



Universidad de Valladolid

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

ESTUDIO Y PROPUESTA DE APLICACIÓN DE
DISTINTOS ESTÁNDARES ENERGÉTICOS.
Cambio de uso plaza de toros Astorga.

Pablo Puente Borrego
Tutor: Miguel Ángel Padilla Marcos

Este trabajo se centra en el estudio de la eficiencia energética aplicada al ámbito de la edificación, y por consiguiente al problema existente con la demanda excesiva y las fuentes energéticas utilizadas. Con el propósito de conocer diversas alternativas, se analizan estándares y certificaciones energéticas actuales (Passivhaus, LEED, BREEAM...); el estudio se fundamenta en sus características principales, métodos de evaluación, relación con las normativas vigentes, ventajas y desventajas, etc. Del mismo modo se analizan dichas certificaciones tanto en la fase de ejecución, como en los procesos indirectos que conlleva la construcción y en la etapa postconstrucción (vida útil del edificio).

En base a los conocimientos adquiridos en la fase de investigación o estudio de los diferentes estándares y certificaciones, se plantea una propuesta de aplicación sobre un edificio existente. La propuesta se desarrolla sobre una plaza de toros con un uso muy particular y casi esporádico; convirtiéndola en un edificio multidisciplinar, cubierto y con unas condiciones interiores idóneas para un uso cultural. De esta forma podría ser válido para realizar exposiciones, ferias, conciertos, etc.

This work is focused on the study of energy efficiency applied to the building field, and consequently to the existing problem with the excessive demand and the energy sources used. With the purpose of knowing diverse alternatives, current energy standards and certifications are analyzed (Passivhaus, LEED, BREEAM...); the study is based on its main characteristics, evaluation methods, relation with current regulations, advantages and disadvantages, etc. In the same way, these certifications are analysed both in the execution phase, as well as in the indirect processes involved in the construction and post-construction stage (useful life of the building).

Based on the knowledge acquired in the research or study phase of the different standards and certifications, a proposal is made for application to an existing building. The proposal is developed on a bullring with a very particular and almost sporadic use; turning it into a multidisciplinary, covered building with ideal interior conditions for a cultural use. This way it could be valid for exhibitions, fairs, concerts, etc.

PALABRAS CLAVE/KEY WORDS

Eficiencia energética / Energy efficiency

Passivhaus / Passivhaue

Sostenibilidad / Sustainability

Construcción / Construction

Arquitectura bioclimática / Bioclimatic architecture

Energía renovable / Renewable energy

Demanda energética / Energy demand

Consumo / Consumption

AGRADECIMIENTOS

Siendo plenamente consciente, de que la gran mayoría de los que aparecerán a continuación no serán conocedores de lo expuesto en estas líneas; me veo en la obligación, con más motivo aún, de mencionarlos a todos.

Comenzaré diciendo que lejos de quitar carácter meritorio, de nada serviría centrarse en las personas que me han ayudado en este trabajo en concreto. De no ser por el apoyo mostrado en otras ocasiones, seguramente no estaría escribiendo estas mismas líneas.

A mi familia, por confiar y mostrar un pleno apoyo. Intentando en todo momento, comprender sin saber a ciencia cierta cuál era la situación.

A mis compañeros y amigos, parte fundamental. Los cuales, muy a mi pesar, me han servido de gran ayuda en más ocasiones de las que yo les he brindado a ellos. Refiriéndome a los compañeros de carrera, empezamos siendo alumnos de una misma clase, y nos hemos convertido en amigos de los de verdad.

A Alejandro Cabeza, por su tiempo, su ayuda desinteresada, su paciencia y la oportunidad brindada. Siendo de gran ayuda en momentos complicados, que no han sido pocos.

A mi tutor, Miguel Ángel Padilla, por lidiar de la mejor manera posible ante esta atípica situación vivida; y desempeñar de la mejor manera posible su función.

1. INTRODUCCIÓN:	11
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 METODOLOGÍA	14
1.3 MOTIVACIONES PERSONALES.....	14
2. CONTEXTO HISTÓRICO Y ANTECEDENTES:	15
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA PASIVA.....	15
2.2 EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA PASIVA	15
2.3 DESARROLLO DE LA NORMATIVA	18
2.4 ZERO ENERGY BUILDINGS (ZEB).....	20
2.4.1 NORMATIVA EUROPEA. DIRECTIVA 2010/31/UE	22
2.4.2 EL CONCEPTO ZEB.....	24
3. ESTÁNDAR ENERGÉTICO PASSIVHAUS:	27
3.1 ORIGEN Y DESARROLLO.....	27
3.2 DEFINICIÓN Y RELEVANCIA	28
3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	29
3.3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS	32
3.4 BASES EXIGIDAS POR EL ESTÁNDAR.....	35
3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	38
3.6 CERTIFICACIÓN	40
3.6.1 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE PROCESOS	40
3.6.2 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE COMPONENTES	41
3.6.3 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE CONOCIMIENTOS.....	42
3.7 PASSIVHAUS EN ESPAÑA	44
3.7.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN ESPAÑA	44
3.7.2 EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS Y LA NORMATIVA ESPAÑOLA (CTE)...	45
3.7.3 LOCALIZACIÓN DE PASSIVHAUS EN EL ÁMBITO NACIONAL	48
4. CERTIFICADOS O SELLOS VERDES:	49
4.1 CERTIFICADO LEED	49
4.1.1 TIPOS DE CERTIFICADOS LEED	50
4.1.2 NIVELES DE CERTIFICACIÓN LEED.....	51
4.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CERTIFICACIÓN LEED.....	51

4.2 CERTIFICADO BREEAM	51
4.2.1 ESQUEMAS DE EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN	52
4.3 LEED vs BREEAM.....	55
5. FACTORES INFLUYENTES EN EL DISEÑO DE EDIFICIOS PASIVOS:.....	57
EDIFICIOS PASIVOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN	59
5.1 FACTORES PASIVOS AJENOS AL EDIFICIO	59
5.1.1 FACTORES CLIMÁTICOS:	59
5.1.2 VEGETACIÓN	60
5.1.3 FACTORES URBANOS:.....	62
5.1.4 FACTORES POLÍTICOS Y LEGISLATIVOS:.....	63
5.2 FACTORES ACTIVOS AJENOS AL EDIFICIO.....	63
5.2.1 ELEMENTOS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA:	63
5.2.2 INSTALACIONES COMUNES, ENERGIA DE DISTRITO:	64
5.3 FACTORES PASIVOS PROPIOS DEL EDIFICIO	64
5.3.1 EMPLAZAMIENTO:.....	64
5.3.2 ORIENTACIÓN:.....	64
5.3.3 RECURSOS ENERGÉTICOS NATURALES:	66
5.3.4 ASPECTOS FORMALES Y TIPOLÓGICOS:	67
5.3.5 ENVOLVENTE:.....	68
5.4 FACTORES ACTIVOS PROPIOS DEL EDIFICIO	73
5.4.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA RENOVABLE:.....	73
5.4.2 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN ENERGÉTICA:.....	75
5.4.3 COMPONENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO:	75
5.4.4 SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA:	76
EDIFICIOS EXISTENTES CONVERTIDOS EN EDIFICACIONES PASIVAS	76
5.5 ESTRATEGIAS APLICABLES EN EDIFICACIONES EXISTENTES	76
5.5.1 AISLAMIENTO TÉRMICO:.....	76
5.5.2 HUECOS Y CARPINTERIAS:.....	77
6. PROPUESTA DE APLICACIÓN:.....	79
6.1 DOCUMENTACIÓN DEL EDIFICIO	79
6.1.1 EMPLAZAMIENTO	80
6.1.2 DATOS GENERALES.....	80

6.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN CASTILLA Y LEÓN	84
6.2.1 CLIMA EN LA PROVINCIA DE LEÓN.....	84
6.3 NORMATIVA NACIONAL Y AUTONÓMICA	86
6.4 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	89
6.4.1 ENERGÍA SOLAR.....	89
TIPOS DE ENERGÍA SOLAR.....	90
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR	94
6.4.2 ESTUDIO SOLAR:.....	96
6.4.3 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.ESTADO INTERVENIDO:	97
6.4.4 MEMORIA DESCRIPTIVA:	103
6.4.5 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA BASADAS EN DICHS ESTANDARES Y CERTIFICACIONES:	104
6.4.6 JUSTIFICACIÓN Y CÁLCULOS:.....	105
7. CONCLUSIONES:	115
8. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES:	117

INTRODUCCIÓN:

El transcurso del tiempo ligado a sucesos de carácter relevante, como crisis de fuentes de energía (crisis del petróleo en el año 1973 y otros casos similares de notable importancia), junto con el aumento considerable de los índices de contaminación, o el consumo de energía elevado en núcleos urbanos concentrados, etc. Han despertado una cierta preocupación con respecto a un tema de gran interés social, como es el cambio climático. Dicho fenómeno se traduce en variaciones aceleradas que padece el clima del planeta (incremento de la temperatura media, deshielo de los polos, etc.), como resultado de la acción del ser humano. Se está despertando cierta conciencia social, que intenta de alguna forma paliar o disminuir las consecuencias del calentamiento global del planeta. Realidad ya evidente, cuya situación y evolución se encuentra ligada inevitablemente a las acciones humanas. Por lo tanto, se están estableciendo, por parte de comunidades y sociedades, una serie de medidas e iniciativas (de carácter nacional, mundial, etc.); que buscan afrontar dicha problemática y solucionarla, en la medida de lo posible.

En la actualidad, se respira una situación de constante inestabilidad, que desemboca en la búsqueda de un nuevo modelo energético fundamentado en la sostenibilidad. Esto supone un notable cambio en contraposición con las actuaciones presentes, basadas fundamentalmente en el mayor crecimiento posible, con el correspondiente gasto de energía. En relación a esto, nos encontramos ante la duda de si dicho abastecimiento energético, se podrá mantener mediante las reservas existentes; de origen fósil en su inmensa mayoría. Fruto de debate también es el carácter limitado o ilimitado de dichas reservas, por tanto, y pese a que con frecuencia se encuentran nuevas fuentes generadoras; es necesario esa búsqueda constante de alternativas capaces de sustituirlas, si no existiese otra posibilidad, o complementarlas para reducir a límites mínimos o aceptables su consumo. El ámbito de la arquitectura adquiere un peso considerable en gran parte de dichas iniciativas; ya que alrededor del 40% de la energía primaria consumida en Europa, es destinada al abastecimiento eléctrico y de calefacción de edificios, con su correspondiente emisión de gases contaminantes. También resulta relevante el gasto energético que conlleva el proceso edificatorio y todo lo que este implica indirectamente. Todo el conjunto en sí mismo, con la emisión de gases

previamente mencionada, incrementa el ya conocido efecto invernadero, con sus correspondientes consecuencias.

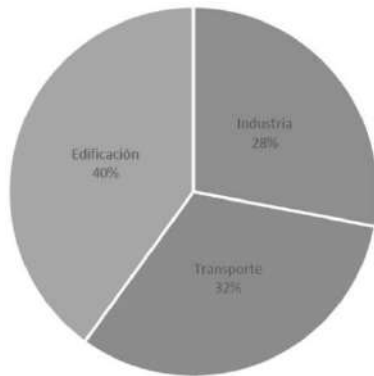


Figura 01. Porcentajes energéticos por sectores económicos. Fuente: www.ine.es (2009).

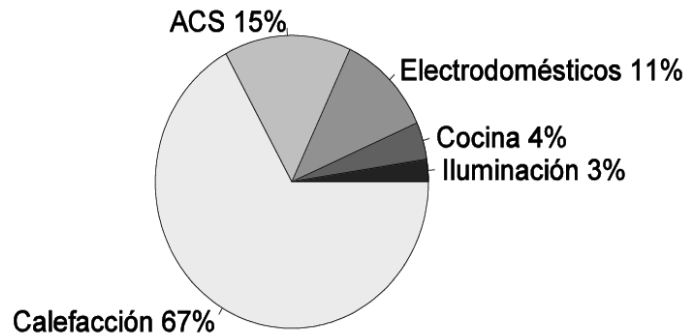


Figura 02. Consumo de vivienda en España. Fuente: www.ine.es (2009).

Fruto de lo anterior, se establecen compromisos por parte de numerosos países, para intentar eliminar al máximo las causas de este fenómeno, y disminuir sus efectos. Estos compromisos se traducen en forma de guías o normativas, dependiendo de cada país o región y de la escala dentro de los mismos. A pesar de esto, todo tienen como objetivo común la búsqueda de una adecuada eficiencia y sostenibilidad energética.

