. Situación actual

La alteración más significativa que se identifica en la actualización del CTE 2019 en su documento de Ahorro Energético se encuentra en la sección del HE1. Se controlan tres nuevos parámetros de la envolvente: la transmitancia térmica global (K), el control solar ( $q_{sol;jul}$ ) y la permeabilidad del edificio ( $n_{50}$ ). Para ello se ha reforzado considerablemente la transmitancia térmica límite (U) de cada componente dentro de la envolvente térmica, así como la permeabilidad al aire (Q100) de los huecos según las clasificaciones establecidas en la UNE-EN 12207: 2017 [\[37\]](#). sin embargo, aunque las exigencias mínimas en cuanto a la envolvente térmica del CTE 2019 son mayores con respecto a la actualización de 2013, **nunca llegan al nivel de los límites en Passivhaus**, como comprobaremos más adelante.

### 7.2. Limitaciones actuales del CTE

Al examinar los criterios actualizados para evaluar la calidad de la envolvente, incluida la transmitancia térmica global, el control solar y la permeabilidad del edificio, queda claro que los estándares más rigurosos, relacionados con el aislamiento y la hermeticidad, solo tienen en cuenta la severidad del clima invernal cuando se trata de abordar el problema del sobrecalentamiento. Esto deja a numerosas regiones de nuestro país en una situación complicada para la que actualmente no se propone solución.

La normativa española establece el parámetro del control solar que mide la capacidad del edificio para bloquear la radiación solar mediante la activación de dispositivos de sombra. Sin embargo, esto no tiene en cuenta el cierre completo de persianas y cortinas, así como toldos completamente extendidos, lo que es poco probable que suceda durante el funcionamiento normal de un edificio en los meses de verano.

---

Mejorar el aislamiento térmico puede tener un efecto contraproducente en las condiciones estivales. La acumulación de calor interior generado por las ganancias solares y las cargas internas, como el calor producido por los ocupantes, la iluminación y los equipos, puede aumentar la temperatura interna entre 1 y 5 °C (o entre 1 y 2 °C en el caso de las viviendas).

La imposición de la nueva normativa HE 2019, que exige un aislamiento excesivo, puede tener efectos negativos en los edificios. Conduce al uso innecesario de materiales de construcción como aislamientos más gruesos, mejores carpinterías y triple acristalamiento con cámaras de aire, lo que se traduce en un aumento significativo de los costes económicos y medioambientales. Además, estas regulaciones no conducen a reducciones reales de energía, sino a una mayor necesidad de refrigeración. Como resultado, es posible que las casas que antes no requerían aire acondicionado ahora necesiten instalarlo.

Uno de los problemas más representativos en edificios construidos siguiendo las indicaciones del DB HE es la ausencia de medidas de control de calidad en la construcción. Además, existe una falta de control y mantenimiento adecuados de los sistemas de aire acondicionado y ventilación, lo que puede provocar su mal funcionamiento. Esto, a su vez, conduce a un aumento en el consumo de energía y una disminución en la eficiencia energética. Además, hay expertos que argumentan que DB HE no considera factores cruciales como la orientación de un edificio, la ubicación geográfica y la calidad de los materiales utilizados en la construcción.

Con respecto a las exigencias actuales del CTE podemos comprobar que:

- La permeabilidad al paso del aire del edificio en CTE depende de su compacidad, tiene unos valores de renovación por hora relativamente altos y podrían aminorarse con el fin de reducir la demanda de calefacción anual.
  - Los valores de eficiencia energética mínima son demasiado estrictos.
  - Los puentes térmicos en CTE son estimados. Hay puentes térmicos como, por ejemplo, de instalación de hueco, espaciador de la carpintería, perforaciones de la envolvente térmica y bajantes de pluviales, que no se tienen en cuenta en CTE.
  - La higiene en edificios evita la aparición de condensaciones y moho en los elementos constructivos. Las exigencias energéticas actuales de CTE en este aspecto pueden ser objeto de peligro de condensaciones, ya que no aplican las exigencias marcadas en la norma UNE-EN ISO 13788:2016 [\[38\]](#) sobre el nivel de higiene.
-

- El CTE tiene un nivel de exigencia de aporte mínimo de energía renovable en edificios que cubra parcialmente la demanda de ACS. Sería recomendable aumentar esta cantidad y establecer un mínimo de aporte más razonable.
- Actualmente, el CTE no tiene muy en cuenta el **nivel de confort del usuario**.

Por tanto, se considera indispensable actualizar el DB-HE1 para contemplar estas exigencias.