En este contexto ubicamos el origen del *Passivhaus Institut*, que contribuye con investigaciones sobre un nuevo modelo constructivo; caracterizado por un consumo de energía más eficiente y sostenible, manteniendo las condiciones de confort adecuadas. Como se desarrollará más adelante, este modelo tendrá su primer punto focal de desarrollo en Alemania, con el transcurso del tiempo se ha puesto en valor su aplicación en emplazamientos muy diversos a este; obteniendo resultados diferentes pero aceptables, lo cual conlleva un crecimiento de carácter internacional. Como seña de identidad del estándar *Passivhaus*, destaca su desarrollo sostenible y responsable, aportando respuestas diversas en base a las condiciones medioambientales específicas de las distintas regiones que nos podemos encontrar en Europa. Se comentará también la viabilidad y puntos característicos de la implantación de dicho estándar en España. Ya que existen notables diferencias climatológicas con respecto a otras regiones europeas. Del mismo modo, a nivel nacional, también están presentes estas diferencias entre las distintas zonas que componen el territorio nacional; las zonas del sur o zonas costeras en contraposición con regiones como Castilla y León. Con esto se pretende explicar que, pese a la multitud de casos ya existentes, en diversos países o zonas dentro de un mismo país; existirán una serie de

puntos comunes con carácter general, pero cada caso será diferente al anterior debido a la variación (en menor o mayor medida) de las condiciones ambientales y climatológicas, que podemos encontrar en cada uno de los emplazamientos. También influye la técnica y coste de construcción específicos de cada región. Por todo lo anterior, y salvando las distancias, se podría afirmar que cada uno de estos proyectos posee un carácter único, no permitiéndoles validez para otros emplazamientos diferentes.

En lo que a normativa se refiere, se abordaran las diferentes medidas desarrolladas por parte de la Unión Europea, en particular, de la Directiva sobre Eficiencia Energética de los Edificios; el conocido objetivo 20/20/20, cuya búsqueda se centra en conseguir una reducción del 20% en la emisión de CO₂ para el año 2020. Desde su partida inicial, esta serie de medidas se plantean desde un punto de vista progresivo, enfocadas desde su puesta en vigor, con una posterior intensificación hasta lograr niveles adecuados y sostenibles que consigan lograr una estandarización adecuada. Del mismo modo se tratará la adaptación a cada legislación específica vigente en este ámbito, de cada país o región (normativa estatal, autonómica, etc.).

Para la propuesta de aplicación, y tras diversos planteamientos a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo de fin de grado, se plantea una intervención en la plaza de toros de la localidad de Astorga. Al tratarse de esta tipología edificatoria, con un uso claramente definido, resulta más complejo aplicar los principios característicos del estándar y certificaciones energéticas analizados previamente. Por lo que se pretende dotar al edificio con una cubierta capaz de proteger la totalidad del mismo, y que actúe como fuente de energía; es decir, no solo conseguir un edificio autosuficiente, sino un edificio capaz de generar energía y suministrarla a la red. Se opta por una solución que albergue una superficie de captación solar (paneles solares fotovoltaicos), integrada en la propia cubierta planteada.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo radica en el estudio de los distintos estándares y certificaciones energéticas vinculados a edificios residenciales (en mayor medida). Planteando también propuestas de aplicación, de dichos estándares, en edificios de notable relevancia desde el punto de vista arquitectónico; manteniendo su esencia o carácter arquitectónico. Con esto se pretende mostrar que un tema tan a la orden del día, como

es el de la sostenibilidad y la eficiencia energética, no está desligado con un diseño "atractivo" y adecuado. El transcurso y desarrollo del mismo, conllevará pequeñas modificaciones o desviaciones en el objetivo final; manteniendo siempre el tema fundamental. Esto ocurrirá en mayor medida en la propuesta de aplicación, la parte más práctica del trabajo, estrechamente condicionada por lo plasmado en la parte teórica durante el proceso de investigación y documentación. Además, este apartado está limitado por otro tipo de factores; las características particulares a la hora de elegir un edificio en concreto, y las posibilidades que va a permitir cada uno de ellos de manera individualizada.

1.2 METODOLOGÍA

El proceso comienza con la investigación y búsqueda de información, de los distintos estándares y certificaciones energéticas existentes en la actualidad. Siguiendo la misma temática se analizan sus características principales, la evaluación y metodología de certificación de los mismos, así como su aplicación en las diversas etapas que engloba el desarrollo de las edificaciones (proyecto, ejecución, post construcción y mantenimiento). Se pretende con esto profundizar en las diferentes alternativas capaces de reemplazar a las fuentes de energía actuales, o bien reducir a valores aceptables la demanda energética actual de los edificios. Finalmente se pretende unificar conocimientos, aplicándolos en una propuesta de intervención sobre una edificación existente.

1.3 MOTIVACIONES PERSONALES

A medida que uno va divisando el "final" de su etapa académica, y siendo plenamente conocedor de los trabajos y tramites que se han de realizar, van surgiendo una serie de preguntas cuyas respuestas pueden ser muy difusas. Desde un principio, y antes de saber hacia qué campo o campos orientarse, tenía claro que debía de tratarse de un tema con un notable poso de realidad y viabilidad; pensando siempre en un futuro próximo (esperemos). Cabe mencionar la motivación a la hora de realizar este trabajo. Ésta nace como consecuencia del actual y grave asunto del cambio climático, centrándose en lo que atañe al ámbito de la arquitectura. Tema al orden del día, del que se deriva un notable auge de soluciones y medidas alternativas para intentar conseguir una solución apropiada. Pretendo que la realización del mismo y todo el proceso que conlleva, amplíe mi conocimiento en este extenso campo; para conseguir, en un futuro, la posibilidad de aplicarlo y obtener así unas soluciones apropiadas y comprometidas con el entorno y la sostenibilidad.

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA PASIVA

Previo a la explicación del proceso evolutivo de la arquitectura pasiva, resulta de gran interés definir este concepto y compararlo con otros con los que guarda cierta relación.

La arquitectura pasiva se define como: *“Aquella que se adapta a las condiciones climáticas de su entorno”*. (Fuente: Wassouf, *De la casa pasiva al estándar Passivhaus*, 2014, pág. 7). Se fundamenta en una serie de criterios, fruto del empirismo de la arquitectura tradicional o popular¹. Tiene como finalidad la búsqueda óptima de condiciones de confort higrotérmico, utilizando su propia configuración arquitectónica.

Otro término de gran interés, sería el de arquitectura bioclimática. Definida como: *“Aquella que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega -exclusivamente- con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (los que son considerados sólo como sistemas de apoyo)”* (Fuente: Arq. Beatriz Garzón, *Arquitectura Bioclimática*, 2007, pág. 15).

En relación a las definiciones anteriores de estos términos, estrechamente ligados, se puede considerar que ambos tienen como denominador común; la realización de arquitectura adaptada al medio y entorno en el que se localizan, para conseguir un correcto y adecuado confort higrotérmico. Y por consiguiente disminuir en la medida de lo posible, la utilización de sistemas de calefacción y ventilación.

2.2 EVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA PASIVA

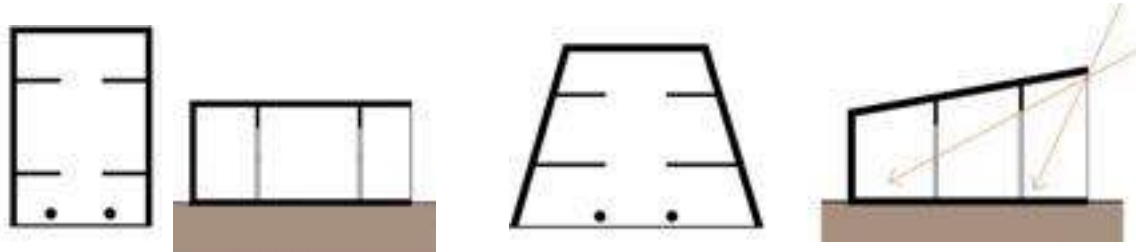
Como punto de partida para explicar el proceso evolutivo de este concepto, nos tenemos que remontar a la Antigua Grecia. Intelectuales y filósofos como Sócrates o Aristóteles, realizaron investigaciones y aportaciones relacionadas con este tipo de soluciones arquitectónicas

Sócrates (470 a 399 a. C.) afirmó:

“...en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra...”. (Fuente: Hernández, 2014).

¹ Arquitectura popular: Concepto que engloba aquellas construcciones o edificaciones cuyas características tipológicas y constructivas son comunes, en entornos geográficos concretos.

En su caso, Sócrates planteó una serie de propuestas, para mejorar el Megaron griego. (esto ocurre en el siglo IV a.c). Las modificaciones tienen por objetivo, sustituir la forma en planta, convirtiéndola en trapezoidal; consiguiendo así una mayor captación de energía solar en invierno. Introduciendo también una serie de voladizos, que cumplieran la función de parasol en verano.



Planta tipo Megaron griego.

Propuesta planteada por Sócrates.

Figura 03. Esquemas en planta y sección del Megaron griego, y propuestas de mejoras planteadas. Fuente: "De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos". M. Wassouf, 2014.

Por su parte, Aristóteles (384-322 a.c), expuso algo similar:

"Resguardarse del frío norte y aprovechar el calor del sol es una forma moderna y civilizada". (Fuente: Hernández, 2014).

Situándonos en la época del imperio romano. Encontramos figuras intelectuales, como Marco Vitrubio (arquitecto, ingeniero, escritor, etc.), que del mismo modo realizan una serie de afirmaciones o propuestas vinculadas a dicha temática:

"Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos debemos comenzar por tomar buena nota de los países y climas en que estas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Egipto, otro para España... otro aún diferente para Roma, y así sucesivamente con las tierras y países de características diferentes. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras que otras se encuentran a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de casas deberían conformarse a las diversidades del clima". (Fuente: M. V. Espí, "Habitat.aq.upm,")

Con el transcurso del tiempo, y la serie de continuos y notables cambios que esto conlleva, se tiende hacia una arquitectura vernácula. Este tipo de arquitectura, se fundamenta en orientar el diseño hacia técnicas constructivas, que consigan un aprovechamiento óptimo de los recursos presentes en la zona o entorno de actuación. Este proceso se basa en el conocimiento empírico, que se transmite a su vez de generación en generación, y es extrapolable únicamente a un lugar o situación geográfica concreta, con sus correspondientes condiciones climáticas.

Se pueden encontrar diferentes ejemplos significativos de este tipo de arquitectura, como es el caso del tránsito entre la edificación superficial plena

y la vida en las cuevas; viviendas trogloditas (números ejemplos en el norte de África) como respuesta empírica a las condiciones climatológicas del lugar. Se observaba que bajo tierra la temperatura se conservaba prácticamente constante, dependiendo de su orientación se aprovechaba o por el contrario se protegía de la incidencia de la radiación solar mediante la construcción de taludes. Estrategias prácticamente idénticas a las buscadas durante la fase de diseño de una Passivhaus.

Por contrapartida en climas notablemente fríos como los que nos podemos encontrar en la zona Norte de Europa, y del mismo modo empírico que los casos anteriores; desarrollan una práctica constructiva específica (incluyendo las materias primas utilizadas en la misma) que les ayude a crear una protección frente a la adversa climatología de su entorno. Remontándonos a la época de la Edad Media², encontramos algunas de estas medidas; utilizar el terreno a modo de aislante térmico, creando así cubiertas con vegetación. En lo que a los paramentos se refiere, utilizaban muros de piedra de gran espesor, con un buen comportamiento de aislamiento y una gran inercia térmica.

Por proximidad y abordando el ámbito nacional, encontramos ejemplos similares en España:

-Las viviendas excavadas en ciertas zonas de Andalucía (muy comunes en Granada), a modo de cuevas. Debido a la gran diferencia de temperaturas que se registran entre la estación de verano y de invierno. Con esa solución se consigue, utilizando la inercia térmica del subsuelo, una temperatura prácticamente constante en su interior. Además, esta técnica se complementa, con acabados exteriores blancos (a base de cal generalmente), que ayudan a la disipar el calor, disminuyendo la acción de la radiación solar.

-Siguiendo en la misma ubicación geográfica, es muy común encontrarnos patios andaluces (en la mayoría de los casos tipo claustro), repletos de vegetación y con elementos de agua. Con esto se consigue crear espacios sombríos que protegen de la incidencia solar, y crear un ambiente lo más refrescante posible.

-En la zona norte de la península, se utilizan técnicas como creación de muros de gran espesor, para conseguir una elevada inercia térmica. Edificaciones elevadas sobre la cota del suelo, para así proteger de la humedad (zona Norte, donde la humedad es notablemente alta).

Estas arquitecturas populares, características de la cada situación, dieron lugar a tipologías arquitectónicas concretas en función de unas condiciones climáticas específicas, como ya se ha mencionado anteriormente. Si bien es cierto que algunos fenómenos, producen un punto y aparte en este campo. A principios del siglo XX, nace en Europa una corriente arquitectónica conocida

² Edad Media: Periodo histórico, posterior a la Edad Antigua y anterior a la Edad Moderna, que comprende desde el fin del Imperio romano (hacia el siglo V) hasta el siglo XV. Es muy común encontrarse, por parte de ciertos historiadores, este periodo dividido en dos etapas diferenciadas; Alta Edad Media y Baja Edad Media.

como *Estilo Internacional*. Sus directrices se fundamentaban en los siguientes temas:

1. Búsqueda de una arquitectura con carácter unitario, que tienda a la globalización, y que pueda llegar a ser común a cualquier localización o zona.
2. Ruptura con los estilos tradicionales; ausencia de ornamento, búsqueda de una fabricación en serie, diseño basado en la simetría y ortogonalidad, introducción de nuevos materiales (hormigón armado), etc.
3. Relacionado con la aplicación de esos nuevos materiales; liberación de la fachada como elemento estructural. Permitiendo la apertura de grandes huecos en fachada, espacios y elementos en voladizo.

En este contexto tiene lugar grandes desplazamientos poblacionales hacia las grandes ciudades, provenientes de zonas rurales, como consecuencia de la industrialización³. Esto requiere una elevada necesidad de creación de vivienda; social, de carácter industrial y estándar. Esta producción tan inmediata tiene como consecuencias unas condiciones constructivas muy básicas; desde el punto de vista de la calidad de materiales utilizados, como en el propio diseño y proceso constructivo. El objetivo principal de estas edificaciones era dar cobijo a la nueva población. No se tenían en mente la eficiencia o el consumo energético.

Todo lo anterior, ligado a la aparición de máquinas de climatización y ventilación, que permitían controlar las condiciones interiores de las viviendas. Causan un abandono prácticamente absoluto de una arquitectura eficiente y comprometida con el medio. No será hasta la llegada de ciertas crisis energéticas, como la del petróleo en la década de los años 70, cuando resurgirá cierta preocupación por aspectos medioambientales y sostenibles con el entorno. Dicha preocupación deriva en la investigación y búsqueda de técnicas, cuya finalidad consiste en el aprovechamiento óptimo de los recursos existentes en el entorno, desde el punto de vista de la sostenibilidad y eficiencia energética.

2.3 DESARROLLO DE LA NORMATIVA

Algunas de las estrategias a nivel mundial tales como el Protocolo de Kioto (año 1997), causaron un compromiso por parte de países industrializados, para conseguir una merma en la emisión de gases contaminantes. Como consecuencia de lo anterior, comienzan a surgir, una serie de guías, en forma de normativas, dentro de cada uno de los países o naciones implicadas.

³ Industrialización: Concepto basado en la producción a gran escala de productos, a través de la utilización de máquinas o mecanismos cuyo accionamiento proviene de fuentes de energía. La actividad industrial (proceso industrial como actividad económica), tuvo gran importancia a nivel europeo en los siglos XVIII-XIX.

Independientemente de estas normativas, se generan una serie de tácticas, de carácter voluntario, cuyos objetivos son una adecuada eficiencia energética y la correcta sostenibilidad del medio ambiente; con miras al futuro del planeta y la humedad. Algunos ejemplos de estas estrategias son:

- . **Certificaciones medioambientales:** GBCE, LEED, BREEAM, DGNB, etc.
- . **Estándares energéticos de construcción:** Passivhaus, Effinergie, etc.

Desde el mencionado protocolo, y con las constantes alteraciones en lo que al fenómeno del cambio climático se refiere, la normativa europea actual (*directiva 2010/30/UE, Parlamento Europeo 19 de mayo 2010 y publicada en junio del mismo año*) establece una serie de pautas de carácter obligatorio:

“Todos los edificios públicos construidos en Europa deben de ser “nearly zero energy buildings” (NZEB) a partir del 31 de diciembre de 2018. Para los edificios de titularidad privada, la fecha límite es el 31 de diciembre de 2020. Los Estados miembros de la UE deberán de presentar planes para la promoción de este tipo de edificios.” Fuente: Directiva Europea 2010/30/UE.

Con esto se pretende alcanzar, edificios de elevada eficiencia energética. Se deberá tener en cuenta en la etapa de diseño del edificio la energía consumida por el mismo, y los gastos presentes a lo largo de su vida útil; desde el punto de vista de reformas, mantenimiento o energético.

De nuevo la normativa europea estipula, una definición de este tipo de edificaciones:

“Un edificio de consumo de energía casi nulo es aquel con un nivel de eficiencia muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno.” (Fuente: Directiva Europea 2010/30/UE/Art. 2).

Estas descripciones, no indican como conseguir llegar a la finalidad requerida, por lo que entra en juego las medidas y directrices que cada país o región debe marcar para acercarse al objetivo estipulado. Por consiguiente, y teniendo en cuenta las diferencias climáticas presentes en el territorio que conforma la Unión Europea, cada medida estará encaminada y se articulará en base a unos criterios específicos relacionados con el clima de dichas zonas. En el caso de España, se toma como punto de partida, la normativa *NBE-CT-79(Normas Básicas de Edificación)*, publicada en el año 1979. Abordaba de manera elemental las condiciones térmicas en a la edificación de la época. En la mayoría de los casos se trataba de un documento válido para cualquier proyecto, en el que el técnico responsable, bajo su criterio, planteaba una serie de soluciones constructivos de los cerramientos.

No será hasta el 2006, con la puesta en vigor del *CTE (Código Técnico de la Edificación)*, cuando se produzca un cambio sustancial en cuanto a exigencias energéticas. El apartado correspondiente del CTE en relación a este ámbito será el *DB-HE (Documento Básico, Ahorro de Energía)*. Esta norma supuso, el

interés por el comportamiento térmico de los cerramientos, la elección de las carpinterías y vidrios, incluso introducir elementos de apoyo tales como placas solares o similar. Dependiendo de la zona donde se ubicase la edificación, tras su puesta en vigor, se empezaría a considerar la colocación de aislamientos de entre 4-6 cm (lana mineral).

Años más tarde, la reformulación del CTE que tiene lugar en 2013, supone un notable salto en lo que a exigencias energéticas se refiere, en relación a lo estipulado en la norma del año 2006. Se traduce en un aumento de prácticamente el doble en cuanto a espesores se refiere, unos 8-10 cm de valor medio (lana mineral); del mismo modo se incrementa la mejora de las especificaciones en carpinterías, vidrios, etc. Esta mayor exigencia, se realiza con miras al objetivo de ECCN (Edificios de Consumo Casi Nulo), que tiene que fechas límite, el año 2018 para edificios públicos y 2020 para edificios privados.

2.4 ZERO ENERGY BUILDINGS (ZEB)

Pese a su reciente divulgación (a partir del año 2010 aproximadamente) el origen de dicho termino (en castellano Edificios de Energía Nula), se puede establecer a mediados de los años 70; como causa efecto de sucesos ya mencionados con anterioridad (crisis del petróleo de 1973 por ejemplo). Aparecen pues, prototipos y diseños de viviendas con el subíndice de “energía cero”. Ejemplos de esto encontramos:

- **“Philips Experimental House”**: Proyecto llevado a cabo por Steinmüller y Höster, junto un con equipo de apoyo; en el año 1974 (Aachen, Alemania). Incorporaba en su diseño intercambiadores de calor de suelo, ventilación controlada, sistema de aprovechamiento solar y tecnología de bomba de calor. Presentaba una disposición notablemente aislada. Todo esto estaba controlado por una computadora, que calibraba y a su vez testeaba los distintos valores de eficiencia energética y a su vez servía para establecer estudios sobre el uso de distintas fuentes de energía renovables. Con todo este sistema de automatización, se obtuvo un ahorro sustancial de energía, implementado únicamente sistemas pasivos.



Figura 04. Philips experimental house, ubicada en Aachen (Alemania). Fuente: <https://www.ecocor.us/>.

- **“Vivienda DTH”**: Proyectada a mediados de los años 70 en Dinamarca (1975-1977 según datos), de la mano de los arquitectos Esbensen y V. Korsgard. Construida en la Universidad Técnica. Incorporaba en su diseño un conjunto de colectores verticales colocados de forma vertical, que alimentaban una fuente de almacenamiento subterráneo de calor. Con esto se conseguía acumular energía solar captada en verano y utilizarla para calefactar la casa en invierno. Debido a su condición de prototipo o vivienda experimental, se daban una serie de dificultades técnicas, mayoritariamente en los colectores solares y el almacenamiento, el resto de la vivienda funcionaba según lo previsto.

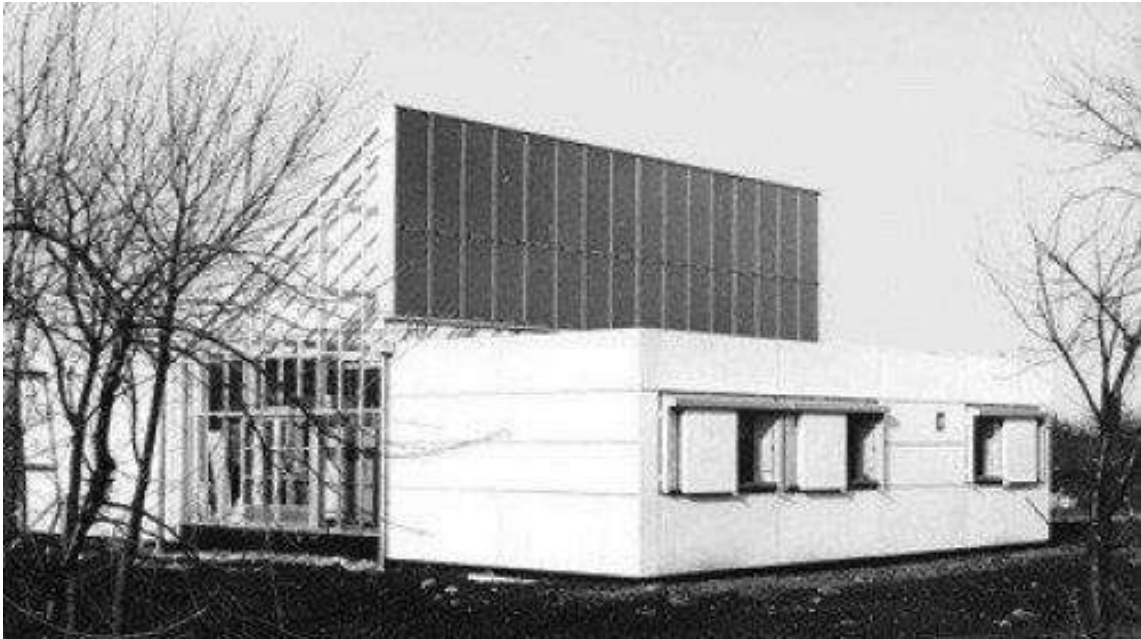


Figura 05. Casa DTH, ubicada en Dinamarca. Fuente: <http://www.energyadvisoryassociates.co.uk/>. (Imag. Torben Esbensen).

- **“Casa super aislada”**: Forma parte de una serie de proyectos ubicados en el Norte de los Estados Unidos (años 80). Presentaban valores bastante aceptables para esa época, muy cercanos a los requeridos por las Edificaciones Pasivas. Debido a estos, constatan una base fundamental en la que apoyarse para el



diseño de edificios de bajo consumo y arquitectura pasiva en el Europa.

Figura 06. "Casa super aislada", ubicada en los EE.UU. Fuente: <https://passipedia.org/>

A pesar de que los resultados obtenidos no fueron plenamente satisfactorios, o los esperados en algunos aspectos (debido a problemas técnicos en los mecanismos utilizados, sobre todo) sirvieron como punto de partida a modelos posteriores. Problemas importantes en estos edificios con carácter experimental fueron:

- . Desconocimiento de la gran importancia de la hermeticidad. Uno de los grandes descubridores de este campo fue el profesor A.Elmoth.
- . Estrechamente relacionado con el punto anterior, debido a la falta de materiales y sistemas productivos de alto rendimiento, en relación a los utilizados hoy en día. Esto daba lugar a ventanas de dimensiones muy reducidas, o estaban provistas de un aislamiento auxiliar. Con esto se conseguía reducir gran parte de las pérdidas, dificultando notablemente su utilización.
- . El carácter experimental de las máquinas y mecanismos utilizados; al tratarse en gran parte de los casos de prototipos, su funcionamiento no era el apropiado o esperado y en algunos casos no el tiempo activo no era el suficiente.

A pesar de todo, establecieron una serie de referencias notablemente importantes para el desarrollo de lo que hoy conocemos como Passive House o Viviendas Pasivas.

2.4.1 NORMATIVA EUROPEA. DIRECTIVA 2010/31/UE

Esta normativa cuenta con una serie de precedentes en base a los cuales se ha ido desarrollando, y de la misma forma unas series de posteriores repercusiones. No aparece de forma inmediata, sino que es fruto de un prologando tiempo de concienciación sobre el tema energético y de sostenibilidad. Tiene un fuerte peso en esta reflexión, el Protocolo de Kioto⁴; establecido en 1997 (entra en vigor realmente en el año 2005). En dicho acuerdo internacional se firma un objetivo de reducción de gases relacionados con el efecto invernadero, por parte de los diversos países.

Con posteridad, y una vez publicada la Directiva 2010 por parte de la Unión Europea, surgen preocupaciones y reflexiones sobre el gran peligro que implica el cambio climático. En el año 2017, tiene lugar en París un Acuerdo sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas. En él se presenta como tema focal, la necesaria reducción de emisión de gases causantes del efecto invernadero.

⁴ Protocolo de Kioto: "El Protocolo de Kioto² es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. En el protocolo se acordó una reducción de al menos un 5 %, de las emisiones de estos gases en 2008-2012 en comparación con las emisiones de 1990". Fuente: [wikipedia.org](https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Kioto)

Existen otra serie de reuniones, conferencias, acuerdos... en base al tema energético, las cuales han sufrido adaptaciones a la situación particular de cada momento. En la mayoría de los casos dan lugar a Normativas o Directivas Europeas.

No será hasta el año 2010, a raíz de Directiva 2010/31/UE (19 de mayo); en lo relativo a eficiencia energética de las edificaciones, cuando se introduzca de manera contundente el concepto ZEB. Esta directiva formulaba lo siguiente: *“La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”*. Del mismo modo incorpora un calendario de implantación de edificios ZEB, de manera evolutiva hasta llegar a tener carácter impositivo. Dos fechas clave en este calendario son:

-31 de diciembre de 2018, para edificaciones públicas de nueva construcción:

Objetivo no cumplido, en cierta forma, por las constantes alteraciones y revisiones llevadas a cabo por técnicos y autoridades pertinentes; sumado a ciertas etapas de inestabilidad política presentes en diversos países de este ámbito. Por otra parte, la falta de decisión a la hora de implantar el carácter impositivo, en forma de normativa (CTE en el caso de España), dificulta en cierta manera este proceso. No permitiendo así, el acceso o conocimiento de mecanismos o tecnologías necesarias para lograr este hito.