Por otro lado, podemos intuir que el actual CTE aborda escasos objetivos de los mencionados en los ODS. Plantear una propuesta en la que el CTE se involucre en abordar más campos relacionados con estos objetivos se considera crucial. Según dice Clara Tomé (embajadora del Pacto Climático de la UE) en la en la última Conferencia de la ONU sobre el Agua [\[39\]](#): *«Uno de los objetivos de la Unión Europea es conseguir que el agua sea un recurso protegido y accesible para todos los ciudadanos. Cada 22 de marzo, Día Mundial del Agua, desde las instituciones tratamos de concienciar sobre la importancia del consumo responsable y la necesidad de no contaminarla»*

Es por esto que contemplamos el **ODS 6: Agua limpia y saneamiento** como propuesta de incorporación al CTE en el DB-HS4. Este objetivo trata sobre la importancia de crear sistemas reducción del consumo de agua potable y la promoción del uso de fuentes alternativas de agua, como el agua de lluvia y el agua reciclada con el fin de acercarse al reto de reducir la escasez de agua en el mundo.

Otro de los aspectos que no aborda el actual CTE es el tratamiento del ciclo de vida de materiales y edificios, objetivo que contempla el **ODS 12: Producción y Consumo Responsables**. Este objetivo se centra en el establecimiento de patrones sostenibles de producción y consumo, incluida la gestión y el uso eficaces de los recursos naturales.

El tratamiento del ciclo de vida de los materiales y edificios es fundamental en la consecución de este objetivo, ya que requiere la reducción de residuos y la maximización de la utilización de recursos a lo largo de todo el ciclo de vida de materiales y edificios. Se propone su incorporación al CTE PARTE 1, Artículo 8, Apartado 8.2: Uso y conservación del edificio.

---

### 7.3. Aportación de los certificados de eficiencia energética a la mejora de la normativa española

Hablemos ahora de características específicas de cada certificado energético analizado previamente en este proyecto con el fin de encontrar criterios de sostenibilidad que se consideran imprescindibles hoy día y no se mencionan en la actual normativa española:

#### 7.3.1. BREEAM

Como hemos podido observar en la tabla comparativa de categorías de certificados energéticos, un componente crucial del proceso de evaluación de BREEAM es la consideración de los costes del ciclo de vida. Esta evaluación tiene en cuenta los gastos de un edificio desde la construcción hasta la operación y su posterior mantenimiento. La implementación de este enfoque en el CTE podría fomentar la creación de edificios que sigan siendo rentables durante todo su ciclo de vida.

#### 7.3.2. LEED

Para reforzar las limitaciones de la actual normativa española descritas previamente y reforzar su sinergia con los ODS, una característica única de sostenibilidad de LEED que podría adoptarse para mejorar el CTE en España es el tratamiento del agua. Tal y como podemos observar en el comparativo de categorías de certificados energéticos, LEED ha establecido criterios específicos relacionados con la conservación del agua, que incluyen la instalación de accesorios de bajo flujo y la adopción de prácticas de paisajismo eficientes en el uso del agua. El método LEED de tratamiento de agua prioriza la reducción del consumo de agua potable y fomenta el uso de fuentes alternativas de agua como el agua reciclada y el agua de lluvia mediante el establecimiento de un conjunto de créditos para la gestión del agua.

#### 7.3.3. PASSIVHAUS

Passivhaus es uno de los estándares de referencia conocido a nivel mundial por su prestigio y nivel de calidad y prestaciones en su aplicación en viviendas. Según un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid [\[40\]](#), el estándar Passivhaus reduce la demanda de energía para calefacción y refrigeración en un 77%, en comparación con los requisitos del CTE 2019. Podemos adoptar una mejora en el CTE que se asemeje o iguale a los requisitos y niveles de exigencia de la certificación Passivhaus con el fin de obtener unos resultados en nuestras viviendas mucho más eficientes y acordes a los requisitos de la Unión Europea.

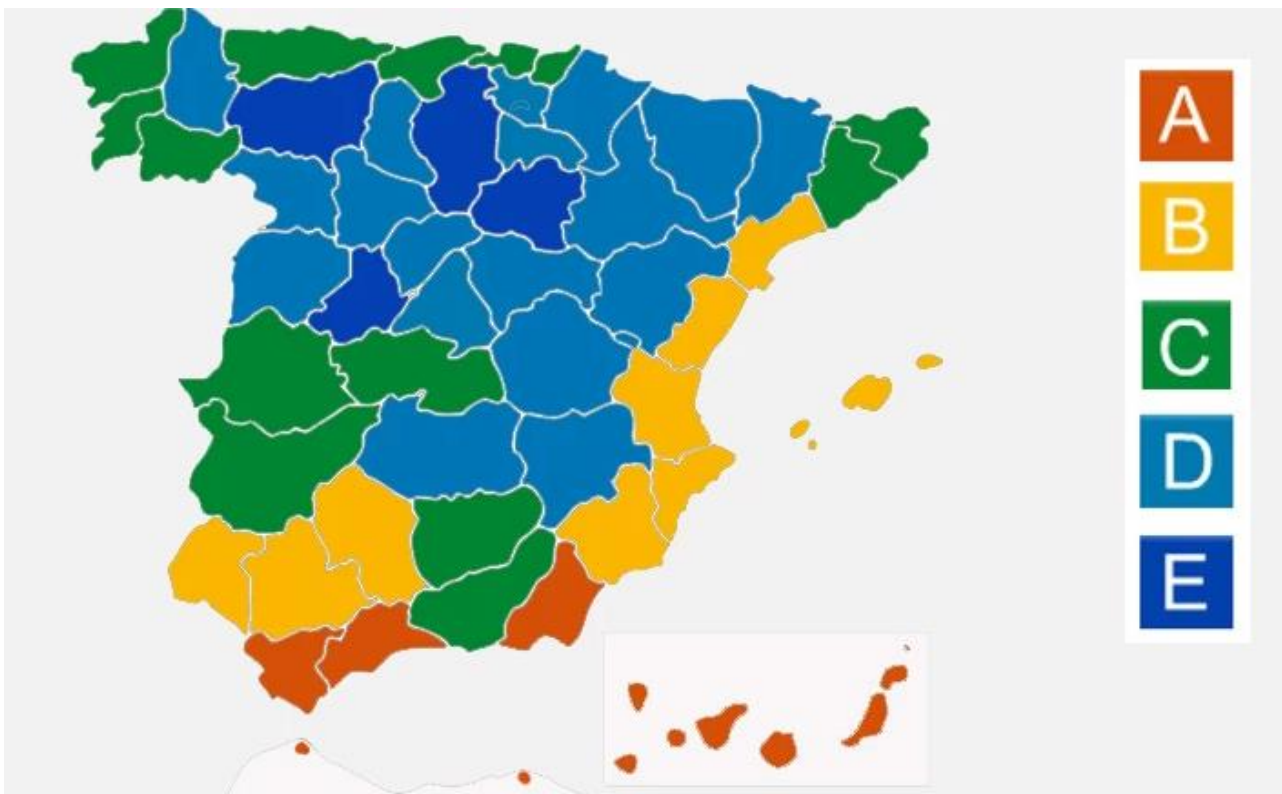
---

## 7.4. Propuestas de mejora de la normativa CTE

### 7.4.1. HE1

Según podemos observar en la tabla siguiente, las edificaciones construidas en zonas climáticas “A” tienen riesgo de sobrecalentamiento si no se establecen las medidas adecuadas.

**Figura 18.** Zonas climáticas en España.



Fuente: Calor y Frío (2020).

Para resolver el primer problema que abordábamos en las limitaciones actuales del CTE, se propone la implementación de medidas en el **HE1** que recoja los siguientes aspectos:

- Optimizar el equilibrio entre coste, ahorro de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, a través de nuevos límites de transmitancia térmica (U) para los distintos componentes de la envolvente de edificios recogidos en severidad climática “A”, exclusiva del sur de España y las islas canarias.
- Evaluar la idoneidad del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) en climas “A” comprobando su impacto en el consumo y la mejora de la demanda energética.

- Incorporar dispositivos de protección solar en los edificios construidos en climas cálidos para el control solar, ya que esto ayuda a disminuir a través de los huecos acristalados de la envolvente las ganancias de calor internas causadas por la radiación solar directa. Esta es una medida eficaz para mejorar el consumo y la demanda de energía de los edificios. Por lo tanto, se recomienda evaluar el potencial de este nuevo parámetro ( $q_{sol};jul$ ) a través de simulaciones energéticas, para determinar el mejor método de implementación.
- Incrementar en climas "A", el requisito de permeabilidad al aire para los huecos (Q100) de 50 a 27  $m^3/h \cdot m^2$ . para aumentar la estanqueidad de los edificios.
- Con relación a la tasa de renovación del aire ( $n50$ ), se propone incorporar su comprobación en climas "A" mediante el estudio de su impacto en el consumo y la demanda energética, con el fin de evaluar su eficacia.