-31 de diciembre de 2020, para todas las edificaciones de nueva construcción:

Basándose en el margen de tiempo del que se dispone, previsiblemente si se puede llegar a conseguir el cumplimiento de las exigencias básicas que impone este hito. Estas vienen marcadas por el Codigo Técnico de la Edificación (en el caso de España, que es el que nos atañe), una vez publicadas irán apareciendo revisiones y nuevas publicaciones, cada 5 años principalmente (nueva publicación en 2019), y por consiguiente un aumento prolongado en estas especificaciones. Con esto se pretende alcanzar una uniformidad total, de tal forma que; se establezcan los mismos valores para la totalidad de las edificaciones, que los que se exigen a un edificio nZEB de hoy en día.

2.4.2 EL CONCEPTO ZEB

El término ZEB (Edificios de Energía Nula) presenta diversos enfoques; en gran medida debió a que no existe una definición con carácter internacional propiamente dicho, en lo que a características principales debe presentar este tipo de arquitectura. Como consecuencia surgen principalmente dos “ramificaciones”:

-Nearly-Zero Energy Buildings (NZEB): Con carácter europeo, edificaciones de consumo energético casi nulo.

-Net-Zero Energy Buildings (nZEB): En el ámbito estadounidense, edificios de consumo energético neto nulo.

Ambas presentan gran cantidad de similitudes, aunque entra en valor las diferencias existentes entre las normativas de cada una de las dos regiones. Diferencias que se verán plasmadas en forma de limitaciones energéticas, las cuales sirven para establecer de forma oficial si un edificio es considerado bajo el concepto energía nula. La diferencia principal entre ambos, es la relación que se establece entre gasto y producción energética. Las conocidas como Net-Zero Energy Buildings, tiene como característica principal que el consumo de energía primaria sea cero; balance entre consumo y producción a lo largo de todo el año. Mientras que en las nZEB se fijan unos valores límite de consumo energético lo más bajos posibles, tanto en energía primaria como en demanda de calefacción y ventilación. En base a esta desigualdad, puede existir la posibilidad de que una edificación no sea considerada Zero Energy, aun presentado valores de consumo energético que una que si lo sea. Por ejemplo, un edificio puede registrar un consumo energético (energía primaria) elevado, pero a su vez ser capaz de producir una gran cantidad de energía (fuentes de energía renovables o similares); por lo tanto, la relación entre gasto y producción de energía puede ser un balance de cero, incluso negativo (producción energética mayor que el gasto). Esto entraría dentro del rango NZEB, pero como consecuencia de un gasto excesivo de energía primaria, no podría establecer como edificio nZEB. En la inmensa mayoría de los casos, este consumo desmesurado viene dado por utilización de sistemas constructivos inadecuados o a una falta de concienciación con una arquitectura sostenible.

Por proximidad, se desarrolla el término nZEB. Como se ya ha mencionado con anterioridad, el origen radica en la Directiva 2010 de la Unión Europea. Dicha directiva define este concepto de la siguiente forma: *“Un edificio de consumo de energía casi nulo es edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinara de conformidad con el anexo I. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en entorno”* (Artículo 2, definiciones) No se pretende únicamente aportar una definición como tal, ya que la idea base

de este término es la continua adaptación al transcurso del tiempo. Dicha directiva establece de manera impositiva, una actualización periódica cada 5 años; por consiguiente, este término ira desarrollándose simultáneamente con las exigencias que establezcan las diferentes normativas.

Existen una serie de característica principales, que determinan si un edificio es de consumo casi nulo o no. Estos permanecerán fijos con el paso del tiempo, cambien en caso de ser necesario los valores que regulan los mismos a través de la normativa vigente (CTE). Algunos ejemplos son:

- Indicador de eficiencia energética.
- Consumo de energía primaria⁵ total (kWh/m²año).
- Consumo de energía primaria procedente de fuentes de energía renovable producidas in situ (kWh/m²año).
- Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m²año).

También dicta una serie de aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar un proyecto con esta idea:

- Características térmicas del edificio. Lo cual engloba su capacidad térmica, aislamiento, elementos de refrigeración, puentes térmicos, etc.
- Diseño, orientación y condiciones climáticas del entorno.
- Instalaciones de calefacción y agua caliente.
- Instalaciones de refrigeración.
- Ventilación, ya sea natural o mecánica.
- Instalaciones solares de captación y protección solar.
- Instalación de iluminación.
- Condiciones interiores.
- Cargas interiores.

⁵ Energía primaria: "Se denomina Energía Primaria a aquella energía disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada. Existen dos grupos: las energías primarias no renovables (petróleo, carbón, gas y uranio) y las energías primarias renovables (hidráulica, eólica, solar y biomasa)".
Fuente: <https://www.smartgridsinfo.es/>

Las edificaciones englobadas dentro del término Passivhaus se caracterizan por un elevado nivel de confort interior en las mismas, con un mínimo consumo energético. Este tipo de estándar energético cobra gran importancia y resulta de gran rentabilidad en edificios de nueva construcción. Existen diferentes categorías en función de la demanda de energía primaria renovable (PER).

3.1 ORIGEN Y DESARROLLO

La palabra "Passivhaus" proviene del alemán, y significa "casa pasiva". Nace en el año 1988, de la mano de los profesores Bo Adamson (Lund University de Suecia) y Wolfgang Feist (Instituto de Edificación y Medio Ambiente de Alemania); este último ocupa el cargo de dirección en el Passivhaus Institut of Darmstadt. En una primera aproximación, fue ideado para climas de Europa central, aunque con el transcurso de los años, se ha ido adaptando a climas con un carácter más cálido; zona de la costa mediterránea o similar.

El punto de partida para dicho estándar, se establece en base a la investigación llevada a cabo por Adamson y Feist. En ella se afirmaba que, si la demanda de calefacción requerida no superaba los $10\text{W}/\text{m}^2$, existía la posibilidad de suministrar la cantidad de energía necesaria para mantener el confort interior apropiado (estación de invierno, por considerarse la más desfavorable en un principio), a través de un sistema de ventilación controlada con recuperador de calor. Para el recuperador se estipulaba un caudal de renovación, controlado por el mínimo exigible que garantice las condiciones de aire interior idóneas (0.3 renov/hora). Esto no impide que un edificio disponga de sistema de calefacción, para que sea considerado Passivhaus; sino que hace prescindible estos sistemas convencionales, con su consiguiente ahorro tanto en el ámbito energético como en el económico.

El primer edificio realizado bajo estas directrices constructivas se ubicó en Darmstadt (1991), a modo de prototipo experimental, tuvo resultados notablemente aceptables durante su monitorización a lo largo de unos veinte años. Con este primer proyecto (compuesto por cuatro casas pareadas), se comprobó realmente la posibilidad de desarrollar una arquitectura pasiva, cuyo presupuesto era razonable. Del mismo modo se establecieron una serie de directrices energéticas y de confort con miras a un periodo de tiempo prolongado; planteando una monitorización de su funcionamiento desde construcción hasta nuestros días.

Apenas 5 años después de la puesta en funcionamiento de estos prototipos se crea el Passive House Institute (PHI), fundado por Wolfgang Feist. Esta institución ha sido la encargada de realizar más de veinticinco mil certificaciones Passivhaus a día de hoy. Edificaciones que comprenden diferentes tipologías y usos. En consecuencia, al continuo desarrollo y crecimiento del estándar, han sido creados diversas plataformas que controlan su aplicación en los diferentes países.



Figura 07. Fotografía de la que se conoce como la primera vivienda Passivhaus de la historia, ubicada en Darmstadt (Alemania). Fuente: <https://www.swegonairacademy.com/wp-content/uploads/2015/11/Micheel-Wassouf-Madrid-Spain-2015.pdf>

Desde su aparición, hace unos 25 años aproximadamente, este estándar se ha visto sometido a un continuo proceso de cambio y adaptación. En este cambio han intervenido multitud de técnicos y responsables, que han plasmado su conocimiento y ayuda en forma de normativa y directrices. Tal es así, que a día de hoy se pueden encontrar una inmensa cantidad de ejemplos; convirtiéndose así en el punto focal de investigación y desarrollo en lo que a edificios de "ZEB" respecta.

Ha servido como referencia para otros estándares y certificaciones internacionales; como el modelo italiano (CasaClima) o el francés (Effinergie). Mayoritariamente por su control energético basado en los componentes pasivos de arquitectura, suplementado con sistemas activos de elevada eficiencia energética.

3.2 DEFINICIÓN Y RELEVANCIA

"Un edificio pasivo es aquel que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para calefacción y/o refrigeración solo a través del aire de la ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo para garantizar la higiene de las estancias interiores (30m³/h por persona, en uso residencial)". (Fuente: "De la casa pasiva al estándar Passivhaus: La arquitectura pasiva en climas cálidos" 2014, pág. 69. Micheel Wassouf).

Este término no constituye una certificación o marca comercial, ya que no impone soluciones o tipologías únicas; su objetivo es la búsqueda de un

concepto constructivo que consiga obtener los resultados apropiados. Edificios con demandas muy bajas, manteniendo niveles de confort interior elevados y con posibilidad de aplicación en cualquier edificación.

Cabe mencionar que este estándar energético está dotado de gran importancia, dentro de las diferentes metodologías constructivas de elevada eficiencia energética en actuales. Su aplicación se corresponde con el edificio en uso, es decir, la vida útil del mismo. Esto no implica una incompatibilidad con otros estándares y certificaciones, que engloban otra serie de criterios, como, por ejemplo: energía durante el proceso de fabricación, transporte o transformación de los diversos materiales, temas políticos y sociales, etc.

3.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Resulta evidente después denominación aportada, el especial cuidado en la aplicación de medidas pasivas pertenecientes a la arquitectura popular y del entorno específico de cada edificación. Dentro de esta serie de medidas ya mencionadas con anterioridad, destacan la siguientes:

. **Orientación y radiación solar:** Directamente relacionadas con la envolvente de los edificios, es necesario conseguir una orientación idónea, y tener un correcto control de aberturas y posición de huecos. Existen directrices que indican la ubicación y superficie de huecos más apropiada; en función de la orientación en la que se encuentren los mismos y el uso de la estancia que van a alojar. La utilización de voladizos que protejan de la radiación solar o el aprovechamiento de cerramientos vegetales que aporten frescor y sombra al ambiente, constituyen mecanismos de ayuda a estas mejoras. Adquiere una especial importancia en climas cálidos⁶, un correcto control en este aspecto puede reducir de manera sustancial la demanda energética.

. **Protección solar:** En base los grandes descubrimientos en el ámbito de la técnica constructiva, y en gran medida en los materiales que la conforman, la mayoría de estos avances han ido focalizando esfuerzos en conseguir mantener el calor en el interior del edificio en la época de invierno (por tratarse generalmente de la estación más desfavorable climatológicamente hablando). Este se ve reflejado en grandes desarrollos en temas de aislamientos térmicos y cerramientos de huecos. En contrapartida, la mejora llevada a cabo en estos sistemas, puede desencaminar una problemática; en las épocas de más calor, debido a la radiación solar incidente, ese perfecto funcionamiento puede evitar la disipación del calor acumulado en el interior. De tal forma, que la solución

⁶ Clima cálido: También conocido como megatérmicos, son aquellos que se caracterizan por elevadas temperaturas medias; con valores que superan los 18°C durante todos los meses del año. No presentan grandes variaciones estacionales.

más inmediata es dotar a los huecos de elementos de protección, que impidan radiación solar directa (concretamente en aquellas estaciones en las que el sol posee una mayor fuerza e incidencia, como en la estación de verano). Como se ha mencionado en el punto anterior, existen diversas soluciones para esta cuestión: elementos en voladizo, sistemas de lamas, persianas, cortinas opacas, etc. Se recomienda en el caso de plantear estos elementos como fijos; que se dispongan en posición horizontal (cuando la incidencia del sol es alta) y en vertical (cuando la incidencia solar es baja), esto vendrá condicionado por las distintas orientaciones y climas.