#### 7.4.2. HS4

Pese a que el Documento Básico de Salud del Código Técnico de la Edificación describe los requisitos para garantizar que las instalaciones de saneamiento y los sistemas de suministro de agua sean de calidad, así como el tratamiento y reciclaje del agua dentro de edificio, es cierto que actualmente no establece ningún vínculo con los aspectos de eficiencia del agua, es por eso que nos vamos a apoyar en las medidas que adopta LEED para proponer una mejora del HS4 que recoja los siguientes criterios:

- La conservación del agua no depende únicamente de la medición del agua, sino también del diseño de sus instalaciones y paisajismo. Para reducir el consumo de agua en el interior, se debe promover la implementación de sanitarios y accesorios de bajo consumo, lo que puede traducirse en la disminución en un 45% en el consumo de agua. Incorporar especies de plantas nativas y sistemas de riego eficientes supondrá minimizar el uso de agua, así como reducir la necesidad de fertilizantes y pesticidas químicos.
  - Con el fin de promover una gestión eficaz del agua y señalar las posibilidades de ahorrar agua, se propone implementar una medición constante del agua. Estos medidores registran la totalidad del uso de agua potable dentro de la propiedad y sus áreas adyacentes. Los datos recopilados por los medidores se condensan en informes mensuales y anuales que facilitan la detección de cualquier patrón de consumo de agua atípico.
-



### 7.4.3. CTE PARTE 1, ARTÍCULO 8, APARTADO 8.2: USO Y CONSERVACIÓN DEL EDIFICIO

Aunque el Código Técnico de la Edificación (CTE) carece de una guía completa sobre el ciclo de vida de los edificios y los materiales, en su Parte I establece que entre sus objetivos se encuentra promover la sostenibilidad ambiental a lo largo del ciclo de vida útil de un edificio, Además, la Parte II del CTE exige que se consideren los factores ambientales durante las fases de diseño y construcción de un edificio, como la selección adecuada de materiales y la gestión de residuos.

Existen documentos adicionales que abordan el ciclo de vida de las construcciones y materiales, por ejemplo, la norma ISO 14001:2015 [\[41\]](#). Esta norma denota los requisitos previos para un sistema de gestión ambiental que implica una evaluación de la vida útil de los productos y servicios.

Apoyándonos en las fortalezas de BREEAM, vamos a proponer incluir en los objetivos lo siguiente:

- Reconocer y fomentar un proceso de diseño integrado que optimice el comportamiento del edificio.
  - Otorgar valor al edificio durante su vida útil gracias a la realización del cálculo del coste del ciclo de vida para mejorar el diseño, las especificaciones, el funcionamiento y el mantenimiento, difundiendo la información sobre sus costes de inversión en aras de promover una economía sostenible.
  - Reconocer e impulsar las zonas de obras gestionadas de manera respetuosa, responsable y consecuente con el medio ambiente y la sociedad.
  - Fomentar una planificación adecuada de la entrega y del proceso de puesta en servicio que refleje las necesidades de los ocupantes del edificio.
  - Proporcionar un seguimiento tras la entrega del edificio al propietario o los ocupantes durante el primer año de ocupación para asegurar que el edificio funciona y se adapta, cuando sea relevante, de acuerdo con la intención del diseño y las exigencias de funcionamiento.
-

#### 7.4.4. DB HE

Hemos mencionado en el análisis de aportación de mejoras que el estándar Passivhaus reduce la demanda de energía para calefacción y refrigeración en un 77%, en comparación con los requisitos del CTE 2019. Para lograr estos valores debemos asemejarnos a los criterios establecidos en el estándar Passivhaus, de este modo podremos construir edificios más eficientes para afrontar los futuros retos que están por venir.

**Tabla 20.** Comparativo de exigencias mínimas de CTE 2019 Y Passivhaus.

PARÁMETROS	CTE 2019	Passivhaus
Consumo total de energía primaria [kWh/m <sup>2</sup> año]	≤56	≤120
Consumo de Energía Primaria No Renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	≤28	–
Aporte Energías Renovables ACS [%]	60	–
Demanda de energía de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ]	–	≤15
Demanda de energía de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ]	–	≤15
Valor U de la envolvente global [W/m <sup>2</sup> K]	0.58	–
Muros de valor U [W/m <sup>2</sup> K]	0.56	–
Techos con valor U [W/m <sup>2</sup> K]	0.44	–
Ventana de valor U [W/m <sup>2</sup> K]	2.30	–
Q solar [kWh/m <sup>2</sup> mes]	2.00	–
Hermeticidad [h <sup>-1</sup> ]	–	0.60
Estanqueidad ventanas [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	≤ 27	–
Tasa de aire exterior [m <sup>3</sup> /h]	118.80	
Tasa Aire Exterior [m <sup>3</sup> /h·pers]		≥30
Caudal de salida del recuperador de calor	> 0.50 m <sup>3</sup> /s	No estrict. necesario

Fuente: Elaboración propia.