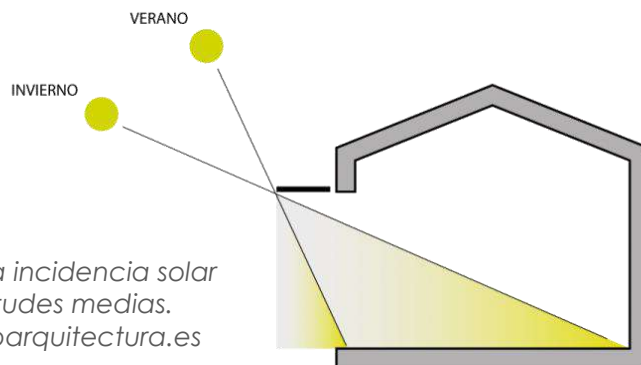


Figura 08. Diferencia entre la incidencia solar en invierno y verano, en latitudes medias.
Fuente: www.navarrovicedoarquitectura.es

. Compacidad del edificio: Término que por definición indica la relación entre la superficie de la envolvente y el volumen que contiene:

$$\text{Compacidad} = \frac{\text{superficie}}{\text{volumen}}$$

Esto nos indica que a menor relación entre dicha superficie y el volumen del edificio, este poseerá un mayor grado de compacidad. Se trata de un mecanismo fruto del diseño arquitectónico, con un mismo volumen podemos crear diferentes configuraciones, las cuales tendrán una superficie de envolvente distinta. Entre más compacto sea un edificio, mejor comportamiento presentará desde el punto de vista energético. En un clima frío, por lógica, una edificación compacta tiene menor demanda energética que un edificio con una envolvente mayor; ya que las pérdidas por transmisión son menores, la superficie de contacto con el exterior es menor. Este razonamiento es extrapolable a un emplazamiento de clima cálido; con una mayor cantidad de superficie envolvente, está podría experimentar un valor de radiación solar incidente superior al de un edificio más compacto (y por consiguiente un aumento del calor interno). Relacionado con las diferentes tipologías y usos, en edificios de mayor tamaño y programa (edificios públicos, de servicio...) se tiende a valor de alta compacidad, entre 0.2-0.5 m⁻¹; mientras que en edificios residenciales entre 0.3-0.7 m⁻¹ (en tipologías de viviendas unifamiliares pueden alcanzar valores cercanos a 1).

. **Exposición al viento:** Generalmente la investigación sobre como el viento afecta a las edificaciones, se ha centrado en temas de empuje y succión; y el comportamiento del edificio o los elementos que lo componen frente a ellos. Aunque es aconsejable tener en cuenta, al igual que ocurre con el aspecto solar, la orientación del proyecto desde el punto de vista del viento. Cabe mencionar la dificultad en este aspecto ya que la dirección de los vientos, es compleja en lo que a su comportamiento se refiere y no sigue unos patrones constantes (la dirección y características de los vientos, presenta una gran complejidad para establecer unos datos y conseguir preverlas). Por otra parte, y debido a los principios característicos del estándar Passivhaus que se desarrollaran más adelante, este tipo de edificaciones poseen un elevado nivel de hermeticidad; lo que dificulta notablemente la posibilidad de infiltraciones a través de sus huecos o cerramientos.

. **Reflectividad térmica:** También considerada como reflectancia, cuyo significado indica: *“La reflectancia consiste en la reflexión de los rayos infrarrojos (que son los que generan la acumulación de calor) sin absorber y transmitir el calor recibido por el fenómeno de absorción”*. (Fuente: Grupo ATS, <http://grupo-ats.com/reflectancia-y-emisividad-termica/>). Este valor cobra gran importancia en climas cálidos, ya que facilita la necesidad de refrigerar las edificaciones sobrecalentadas por el elevado índice de radiación solar. Por contrapartida el uso excesivo de materiales con esta cualidad, puede tener ciertos aspectos negativos; estética con gran carácter llamativo, llegando incluso a desencadenar problemas por deslumbramientos o efecto espejo (pudiendo resultar molesto para los usuarios del entorno). A día de hoy existen algunos materiales, conocidos como de “superficie fría”, capaces de emitir o absorber la radiación⁷ de onda larga independientemente del color de su superficie. Gracias a ellos se podrían lograr las ventajas antes descritas sin apenas puntos en contra.

Relacionado con este término, encontramos también, la absorptividad. *“Se denomina absorptividad a la fracción de radiación solar que es absorbida”*. (Fuente: Departamento de Física, UD-física (www.aq.upm.es)). Ambos son características de los materiales, cuyo sumatorio es igual a uno.

$$\text{Reflectividad} + \text{absorptividad} = 1$$

Cada material posee unos valores de reflectividad y absorptividad característicos, resulta de gran interés el conocimiento de los mismos a la hora de elegir la solución más adecuada con las condiciones climáticas

⁷ Radiación: Consiste en la propagación de la energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas, a través de un medio material o del vacío.

y el propio entorno. Con esto se busca una menor demanda energética, que reduzca en la medida de lo posible, la utilización de las técnicas activas, de las cuales se habla a continuación.

3.3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

Se conoce como un estándar energético vinculado al ámbito de la construcción, cuya base se organiza en torno a 5 principios de diseño y rendimiento. Con dichos puntos de partida se aseguran planteamientos y proyectos edificatorios con unos resultados de notable eficiencia, así como mejoras en lo que a confort se refiere. En definitiva, el objetivo de este estándar energético es la búsqueda de una elevada eficiencia energética manteniendo unas condiciones de bienestar y comodidad. Se sobreentiende que estos resultados se enmarcan dentro del periodo de vida útil correspondiente a cada edificación. A continuación, se describen los cinco principios de diseño mencionados con anterioridad:

1. Edificaciones herméticas:

Resulta esencial para conseguir un edificio pasivo, que la envolvente del mismo sea hermética. Con esto se consigue un elevado control del ambiente y confort interiores; ya que existe una limitación controlada de huecos y espacios, los cuales comunican interior y exterior. Su base fundamental consiste en sellar de forma estanca las uniones entre los diferentes materiales, evitando así infiltraciones de aire no deseadas. De esta forma se consigue controlar la temperatura interior, siendo necesaria en algunos casos un mínimo aporte a través de sistemas de climatización. De la misma manera se logra reducir en gran medida pérdidas energéticas a través de dichos encuentros constructivos.



Figura 09. Icono representativo de la hermeticidad. Fuente: PAEE. Construcción Passivhaus-ECCN.

2. Aislamiento térmico:

Tiene mayor influencia a la hora de aislar espacios interiores y exteriores. El aislamiento térmico exterior dota a la envolvente del edificio para conseguir el grado de aislamiento necesario; y así garantizar la diferencia térmica entre el espacio interior acondicionado y el exterior. De nuevo mejorando el confort térmico y disminuyendo o evitando la aparición de condensaciones. Con el espesor de aislamiento térmico adecuado, se ha comprobado que las edificaciones pasivas sufren pérdidas de calor muy reducidas, en la mayoría de los casos los aportes auxiliares de calefacción son innecesarios. Es primordial resolver de manera adecuada las diversas envolventes (cerramientos exteriores, cubiertas, etc.), para conseguir un aislamiento continuo. Dicha continuidad reduce severamente el riesgo de aparición de puentes térmicos.



Figura 10. Icono representativo del aislamiento térmico continuo. Fuente: PAEE. Construcción Passivhaus-ECCN

3. Puentes térmicos:

Relacionado con el principio anterior; el aislamiento presente en la envolvente no solo influye su espesor, es de notable importancia que este sea continuo. Con esto se elimina el riesgo de aparición de puentes térmicos. En caso de no poder ser evitados desde el punto de vista constructivo, se intentará utilizar materiales con un porcentaje conductividad calorífica menor, o que presenten incorporaciones propias de rotura de puente térmico (como en el caso de las carpinterías que se mencionará con posterioridad). De no cumplirse esto, sería de poca utilidad tener perfectamente aislada el cerramiento, ya que tendríamos estos puntos o zonas que aumentarían el consumo energético, e incrementarían el riesgo de condensaciones. Existen otra serie de ventajas fruto de la eliminación de puentes térmicos; como por ejemplo prevenir la aparición de patologías edificatorias originadas por la condensación (manchas, mohos, y otros hongos nocivos para la salud), o bien la eliminación de puntos/zonas frías. De tal forma que se produce una mejora energética y de las

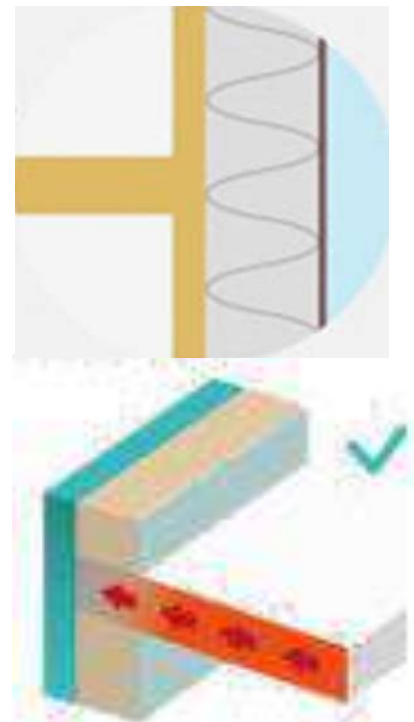


Figura 11. Icono representativo de la eliminación de puentes térmicos. Fuente: PAEE. Construcción Passivhaus-ECCN

condiciones de confort, objetivos indispensables del mencionado estándar energético.

4.Carpinterías:

De gran importancia, no solo es adecuado controlar las “partes opacas” del cerramiento, ya que las zonas de huecos (carpinterías principalmente) juegan un papel fundamental. Estos deben tener unas dimensiones adecuadas en base a las distintas orientaciones. Se debe cuidar mucho la elección del tipo de vidrio (doble o triple acristalamiento de baja emisividad, con cámara que contenga gas aislante, etc.), a su vez la carpintería en sí debe incorporar rotura de puente térmico (o en su defecto estar constituida por elementos de baja conductividad térmica, tales como madera o PVC) esto cobra mayor importancia en climas fríos. Como en el punto anterior, esto consigue una mejora energética y condiciones interiores más idóneas, ya que reduce de manera significativa la aparición de condensaciones y las patologías que estas generan.

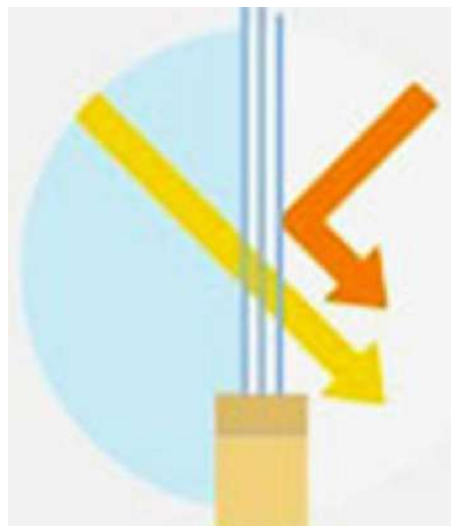


Figura 12. Icono representativo de la elección de las carpinterías. Fuente: http://www.jagararquitectura.es/?page_id=10

5.Recuperación de calor/ventilación mecánica:

La unidad de recuperación se encarga del aprovechamiento del calor y las refrigeraciones, que en situaciones convencionales se perderían. Así mismo depura el aire que entra al propio edificio (a través de un sistema de filtros), lo cual reduce notablemente la presencia de contaminantes en el aire y el riesgo de condensaciones. Esto se traduce en la posibilidad de evitar la apertura de ventanas para conseguir una calidad adecuada del aire interior. Mediante la utilización de este sistema, se consigue introducir aire al interior de la vivienda con una temperatura más cálida de lo habitual; ya que se utiliza la energía captada del aire previamente extraído de los espacios interiores.

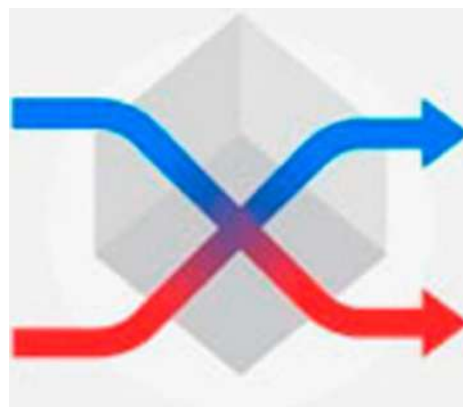


Figura 13. Icono representativo de la recuperación de calor. Fuente: http://www.jagararquitectura.es/?page_id=10

3.4 BASES EXIGIDAS POR EL ESTÁNDAR

Como ya se ha definido previamente, este estándar corresponde a edificios cuya demanda energética (tanto de calefacción como refrigeración) está comprendida en unos niveles notablemente bajos; siendo prescindible la instalación de un sistema convencional de calefacción. De ser necesario un aporte en momentos puntuales, se puede resolver con un sistema auxiliar basado en resistencias eléctricas. Para la certificación Passivhaus será necesario cumplir los cuatro criterios principales, así como otros de carácter indirecto también estipulados:

CRITERIOS GENERALES:

1. Demanda de energía para calefacción: **$\leq 15 \text{ KWh/m}^2 \text{ año}$.**

Carga de calefacción: **$\leq 10 \text{ W/m}^2$.**

Balance entre las pérdidas y ganancias de calor. Dentro de las pérdidas, encontramos; las debidas a transmisión a través de la envolvente térmica del edificio, y las causadas por infiltraciones de aire (en según qué casos pueden suponer más del 30% del valor total). En cuanto a las ganancias, se pueden relacionar con; fuentes internas de calor, y fuentes externas (soleamiento). Para este último punto de ganancias por radiación solar existen sistemas de cálculo, que tienen en cuenta el entorno y soleamiento característicos de la edificación, así como un control de las sombras propias y arrojadas del mismo.

2. Demanda de energía para refrigeración: **$\leq 15 \text{ KWh/m}^2 \text{ año}$.**

Carga de refrigeración: **$\leq 10 \text{ W/m}^2$.**

La demanda de refrigeración, tiene su origen como consecuencia de la investigación y aplicación de este estándar en climas cálidos. Emplazamientos en los que la incidencia solar, sobre todo en la estación de verano, tiene un notable peso en numerosos casos. Tal es así, que en algunos casos los valores de refrigeración pueden llegar a superar a los requeridos por la demanda de calefacción.