## 8. RESUMEN DE ESTUDIOS Y PROPUESTAS

Los estándares del CTE más rigurosos, relacionados con el aislamiento y la hermeticidad, solo tienen en cuenta la severidad del clima invernal cuando se trata abordar el problema del sobrecalentamiento. Para el **DB-HE1** se considera crucial la incorporación de un tratamiento más riguroso y mejor definido para edificios recogidos en la zona climática “A”, con el fin de abordar la actual problemática en cuanto a sobrecalentamiento de las viviendas. A través de modificaciones que estimen nuevos límites de transmitancia térmica (U), una evaluación más rigurosa de la envolvente térmica (K) en climas “A”, la incorporación de dispositivos de protección solar para el control solar e incrementar tanto los requisitos tanto de permeabilidad al aire para los huecos (Q100) como la tasa de renovación del aire (n50) podremos combatir con este problema actual.

Por otro lado, el actual CTE tiene poca sinergia con los ODS. Para fomentar un compromiso responsable con estos objetivos se han planteado 2 propuestas para incluir contenido en la normativa referente al ODS 6: Agua limpia y Saneamiento y al ODS 12: Producción y Consumo Responsables.

De este modo, recogemos una serie de apartados que consideramos deberían incluirse en el **DB-HS4** con el fin de mejorar las prestaciones de los edificios a la vez que mejoramos la salud y el bienestar de sus huéspedes y combatimos para cumplir con uno de los ODS más importantes. Se han propuesto mejoras para reducir el consumo de agua en el interior, lo que puede traducirse en la disminución en un 45% en el consumo de agua. La incorporación de plantas nativas y sistemas de riego eficientes implicará una reducción significativa en el uso del agua. A su vez, se ha propuesto implementar una medición constante del agua para registrar la totalidad del uso de agua potable con el fin de producir informes que faciliten la detección de cualquier patrón de consumo de agua atípico.

En cuanto a la incorporación de criterios que favorezcan el compromiso con el cumplimiento del ODS 12: Producción y Consumo responsable, se ha propuesto, ya desde fases tempranas del proyecto, analizar exhaustivamente el edificio a construir desde un punto de vista de su vida útil, calculando los costes tanto del ciclo de vida, como del funcionamiento y mantenimiento del mismo con el fin de promover una economía sostenible. Del mismo modo se propone gestionar las zonas de obras de manera responsable con el medio ambiente, planificar un proceso de puesta en servicio que refleje las necesidades de los ocupantes del edificio y

---

proporcionarles una herramienta que les sirva para comprobar que el edificio funciona y se adapta correctamente a sus exigencias. Se ha propuesto su incorporación al **CTE PARTE 1, Artículo 8, Apartado 8.2: Uso y conservación del edificio.**

Por último, se ha lanzado una propuesta de mejora de los requisitos y niveles de exigencia de la certificación Passivhaus con el fin de obtener unos resultados en nuestras viviendas mucho más eficientes y acordes a las exigencias de la Unión Europea. Para ello se ha propuesto adquirir las exigencias actuales de Passivhaus:

- Consumo total de energía primaria, tanto renovable como no renovable a incluir en el **DB-HE1.**
- Demandas de energía de calefacción y refrigeración a incluir en el **DB-HE4.**
- Hermeticidad y tasa de aire exterior a incluir en el **DB-HE5.**

## 9. CONCLUSIONES

El campo de la eficiencia energética es cada vez más representativo en nuestro planeta debido a la crisis energética por la que estamos pasando. Muchas veces, la sobreinformación que nos arrojan acerca de este contenido provoca en las personas un desconocimiento generalizado en la materia.

Pese a que las certificaciones de eficiencia energética llevan más de 30 años promoviéndose, no nos hemos dado cuenta hasta hace poco de la verdadera importancia que suponen en nuestro entorno. Se ha considerado necesario un análisis exhaustivo de cada una de ellas, comprobando cuales son las categorías que abarcan, sus fortalezas y debilidades en cada caso.

Las conclusiones que se han extraído de los diferentes análisis realizados en el proyecto son las siguientes:

Los objetivos de desarrollo sostenible, nacidos en la Asamblea General de las Naciones Unidas, han sido diseñados para fomentar un plan que logre un futuro mejor y más sostenible para todos. Para ello se ha realizado un comparativo de cuales de estos 17 objetivos abarca cada una de las certificaciones sostenibles con las que se han trabajado en este proyecto. Las conclusiones han sido satisfactorias, puesto que en los tres casos se están combatiendo gran parte de estos objetivos y hay previsión de expansión.

Con respecto al análisis de las categorías y subcategorías que abarca cada una de las certificaciones energéticas, podemos concluir que tienen diferentes formas de afrontar un mismo problema, abordando categorías distintas y promoviendo y premiando la innovación en el sector. Podemos observar que cada certificación entiende la eficiencia energética desde un punto de vista distinto e intenta poner soluciones diferentes a un mismo problema. Este amplio abanico de posibilidades favorece a las futuras ideas que puedan surgir en el sector.

Se ha realizado un análisis económico con el fin de evaluar cómo de representativo es el impacto que tienen actualmente en la construcción y la rentabilidad que supone implementar estos sistemas. Se ha llegado a la conclusión de que, de igual modo que abordan distintas categorías y subcategorías, cada certificación cuantifica sus servicios de una manera distinta y esto implica entender la elección de estos sistemas como una inversión inicial que amortizará antes o después en base a la cantidad de energía consumida que consiga reducir con los sistemas implementados

---

para cada caso. Cada certificación tiene unos niveles de prestigio y calidad únicos que otorgan a las edificaciones un distintivo de calidad.

La normativa española cada vez está más avanzada en cuanto a eficiencia energética, acercándose cada vez más al concepto de edificio nZEB, aunque aún queda un largo recorrido por realizar. Actualmente hay muchos aspectos sobre la sostenibilidad que no están recogidos en ella. Existen normativas internacionales que han evolucionado bastante en este sector que podrían nutrir a nuestra actual normativa. En este proyecto se han recogido algunos aspectos recopilados de los certificados de eficiencia energética y de las directivas de la Unión europea que consideramos deberían estar incluidos en nuestro marco normativo.

Como reflexión final se detecta una fuerte necesidad de promover las buenas prácticas que entre las tres certificaciones contemplan y se pueda mejorar la actual normativa española con el fin de acercarnos a pasos más grandes a los porcentajes que baraja la Unión Europea para 2030.

## 10. REFERENCIAS

- [1] (Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico - Agencia Internacional de La Energía (AIE), n.d.) <https://www.iea.org/topics/net-zero-emissions>
- [2] (Español — IPCC, n.d.) <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
- [3] (Directiva 2010/31/UE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 19 de Mayo de 2010, Relativa a La Eficiencia Energética de Los Edificios, 2010) <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- [4] (Guía de Aplicación Del DB-HE 2019, n.d.)<https://www.codigotecnico.org/Guias/GuiaHE2019.html>
- [5] (Ranking | Climate Change Performance Index, n.d.)<https://ccpi.org/wp-content/uploads/CCPI-2023-Results-3.pdf>
- [6] (Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible, n.d.)  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [7] (BOE.Es - DOUE-L-2021-81334 Recomendación (UE) 2021/1749 de La Comisión de 28 de Septiembre de 2021 Sobre El Principio de «primero, La Eficiencia Energética»: De Los Principios a La Práctica - Directrices y Ejemplos Para Su Aplicación En La Toma de Decisiones En El Sector de La Energía y Más Allá., n.d.)  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2021-81334>
- [8] (Edificios NZEB En España: Definición, Propiedades y Normativa | Inarquía, n.d.)  
<https://inarquia.es/edificios-de-consumo-de-energia-casi-nulo-nzeb-en-espana-definicion-propiedades-y-normativa/>
- [9] (Ahorra Energía | Idae, n.d.)<https://www.idae.es/>
- [10] (Directiva (UE) 2018/ 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, n.d.) <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>
- [11] (Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico - Directiva 2012/27/UE Del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 25 de Octubre de 2012, Relativa a La Eficiencia Energética., n.d.)  
<https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
-