3. Consumo de energía primaria: **$\leq 120 \text{ KWh/m}^2 \text{ año}$.**

Este consumo engloba la eficiencia energética del edificio en su totalidad; ya que considera, no solo la parte de acondicionamiento interior, también el consumo de electricidad para los distintos electrodomésticos e iluminación, así como la energía utilizada en agua caliente sanitaria (ACS). El valor estipulado posiblemente sufra alguna actualización, ya que tiene en consideración los gastos intrínsecos a la distribución de dicha energía (los cuales fluctúan dependiendo de la ubicación del edificio en cuestión).

4. Hermeticidad al paso del aire: **$n_{50} \leq 0,6$ renovaciones/hora.**

Para lograr un confort óptimo en el interior de las viviendas correspondientes a este tipo de estándar energético, es necesario un total conocimiento de las características interiores del aire. Esto conlleva un estricto control de la correcta ejecución de la obra, así como en la instalación de los diferentes maquinas o mecanismos utilizados. La manera de comprobar lo anterior, consiste en la realización de un ensayo de estanqueidad; conocido como "Test Blowerdoor⁸", para que el resultado del mismo sea favorable deben obtenerse valores por debajo de 0.6 renovación por hora (a una presión de succión y sobrepresión de 50 pascales).

Tanto las cargas de calefacción como las de refrigeración, están estrechamente ligadas a las demandas respectivas de ambos ámbitos. Dicha limitación (10 W/m^2) se fundamenta en evitar el sobredimensionado de los sistemas que componen la climatización conectados al de ventilación. El estándar Passivhaus, pretende conseguir calefactar y refrigerar el interior de la vivienda; mediante el mismo aire de ventilación, lo cual se consigue, con cargas de refrigeración y calefacción notablemente bajas.

Debido a que este estándar no es únicamente aplicable a obra nueva, existe una aplicación denominada EnerPHit⁹, que rige estos criterios con un nivel de exigencia ligeramente inferior. Por lo tanto, se establecen también una serie de criterios (como los anteriormente citados) con valores similares:

1. Demanda de energía para calefacción: **$\geq 16 \text{ KWh/m}^2 \text{ a}$ y $\leq 25 \text{ KWh/m}^2 \text{ a}$.**
2. Demanda de energía para refrigeración: **$\geq 16 \text{ KWh/m}^2 \text{ a}$ y $\leq 25 \text{ KWh/m}^2 \text{ a}$.**
3. Hermeticidad al paso del aire: **$n_{50} \leq 1$ renovación/hora**

Existen, a parte de estos criterios generales, otros de recomendable consideración a la hora de abordar un proyecto de viviendas pasiva. Guardan relación con el confort y las condiciones ambientales idóneas en el interior de dichas viviendas, algunos de ello se describen a continuación:

-Velocidad del aire:

Depende de la época del año en la que nos situemos, la velocidad y otros parámetros del aire deberán regularse para obtener las condiciones

⁸ Test Blowerdoor: Este tipo de ensayo mide la estanqueidad de una edificación, frente al aire de la envolvente de la misma. Se debe realizar por técnicos cualificados (según la norma UNE EN 13829).

⁹ EnerPHit: Equivalente a una certificación Passivhaus, cuando se trata de una rehabilitación en un edificio existente en vez de obra nueva. Del mismo modo presentan exigencias y características que debe cumplir.

apropiadas. En invierno la velocidad de aire no podrá superar los 0,1 m/s (en zonas estanciales) velocidades superiores podrían generar ruidos o molestias. El caudal apropiado para ajustarse a esta velocidad queda estipulado alrededor de 30 m³/h (aproximadamente 8,3 l/s). Mientras que, en la estación de verano una velocidad elevada del aire contribuye a mejorar el confort interior. El caudal de ventilación recomendado se establece en unos 42,5 m³/h (11,80 l/s).

-Criterio de confort:

Besándose en la temperatura interior del vidrio que constituye la carpintería. Cobra gran importancia, ya que no exige la utilización de ventanas o puertas certificadas Passivhaus (transmitancia de 0,85 W/m²K), pero condiciona notablemente el tipo de vidrio y carpintería a elegir. Estipula una diferencia máxima de temperatura entre la operativa interior y la superficial del vidrio interior de 4.2°C (límite medio aproximado de 17°C en la superficie). Teniendo en cuenta la media de las 12 horas más frías consecutivas del año como referencia exterior.

-Salubridad e higiene:

En este punto, se regula el cuidado de presencia de moho en acabos; principalmente a raíz de condensaciones, causadas por un fuerte contraste térmico y presencia de humedad relativa en el ambiente (80-100%). Debido a las tecinas constructivas que presente este estándar, la aparición de moho y condensaciones es muy poco común. Pero en rehabilitaciones tienen mayor riesgo de aparición. Una forma de descartar esta problemática, es la utilización de carpinterías conforme a las exigencias del estándar (transmitancia 0,85 W/m²K).

-Frecuencia de sobrecalentamiento:

Criterio muy específico; edificaciones ubicadas dentro del clima mediterráneo y climas que en la estación de estío suelen obtener un gran aporte energético, debido a la radiación solar. Según el PHPP¹⁰ se establece un porcentaje máximo de sobrecalentamiento del 10%. Esto quiere decir, que la temperatura interior de una estación en verano, no es aconsejable que supere el 10% de la temperatura recomendada (26°C).

Este criterio posee cierto grado de experimentación, ya que las condiciones son muy concretas de cada zona, y afectan de manera diferente a las distintas

¹⁰PHPP: Passive House Planning Package. "El PHPP es una herramienta de planificación para la eficiencia energética para el uso de arquitectos y expertos en planificación". Fuente: <https://passivehouse.com/>

localizaciones. Podemos utilizar el mismo criterio para los seres humanos, cada persona responde a los estímulos de una forma concreta, el mismo valor puede ser tolerado por un usuario y por otro no. Existen numerosos factores externos imprescindibles a la hora de valorar como pueden afectar y de qué manera, están relacionados con el edificio en cuestión. Cotejar estos datos, analizar el entorno (terreno, vegetación cercana, etc.) corresponde a la figura del arquitecto; para así estimar como puede afectar a las cargas energéticas de la edificación en cuestión.

3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como se ha definido a lo largo de este trabajo, el estándar Passivhaus tiene como base mejorar el confort interior (manteniendo como punto focal la eficiencia energética). Esto lo consigue mediante un diseño y metodología constructiva específica, la cual incluye diversos mecanismos y tecnología; por consiguiente, aparecen una serie de beneficios e inconvenientes los cuales se desarrollan a continuación:

VENTAJAS:

. **Sostenibilidad:** Uno de los puntos clave de este tipo de arquitectura pasiva es la sostenibilidad, con esto se busca reducir a límites aceptables las emisiones de CO₂ a la atmosfera. Con esto se busca frenar, en la medida de lo posible, el cambio climático; protegiendo así el medio ambiente preservando las distintas fuentes de energía renovables (derivados del petróleo por citar un ejemplo). Debido a la pequeña demanda energética de estas edificaciones, es viable la utilización de fuentes renovables para cubrir dicho suministro.

. **Eficiencia energética:** Estrechamente relacionado con el término anterior, en necesaria poca energía para conseguir las condiciones interiores adecuadas. Según datos del Passive House Institut¹¹ la vivienda pasiva consume alrededor de un 90% menos de energía que una casa convencional, y un 70% menos que una edificación de obra nueva actual.

. **Elevado confort:** A raíz de los principios básicos que exige este estándar, se tiende a la mejora del confort interior. La presencia de una envolvente correctamente aislada, proporciona la garantía de un nivel elevado de las condiciones interiores. Las edificaciones que se rigen por esta certificación, por normal general, presentan ambientes interiores cálidos en inviernos y frescos en la época de invierno. Partiendo de estudios experimentales realizados, se ha concluido que el ambiente interior junto con la calidad del aire es más idóneo que los conseguidos en una vivienda tradicional. Este fenómeno se puede

¹¹ Passive House Institut (PHI): Instituto de investigación independiente, fundado por el Dr. Wolfgang Feist junto con un equipo multidisciplinar, en 1996 (Alemania). Esta institución representa una gran aportación en el desarrollo y evolución del concepto "Vivienda Pasiva".

deber en gran medida, a la mecanización para controlar los parámetros interiores (ventilación automatizada y constante).

. **Innovación:** En base a normativas, de carácter europeo y nacional, la arquitectura pasiva servirá como base en las futuras edificaciones. Esto genera un proceso de investigación y desarrollo por parte de los diferentes sectores de la industria; búsqueda y mejora de materiales utilizados, máquinas y tecnología con un grado de eficiencia energética más elevado, mecanismos constructivos específicos y con mejores prestaciones, etc.

. **Uso sencillo y larga durabilidad:** Debido a las exigencias impuestas en el ámbito de la ventilación, junto con las sofisticadas tecnologías utilizada en dichos edificios; se consigue una comodidad mayor del usuario. La ventilación está controlada y es constante, por lo que no es necesario ventilar (con las consiguientes pérdidas de calor que este proceso conlleva).

En lo relativo a la durabilidad los edificios Passivhaus se particularizan por una notable longevidad, gracias a la configuración de la envolvente exterior de las edificaciones; altos niveles de aislamiento, que dan lugar a una envolvente estanca sin presencia de puentes térmicos.

. **Repercusión económica:** Existe una tendencia a creer que debido a las prestaciones que poseen este tipo de edificaciones, su valor va a ser notablemente superior al de una vivienda tradicional. Si bien para analizar la repercusión económica, no debemos centrarnos únicamente en la fase de obra propiamente dicha, sino en los costes de mantenimiento y posteriores durante la vida útil de la misma. Debido a un mayor grado de planificación y utilización de componentes más sofisticados y caros, el precio inicial durante la fase de obra es superior al de una construcción convencional. Por el contrario, los gastos fruto del suministro de demanda energética (un ahorro del 75% en consumo de calefacción, por parte de edificios certificados Passivhaus) sumado a los gastos de mantenimiento suponen un mayor porcentaje en el caso de las edificaciones tradicionales.

DESVENTAJAS:

Para conseguir obtener algunos de los conceptos mencionados anteriormente, es necesario llevar a cabo una serie de medidas o mecanismos; estos pueden desencadenar una serie de inconvenientes a la hora de valorar la certificación energética analizada en este punto. A continuación, se enumeran algunos:

. **Rigurosa hermeticidad:** Un elemento de gran importancia en las edificaciones fruto de análisis, es el recuperador de calor. Para que le el funcionamiento de dicho elemento posea la eficiencia adecuada, esto se consigue con una baja demanda energética de la vivienda a través de un hermetismo total. Dicha hermeticidad conlleva cierta complejidad a la hora del desarrollo constructivo,

y puede producir sobrecostos; que se manifiestan en forma de aislamiento y carpinterías de las altas prestaciones.

. **Innovación incompleta:** Si es cierto que este tipo de certificación tiene muy presente en sus bases la reducción de la energía requerida por los edificios, así como la disminución a límites aceptables de las emisiones de gases contaminantes. Estas medidas pretenden desarrollar un proceso de concienciación y decrecimiento del cambio climático, pero bien es cierto que en ninguno de sus principios define medidas sobre el uso sostenible del agua. En este ámbito, la arquitectura bioclimática y su fundamentación en el aprovechamiento de los recursos del medio ambiente y entorno realizan una mejor optimización factores; basada en reutilización y aprovechamiento de aguas pluviales (riego de plantas o zonas verdes, patios húmedos, etc.)

3.6 CERTIFICACIÓN

Aunque a la hora de proporcionar la certificación de este estándar el objetivo sea el mismo, cerciorar que se cumplen las exigencias en él definidas, existen una serie de diferencias en dicho proceso de certificación; dependiendo si se trata de un edificio, un componente constructivo o incluso una persona cualificada para realizar dicha acción.

3.6.1 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE PROCESOS

Aquella utilizada en el caso de edificaciones, engloba todo el proceso de diseño y ejecución de obra de un edificio de nueva planta. Para ello tiene que cumplir las exigencias impuestas por el estándar, las cuales ya han sido desarrolladas con anterioridad (punto 3.4), a continuación, se definen:

- Demanda de calefacción: **≤ 15 KWh/m² año.**
- Demanda de refrigeración: **≤ 15 KWh/m² año.**
- Demanda de energía primaria: **≤ 120 KWh/m² año.**
- Hermeticidad: **$n_{50} \leq 0,6$ renovaciones/hora.**

La justificación de dichos parámetros se realiza a través de la elaboración del proyecto en base a la herramienta PHPP (Passive House Planning Package). Cuyo objetivo es evaluar, con la mayor precisión posible, cuáles y como han sido las decisiones desarrolladas en el proceso de ejecución de la obra. Esta aplicación posee una serie de datos a cumplimentar, a través de ellos elabora una estimación notablemente precisa de las ganancias y pérdidas energéticas; por consiguiente, los valores de las demandas energéticas son conocidos y es posible comprobar si son inferiores a los exigidos por el estándar. A continuación, se enumeran algunos de los datos mencionados:

- . Datos climáticos de la zona de implantación del proyecto.
- . Superficies de las diversas envolventes del edificio.