- [12] (*Un Pacto Verde Europeo*, n.d.) [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- [13] (*USGBC | U.S. Green Building Council*, n.d.) <https://www.usgbc.org/>
- [14] (*BREEAM®. El Certificado de Construcción Sostenible*, n.d.) <https://breeam.es/>
- [15] (*Help Shape the Future of BREEAM - BRE Group*, n.d.) <https://bregroup.com/breeam-news/version-7-public-consultation-2023/>
- [16] (*LEED Rating System | U.S. Green Building Council*, n.d.) <https://www.usgbc.org/leed>
- [17] (*Green Business Certification Inc. | A Powerful Look for a New and Promising Future*, n.d.) <https://www.gbci.org/>
- [18] (*OPR y BOD: Las Bases Para Un Proyecto Exitoso | Data Center Consultores*, n.d.) <https://www.datacenterconsultores.com/es/opr-vs-bod>
- [19] (*LEED Minimum Program Requirements | U.S. Green Building Council*, n.d.) <https://www.usgbc.org/leed-tools/minimum-program-requirements>
- [20] (*ASHRAE En Español*, n.d.) <https://www.ashrae.org/file%20library/about/new%20hq/ashrae-opr-attachment-to-design-services-rfp-signed.pdf>
- [21] (*Principios Passivhaus - Plataforma PEP*, n.d.) <https://www.plataforma-pep.org/principios-passivhaus/>
- [22] (*UNE-EN ISO 7730:2006 Ergonomía Del Ambiente Térmico. Determina...*, n.d.) <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0037517>
- [23] (*UNE-EN 13829:2002 Aislamiento Térmico. Determinación de La Est...*, n.d.-a) <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0026148>
- [24] (*UNE-EN 13829:2002 Aislamiento Térmico. Determinación de La Est...*, n.d.-b) <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0026148>
- [25] (*UNE-EN ISO 9972:2019 Prestaciones Térmicas de Los Edificios. D...*, n.d.) <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0062136>
-



[26] (*Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico - Rite - Reglamento Instalaciones Térmicas En Los Edificios*, n.d.)

<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>

[27] (*BOE-A-2019-5089 Real Decreto 244/2019, de 5 de Abril, Por El Que Se Regulan Las Condiciones Administrativas, Técnicas y Económicas Del Autoconsumo de Energía Eléctrica.*, n.d.)

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>

[28] (*Sustainable Development Goals - BRE Group*, n.d.)

<https://bregroup.com/products/breem/sustainable-development-goals/>

[29] (*Synergies between LEED and SDGs | U.S. Green Building Council*, n.d.)

<https://www.usgbc.org/resources/synergies-between-leed-and-sdgs>

[30] (*Passive House and the Sustainable Development Goals (SDGs): Connecting an International Building Standard with Global Aims [Passipedia EN]*, n.d.)

[https://passipedia.org/basics/passive\\_house\\_and\\_the\\_sustainable\\_development\\_goals](https://passipedia.org/basics/passive_house_and_the_sustainable_development_goals)

[31] (*Renovation Wave*, n.d.) [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en)

[32] (*SOBRECALENTAMIENTO EN EDIFICIOS PASSIVHAUS - Formación Passivhaus*, n.d.)

<https://formacionpassivhaus.com/sobrecalentamiento-en-edificios-passivhaus/>

[33] (*PC-BREEAM-02-Manual de la Asesor BREEAMES*, n.d.) [https://breem.es/wp-content/uploads/2022/07/IPC-BREEAM-02-02\\_Tarifario\\_ED26.pdf](https://breem.es/wp-content/uploads/2022/07/IPC-BREEAM-02-02_Tarifario_ED26.pdf)

[34] (*LEED Certification Fees | U.S. Green Building Council*, n.d.) <https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/fees>

[35] (*Lo Que Cuesta y Lo Que Ahorra Un Edificio Verde | Fortunas | Cinco Días*, n.d.)

[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2009/04/30/sentidos/1241058436\\_850215.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2009/04/30/sentidos/1241058436_850215.html)

[36] (*TÜV SÜD*, n.d.) <https://www.tuvsud.com/es-es/-/media/regions/es/pdf-files/fichas-de-servicio/energia/es-tuvsud-ficha-energia-breem.pdf>

[37] (*UNE-EN 12207:2017 Ventanas y Puertas. Permeabilidad al Aire. C...*, n.d.)

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058081>

[38] (*UNE-EN ISO 13788:2016 Características Higrotérmicas de Los Ele...*, n.d.)

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056906>

---

[39] (*Agua Potable y Consumo Responsable: El Objetivo de La Unión Europea*, n.d.)  
[https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/agua-potable-y-consumo-responsable-el-objetivo-de-la-union-europea-2023-04-05\\_es](https://spain.representation.ec.europa.eu/noticias-eventos/noticias-0/agua-potable-y-consumo-responsable-el-objetivo-de-la-union-europea-2023-04-05_es)

[40] (*Diferencias Energéticas Entre CTE 2013, CTE 2019 y Estándar Passivhaus*, n.d.)  
<https://madridarquitectura.com/cte-estandar-passivhaus/>

[41] (*ISO 14001:2015(Es), Sistemas de Gestión Ambiental — Requisitos Con Orientación Para Su Uso*, n.d.)  
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

## 11. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema cronológico de hitos de sostenibilidad en Europa.

<https://www.youtube.com/watch?v=w35xBDu5wDc&t=3915s>

Figura 2. Comparativo de diferentes certificaciones sostenibles emitidas.

<https://www.youtube.com/watch?v=w35xBDu5wDc&t=3915s>

Figura 3. Primer parque de innovación BRE en Watford (Reino Unido).

<https://www.flickr.com/photos/brewatford/21221422548/in/photostream/>

Figura 4. Proceso de certificación BREEAM. <https://www.terapiaurbana.es/wp-content/uploads/2022/07/proceso-de-certificacion-breeam.png>

Figura 5. Sistema de clasificación BREEAM.

<http://www.hidrologiasostenible.com/construccion-sostenible-certificado-breeam-y-el-agua/>

Figura 6. Esquemas de clasificación BREEAM. <https://breeam.es/esquema-de-certificacion-breeam-vivienda/>

Figura 7. Categorías de BREEAM según su manual.

<https://www.youtube.com/watch?v=w35xBDu5wDc&t=3915s>

Figura 8. Proceso de Certificación LEED.

<https://es.slideshare.net/RainieroLeonLEEDGree/introduccion-al-estndar-leed-charla-en-la-universidad-ricardo-palma>

Figura 9. Panel digital LEED ARC. <https://www.greenestbuilding.com/living-green/energy-atmosphere/arc-display/>

---

Figura 10. Certificados LEED según puntuación.

<http://www.hidrologiasostenible.com/construccion-sostenible-certificado-leed-y-el-agua/>

Figura 11. Categorías LEED y puntos posibles.

<https://www.isover.com.co/sostenibilidad/nuestro-aporte-leed>

Figura 12. Sistemas de clasificación LEED. <http://www.spaingbc.org/web/leed-4-1.php>

Figura 13. Triple Bottom Line LEED.

<https://h2sustainabilityconsulting.com/inspiration/triple-bottom-line-2/>

Figura 14. Esquema general de estándar Passivhaus. <https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a8618-an-overview-of-passivhaus/>

Figura 15. Clases de certificación Passivhaus. <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-casi-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Figura 16. Nivel de infiltraciones requerido para Passivhaus, CTE y edificios existentes.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-casi-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Figura 17. Proceso de certificación Passivhaus.

<https://www.passivhaustrust.org.uk/certification.php>

Figura 18. Zonas climáticas en España.

<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/zonas-climaticas-espana-segun-cte.html>

---

## 12. INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. BREEAM ES Vivienda. Categorías y requisitos de evaluación.

<https://breeam.es/manuales-tecnicos/>

Tabla 2. Criterios de certificación Passivhaus Baja Demanda.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-cas-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Tabla 3. Criterios de certificación EnerPHit por Demandas.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-cas-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Tabla 4. Criterios de certificación EnerPHit por Componentes.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-cas-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Tabla 5. Clasificación de la frecuencia de sobrecalentamiento.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-cas-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Tabla 6. Criterios de certificación Passivhaus para obra nueva.

<https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/casas-pasivas-y-edificios-energia-cas-nulo/que-es-el-certificado-passivhaus-casas-passivhaus.html>

Tabla 7. Consumo de energías primarias.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 8. Niveles de carga interna.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 9. Valores límite para uso residencial privado.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

---

Tabla 10. Valores límite para uso distinto del residencial privado.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 11. Valores límite de transmitancia térmica.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 12. Valor límite del parámetro de control solar.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 13. Valor límite de la permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 14. Valor límite de la relación del cambio de aire con una presión de 50 Pa.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 15. Transmitancia térmica límite de particiones interiores.

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia\\_aplicacion\\_DBHE2019.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/Guia_aplicacion_DBHE2019.pdf)

Tabla 16. Comparativa de certificados con ODS. Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Aspectos y necesidades que abordan las distintas certificaciones a analizar.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Porcentajes de influencia por categoría. Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Tasas de Registro y Certificación BREEAM y LEED.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Comparativo de exigencias mínimas de CTE 2019 Y Passivhaus.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821008549>

Gráfico 1. Comparativo de Coste por N.º de viviendas para BREEAM y LEED.

Fuente: Elaboración propia

---