- . Composición y transmitancia de cada tipología de envolvente: muros, cubiertas, suelos, etc.
- . Superficie de huecos y orientación.
- . Características de las carpinterías: transmitancia de marcos y vidrios, permeabilidad al aire, resistencia al viento, etc.
- . Estudio de sombreadamiento (continuo o estacional, zonas...).
- . Ganancias térmicas por iluminación, ocupación o electrodomésticos.
- . Cálculo de ventilación y renovaciones de aire.
- . Instalaciones, características y niveles de eficiencia.

3.6.2 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE COMPONENTES

Consiste en la validación de los diversos componentes utilizados en el proceso constructivo: materiales, elementos, sistemas constructivos, etc. Dicha validación se consolida en base a búsqueda de la conductividad térmica¹² mínima. El Passive House Institute agrupa todos los componentes certificados en su propia base de datos, los clasifica de la siguiente manera:



Figura 14. Orden estipulado por el PHI para los diversos componentes certificados. Fuente: Elaboración propia.

-Materiales constructivos.

-Elementos constructivos:

- . Aislamiento rígido para losas de hormigón.
- . Elementos de estanqueidad.
- . Elementos de cerramiento para vertido de hormigón.
- . Anclajes de fachada ventilada.
- . Premarcos.

¹² Conductividad térmica: "Propiedad física que describe la capacidad de un material de transferir calor por conducción, por contacto directo y sin intercambio de materia. Es una magnitud intensiva que no depende de la cantidad de materia". Fuente: <https://curiosoando.com/>

- . Marcos para ventanas (fijas, abatibles, correderas)
- . Vidrios.
- . Cajoneras de persianas.

-Unidades constructivas:

- . Puertas exteriores (abatibles y correderas).
- . Chimeneas herméticas (evacuación de humos).
- . Claraboyas.
- . Bombas de calor.
- . Recuperador de calor.
- . Unidades compactas de ventilación.

-Sistemas constructivos:

- . Sistemas estructurales con cerramiento (entramados ligeros de madera, sistemas de madera contralaminada, etc.).
- . Sistema de cerramiento tipo SATE.
- . Muro cortina.
- . Cubierta acristalada.

3.6.3 CERTIFICACIÓN NORMATIVA DE CONOCIMIENTOS

Aquella que evalúa el conocimiento y capacidades en relación a las exigencias características del estándar, por parte de los agentes que forman parte del proceso constructivo. En función del papel que desempeñan dentro de dicho proceso, se pueden encontrar las siguientes categorías:



-Passive House Designer: Para obtener este título es necesario la posesión de estudios superiores (arquitectos, ingenieros, etc.). Puede adquirirse aprobando el examen oficial posterior a un curso formativo, o desarrollando una obra en la que se cumplan los requisitos impuestos por el PHPP (en la mayoría de los casos es necesario el contacto permanente con una entidad certificadora cualificada).

Figura 15. Logotipo de la certificación Passive House Designer. Fuente: Passive House School.



-Passive House Consultant: Puede obtenerse de forma idéntica a la titulación anterior. Esta apta para cualquier formación relacionada con el campo de la construcción: arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros, ingenieros técnicos, contratistas, etc.

Figura 16. Logotipo de la certificación Passive House Consultant. Fuente: Passive House School.



-Passive House Tradeperson: A diferencia de las anteriores titulaciones, no implica obligatoriamente una formación específica. Posee gran interés para las personas o técnicos encargados de controlar el proceso de ejecución de obra, puede obtenerse mediante un examen oficial posterior a la realización de un curso formativo.

Figura 17. Logotipo de la certificación Passive House Tradeperson. Fuente: Passive House Institute.



-Passive House Certifier: Este título es de mayor complejidad a la hora de su obtención, ya que supone para su adquisición la aprobación con carácter internacional por parte del Passive House Institute

Figura 18. Logotipo de la certificación Passive House Certifier Fuente: Energiehaus.

Todas estas titulaciones definidas presentan carácter temporal, por lo que la formación de los titulados es continua. Deben seguir certificando edificaciones o bien realizar nuevos exámenes, para continuar teniendo posesión de dichas acreditaciones. Según datos aportados por la Plataforma de Edificación Passivhaus¹³ (año 2019), que recoge las siguientes cifras a nivel nacional:

-162 titulaciones Passive House Designer: 158 nacionales y 4 internacionales; el mayor porcentaje se encuentra en Madrid (aproximadamente el 20%), seguido de Navarra y Barcelona.

- 5 titulaciones Passive House Consultant: 3 nacionales y 2 internacionales. Las nacionales se distribuyen individualmente en Madrid, Navarra y Barcelona.

¹³ Plataforma de la Edificación Passivhaus: "La Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP) es una asociación sin ánimo de lucro que promueve los edificios pasivos de España a través de sus delegaciones. Es parte de la International Passive House Association y de EuroPHit. PEP se financia a través de socios, proyectos europeos y patrocinios". Fuente: <http://www.plataforma-pep.org/>

- 124 titulaciones Passive House Tradeperson: Todas con carácter nacional, de nuevo Madrid es la que mayor número de titulaciones posee en este ámbito.

- 5 titulaciones Passive House Certifier: 1 internacional y 4 nacionales, distribuidas en Barcelona, Madrid y La Rioja.

Tal y como indican estas cifras, nos encontramos alrededor de 300 titulaciones de ámbito nacional. En cuanto a componentes se estima un total de unos 850, repartidos en elementos, unidades y sistemas constructivos. Los marcos para ventanas cuentan con un mayor número de certificaciones (destacan los marcos de madera y de aluminio). En cuanto a unidades constructivas, las que adquieren más peso en el porcentaje total, son las unidades compactas de ventilación.

3.7 PASSIVHAUS EN ESPAÑA

La implantación del estándar Passivhaus en España ocasiona diversas soluciones constructivas, ya que existen climas diferenciados a lo largo del territorio nacional. Por lo tanto, estas soluciones serán diferentes dando respuesta a cada tipo de clima. En relación a la localización y zona climática la normativa estatal (CTE) establece una serie de exigencias, esto influirá de manera directa en el diseño y características de los elementos que conforman la edificación. Se centra principalmente en la envolvente térmica: cerramientos, puentes térmicos, huecos, etc.

3.7.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN ESPAÑA

España presenta una de las zonas climáticas más templadas del planeta. Debido a su localización y composición del territorio, relación cercana con el mar junto con su morfología y relieve característico en ciertas zonas (norte y sur), se pueden apreciar 5 climas diferenciados:

. **Clima oceánico:** Caracterizado principalmente por temperaturas suaves y frecuentes precipitaciones durante la mayor parte del año. Se localiza mayoritariamente en Galicia, Asturias, la mayoría de la costa cantábrica y parte de la zona pirenaica nacional.

. **Clima continental (mediterráneo de interior):** Presenta temperaturas extremas, bajas en invierno y altas en verano. Las precipitaciones presentan un carácter débil, aunque en las estaciones de otoño y primavera pueden llegar a ser abundantes. Aparece en zonas del interior peninsular; la Meseta, zona del río Ebro y Cataluña, y en gran parte de Andalucía.

. **Clima mediterráneo:** Se caracteriza por altas temperaturas en verano y suaves en invierno. Las precipitaciones se reparten de manera aleatoria a lo largo del año, pero por normal general son escasas. Característico principalmente en la zona de costa mediterránea, gran parte de Andalucía y Extremadura, incluyendo también las Islas Baleares.

. **Clima de montaña:** Presenta temperaturas notablemente bajas en invierno y suaves en verano. Las precipitaciones son abundantes, y en zonas de elevada altitud pueden aparecer en forma de nieve. Predomina en zonas de carácter montañoso ubicadas a las de 1.000-1.200 msnm; zona de Picos de Europa, Pirineos, etc.

. **Clima subtropical:** Temperaturas suaves y sensiblemente constantes durante todas las estaciones. Las precipitaciones son escasas, debido a su localización en la zona montañosa (zona norte) suelen aparecer más precipitaciones que en la zona sur; esto se debe a la acción de los vientos alisios¹⁴ (vientos húmedos). Este tipo de clima es característico de las Islas Canarias.



Figura 19. Mapa de los climas presentes en España. Fuente: <https://sites.google.com/>

3.7.2 EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS Y LA NORMATIVA ESPAÑOLA (CTE)

En base lo descrito en el anterior punto y lo diversos climas presentes en el territorio nacional, el Código Técnico de la Edificación ha establecido una serie de zonas climáticas. Dicha zonificación esta fundamente en base a la severidad climática¹⁵ característica de invierno y verano. Existen 5 grados diferentes de

¹⁴ Vientos alisios: "Los vientos alisios son aquellos que soplan entre los trópicos. Estos vientos parten de zonas subtropicales de alta presión con rumbo a regiones ecuatoriales de baja presión: por la rotación del planeta, los vientos alisios se desvían hacia el oeste por el efecto Coriolis". Fuente: <https://definicion.de/>

¹⁵ Severidad climática: "Indicador de la variación de la demanda energética de una determinada localización con respecto a la correspondiente a una localización de referencia desde un punto de vista climático". Fuente: <http://diccionario.raing.es/es/lema/severidad-clim%C3%A1tica>

severidad para invierno (identificados con letras) y 4 grados para verano (identificados con números). Por lo tanto, podemos definir 20 zonas climáticas distintas en base a estos grados. En España por normal general no se dan la totalidad de los casos posibles, se establecen 12 zonas climáticas diferenciadas; definidas mediante una letra y un número, como se ha mencionado con anterioridad.

No existen grandes diferencias entre las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE) y las de la certificación Passivhaus. Exceptuando el desarrollo constructivo, existen un par de puntos en los cuales encontramos desigualdades; la exigencia energética y las condiciones de ventilación interior.

A pesar de las modificaciones planteadas por el CTE en materia de consumo de energía, para así conseguir reducir en la medida de lo posible la demanda de las edificaciones, estos valores siguen siendo bastante altos en relación a los exigidos por el estándar (en torno a 5 veces superiores).

Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	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

Figura 20. Limitación demanda de energía primaria para uso residencial, tabla 3.2.a- HE 0. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE).

Uno de los motivos fundamentales del aumento en cuanto a consumo energético se refiere, es la demanda de calefacción que presentan las edificaciones. Como medida paliativa se han reducido, de manera notable, los valores que definía la normativa en relación a este aspecto; quedando prácticamente equiparados a los especificados por el estándar (en aquellas zonas climáticas en las que la necesidad de demanda es inferior). Aun así, dependiendo de la época del año en la que nos encontremos y, como se ha mencionado anteriormente, las condiciones climatológicas de cada región; existen numerosas casuísticas en las que estos valores se ubican en torno a dos/tres veces superiores frente a los límites exigidos Passivhaus.

El otro punto en consideración es la ventilación interior. De nuevo si realizamos la comparativa, podemos observar las desigualdades entre los dos ámbitos tratados. Las condiciones de ventilación juegan un papel fundamental a la hora de obtener el confort interior apropiado.

Se definen los valores, ya citados con anterioridad, que estipula dicho estándar energético:

-Caudal en estancias interiores: 30 m³/h (8,30 l/s) por persona; en torno a 0,3 renovaciones/hora.

-Caudal en estancias interiores (para etapa estival): 42,5 m³/h (11,80 l/s) por persona.

-Velocidad máxima de aire (invierno): 0,1 m/s.

Estos caudales, son de mayor exigencia a los estipulados por las normativas de los diferentes países; en este caso concreto por el CTE, establece caudales de renovación cercanos a las 0,8-1 renov/h. Un caudal superior conlleva una eficiencia energética menor y mayor salubridad. El Código Técnico de la Edificación, en el apartado correspondiente a este ámbito (DB-HS3), fija unos valores situados por debajo de los establecidos por el estándar.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q _v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Figura 21. Caudales mínimos para ventilación constante en locales habitables, tabla 2.1-HS 3. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE).

Tal y como figura en la normativa vigente; se tiene en cuenta los caudales de extracción de las zonas de servicio (ya sea por metro cuadrado o por local), y por otra parte los caudales de admisión en zonas de día y dormitorios (por nº de ocupantes). Seguidamente se busca el equilibrio de ambos valores, siempre tomando como valor de referencia el mayor de los dos. Se establece un mínimo número de ocupantes (2 ocupantes por estancia), así como un caudal mínimo de 0,3 renovaciones/hora. A diferencia del CTE, el estándar Passivhaus, establece de forma impositiva un sistema de recuperación de calor (a través de un sistema de ventilación mecánica o híbrida).

Como puntualización es importante conocer, en el caso de existir, que las campanas extractoras válidas para las certificaciones de edificios pasivos deben reunir ciertas características. No se podrán instalar campanas convencionales, sino que estas deberán estar dotas de sistemas con sellado estanco; para que una vez su funcionamiento haya cesado no se permitan a su

paso infiltraciones. A su vez el tubo que conforma la extracción, deberá estar protegido con aislamiento térmico para así evitar puentes térmicos. Debido a los diversos trastornos y problemas de compatibilidad con sistemas de ventilación convencional, la opción más idónea suele ser la instalación de campos de recirculación. Estos se basan en la utilización de filtros de carbono, encargos de retener grasas y otros elementos que están presentes en el aire interior. Por norma general y como su propio nombre indica disponen de retornos de aire de extracción, para así evitar la acumulación de vapor de agua cerna de los fuegos de la vivienda.

3.7.3 LOCALIZACIÓN DE PASSIVHAUS EN EL ÁMBITO NACIONAL

Según datos de la Plataforma de Edificación Passivhaus (2019), en España existen un total de 140 edificios certificados Passivhaus. El 80% se trata de obra nueva, mientras que el porcentaje restante corresponde a rehabilitaciones de edificios existentes. La comunidad autónoma que presenta un mayor número de certificaciones es Cataluña, un total de 28; seguida de Navarra (18), Madrid (17) y Castilla y León (14). La tipología predominante es la de vivienda unifamiliar aislada, supone entorno al 65% de las edificaciones certificadas bajo este estándar. Tal y como se puede apreciar en el mapa que se muestra a continuación (figura 22), existe un mayor número de casos en la zona norte (Navarra, Cataluña, País Vasco, etc.). Estos datos se encuentran directamente relacionados, con lo analizado en puntos anteriores sobre las zonas climáticas definidas en el entorno nacional.



Figura 22. Ejemplos y localización de edificaciones passivhaus en España. Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP).

Certificaciones generadas o emitidas por entidades y empresas de ámbito europeo, e internacional en ciertos casos. Anteriores a numerosos métodos de certificación energética oficiales. A pesar de que su finalidad varía de unas empresas a otras, poseen un objetivo común; concentrar el análisis de la sostenibilidad de las edificaciones, dotándolas con dicho sello si supera los requisitos previamente estipulados. Dentro de cada sello, podemos encontrar diferentes clasificaciones. Esta certificación o sello verde denota una distinción en relación a otros edificios.

A continuación, se describen algunos, de los numerosos tipos de sellos verdes que existen en la actualidad. Es importante tener en cuenta que, por lo mencionado con anterioridad, y debido a diferentes aspectos empresariales y burocráticos, por normal general cada tipo tiene una metodología diferente y enfoca el análisis desde una perspectiva particular, utilizando o partiendo de parámetros propios.

4.1 CERTIFICADO LEED

La certificación LEED acrónimo de *Leadership in Energy and Environmental Design*; en español *Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental*. Dentro de los métodos de evaluación de edificios este es el que cuenta con un carácter más internacional, actúa en gran medida en Estados Unidos. Fue implantado en el año 1993 y desarrollado por el US Green Building Council¹⁶. Se basa en una serie de normas o pautas a seguir, relacionadas con la utilización de estrategias orientadas a la sostenibilidad en edificaciones. Su principal finalidad reside en reducir el impacto ambiental global de dichas edificaciones.

Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos vinculados con:

1. El desarrollo sostenible de la parcela de implantación y los espacios libres de la misma.
2. La eficiencia del consumo de agua.
3. La eficiencia energética.
4. El uso de energías alternativas.
5. La mejora de la calidad ambiental interior.
6. La selección de materiales y el control de desechos en el proceso de construcción.
7. Innovación en el diseño.

Estos criterios buscan evitar el desarrollo edificatorio en sitios o zonas no apropiadas, evitar desplazamientos de vehículos excesivos. Buscando lugares

¹⁶ US Green Building Council (USGBC): Organización que promueve la búsqueda de una transformación en la construcción y diseño tradicional; promoviendo la sostenibilidad y el desarrollo de edificios con un rendimiento energético adecuado.

subutilizados o abandonados, eligiendo zonas con cercanía al transporte público; intentando conseguir así una protección del hábitat. Del mismo modo la elección de materiales será la más adecuada, en base al entorno y las condiciones del mismo.

Desde el punto de vista de la utilización de los diferentes recursos, promueve un uso eficiente del agua, ya sea mediante reducción prácticamente hasta alcanzar valores nulos de agua de riego, o bien integración de elementos o mobiliario de bajo consumo. En relación al gasto energético, independientemente de una búsqueda por su reducción mayoritaria o completa, introduce energías alternativas para solventar la demanda energética. Describe también los parámetros apropiados para conseguir un ambiente interior idónea en las edificaciones; confort térmico, acústico, correctos niveles de iluminación y ventilación, etc.

4.1.1 TIPOS DE CERTIFICADOS LEED

Existen varios tipos de certificación LEED, orientado al uso que puede tener una edificación verde. Dentro de los de mayor relevancia podemos encontrar:

1. **LEED NC** (LEED para Nuevas construcciones): Cuyo diseño se orienta a nuevas construcciones de oficinas comerciales. A pesar de esto, existen algunos casos en los que ha sido aplicado a otro tipo de edificios: rascacielos, edificios institucionales, edificios residenciales, etc.
2. **LEED EB** (LEED para Edificios Existentes): Su principal finalidad es optimizar al máximo la eficiencia operativa, y reducir en la mayor medida posible, las repercusiones medioambientales que posee o provoca el edificio. Se engloba en este ámbito; programas de reciclaje, mantenimiento y limpieza. Su ámbito de aplicación engloba tanto los edificios existentes que buscan la certificación LEED por primera vez, como proyectos previamente certificados bajo LEED para nueva construcción.
3. **LEED para Viviendas:** Encaminado al diseño y construcción de alto rendimiento verde en viviendas. Edificaciones residenciales con un mejor consumo energético y de recursos naturales; y por consiguiente una mejor producción de residuos, y con niveles más adecuados de salubridad y aspectos relacionados con el confort.
4. **LEED ND** (LEED para el Desarrollo de Barrios): Basado en criterios orientados al crecimiento sostenible, utilizando técnicas de urbanismo verde; debiendo cumplir los estándares estipulados en base al respeto del medioambiente.
5. **LEED SC** (LEED para Colegios): Basándose en criterios o estrategias ya mencionadas; tales como diseño inteligente y eficiente, menor demanda de recursos energéticos, etc. Con la finalidad de conseguir el diseño más apropiado para una institución relacionada con el ámbito de la educación.

4.1.2 NIVELES DE CERTIFICACIÓN LEED

Cada una de las categorías que se muestran a continuación, está compuesta por una serie de requisitos de carácter obligatorio, de no ser cumplidos por el proyecto, este no podrá obtener dicho certificado. En base a la cantidad de créditos aprobados, se obtiene un valor de puntos obtenidos, dependiendo de dicho valor se asignará la categoría correspondiente. Cada crédito es un punto, por lo tanto, cada proyecto puede conseguir un número total de puntos, estipulados por la norma LEED. Dichos niveles son:

- **Certificado LEED:** 40-49 puntos.
- **Certificado LEED Silver:** 50-59 puntos.
- **Certificado LEED Gold:** 60-79 puntos.
- **Certificado LEED Platinum:** 80 o más puntos.

4.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CERTIFICACIÓN LEED

Dentro de los beneficios que surgen de la aplicación de este tipo de certificación, encontramos:

- Entre un 30%-50% de ahorro energético, con respecto a edificios tradicionales, y por consiguiente una reducción del coste del propio funcionamiento del edificio.
- Notable reducción de los efectos nocivos para el medio ambiente, derivados del proceso constructivo; emisiones de gases contaminantes, producción de residuos, etc.
- Los edificios con este certificado, dotan a los usuarios de unas mejores condiciones de confort y salubridad; calidad de espacios habitables, niveles térmicos y acústicos o iluminación natural.
- Presente un carácter flexible, lo que permite la adaptabilidad a todo tipo de edificios.

Existen una serie de aspectos, derivados de dicha certificación, que pueden considerarse como desventajas:

- Sobrecostes iniciales para la aplicación de estrategias constructivas requeridas.
- Presenta una mayor complejidad que el resto de construcciones tradicionales, precisa de una búsqueda de información e investigación (que en el ámbito económico se traduce en tiempo y dinero)

4.2 CERTIFICADO BREEAM

Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology. Tiene su origen en el año 1990 en Reino Unido. El aumento de popularidad en las certificaciones de sostenibilidad, se traduce en la aparición del esquema de

certificación BREEAM Internacional; aplicable a edificaciones localizadas fuera de Reino Unido con una serie de posibles adaptaciones a la normativa vigente de cada país. Se puede considerar como el equivalente inglés al certificado americano LEED ya mencionado, a grandes rasgos puede establecerse como uno de los certificados actuales más avanzados.

En el año 2010 tuvo comienzo la traducción, adaptación a la normativa española y la práctica constructiva propiamente dicha. Desde su aprobación, la totalidad de los edificios ubicados en territorio nacional bajo este sello, son certificados desde España en vez de estar sometidos a la versión internacional. Este traduce en una inmediatez a la hora de los diferentes trámites y gestiones.

4.2.1 ESQUEMAS DE EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN

Este certificado ha de ser analizado desde un punto de vista de conjunto, abordando desde temas urbanísticos hasta edificaciones de nueva construcción en concreto. En base a esto, existen una serie de esquemas de evaluación; pueden ser aplicados a edificios de nueva construcción o existentes. Establece unos criterios como base para dichos esquemas en función de; la tipología edificatoria, uso, territorio, etc. Tiene en cuenta las diferentes exigencias energéticas presentes en las diversas fases del proceso constructivo y sus posteriores labores de mantenimiento. En la actualidad esta certificación ya se encuentra adaptada al idioma y normativa española, consta de los siguientes esquemas de evaluación:



Figura 23. Logotipo del esquema BREEAM Urbanismo. Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es>

-BREEAM® Urbanismo: Enfocado a la planificación y mejora de la sostenibilidad relacionada con la propuestas y repercusiones de los planeamientos urbanísticos, desarrollados en las fases iniciales de proyecto. Desde el año 2011 está adaptada al idioma y normativa española (a través del Manual BREEAM for Communities). Tiene como principal objetivo, promover operaciones urbanísticas y comunidades con carácter sostenible. Para ello utiliza una metodología específica, que proporciona en la medida de lo posible una serie de ventajas ambientales y socioeconómicas.



Figura 24. Logotipo del esquema BREEAM Vivienda. Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es>

-BREEAM® Vivienda: Aplicado a edificaciones de obra nueva, rehabilitaciones o reformas. Engloba tanto la fase de proyecto y ejecución, como las distintas tareas de mantenimiento posteriores. Presenta una serie de beneficios y mejoras tanto para agentes que intervienen en el proceso edificatorio (promotores, constructores...) como para los propios usuarios. Dicho esquema obtiene y agrupa resultados a través de, la puntuación de la sostenibilidad de las edificaciones en base a diez categorías diferenciadas:

- . **Gestión:** Prácticas y políticas adecuadas al funcionamiento y sistema de construcción.
- . **Salud y bienestar:** Condiciones interiores de confort idóneas (temperatura, iluminación natural y artificial, ventilación, etc.).
- . **Energía:** Energía consumida, eficiencia de las instalaciones y diversos temas relacionados con el consumo energético sostenible.
- . **Transporte:** Emplazamiento de la parcela, servicios, modos de transporte, etc.
- . **Agua:** Reciclaje y reutilización de agua, sistemas de monitorización, eficiencia de instalaciones de agua.
- . **Materiales:** Uso de materiales comprometidos con el medio ambiente (mínimo impacto ambiental), reciclaje y reutilización de los mismos.
- . **Residuos:** Gestión de residuos adecuada a una práctica sostenible, potenciar la realización y utilización de materiales reciclados.
- . **Uso del suelo y ecología:** Reutilización de suelos, disminución del impacto ecológico, protección de elementos ecológicos.
- . **Contaminación:** Reducción de la contaminación a valores adecuados, en todas sus vertientes; gases contaminantes, contaminación lumínica, ruidos molestos, etc.
- . **Innovación:** Como herramienta que permita alcanzar niveles de sostenibilidad más exigentes con el transcurso del tiempo.



-BREEAM® Nueva Construcción: Este esquema de evaluación y certificación se aplica a edificaciones de nueva construcción, incluyendo obras de rehabilitación o ampliación. Como ya se ha mencionado en otros puntos, engloba tanto las fases de proyecto y ejecución, así como las medidas de mantenimiento postconstrucción. El sistema de certificación y evaluación sigue la misma temática que el visto en el esquema BREEAM® Vivienda, basado en la obtención de puntos de diez categorías diferentes. Dicha puntuación viene condicionada por una serie de requisitos de sostenibilidad y eficiencia.

Figura 25. Logotipo del esquema BREEAM Nueva Construcción. Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es>



-BREEAM® A Medida: Esquema de evaluación de la sostenibilidad, aplicado a edificios que no pueden evaluarse a través de las certificaciones anteriores (BREEAM® Vivienda o Nueva Construcción). Engloba cualquier tipología edificatoria, busca aumentar al ámbito de aplicación de dichos requisitos a edificaciones con carácter singular; terminales aéreas o portuarias, complejos arquitectónicos de uso mixto, etc. Puede dirigirse hacia obra nueva, rehabilitación, ampliaciones o combinaciones de las mismas.

Figura 26. Logotipo del esquema BREEAM A Medida. Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es>



-BREEAM® En Uso: Este esquema de evaluación y certificación se aplica a edificaciones existentes de uso no residencial, y con una antigüedad superior a los dos años. En base a sus datos de consumo y registros obtenidos, se fija como objetivo de dicho esquema una reducción de demandas y prestaciones. Se desarrolla la implementación de un plan con una serie de medidas reguladoras, así como una serie de revisiones periódicas.

Figura 27. Logotipo del esquema BREEAM En Uso. Fuente: <http://www.breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es>

Entre los diferentes objetivos, orientados a una mejora energética ligada al campo de la sostenibilidad, podemos encontrar:

- Reducción del impacto ambiental.
- Innovación tecnológica en el ámbito de la construcción,
- Establecer criterios propios superiores a los que marcan las normativas existentes.
- Implantación de una etiqueta ecológica oficial.

4.3 LEED vs BREEAM

Desde su aparición en la década de los 90, BREEAM ha sido la principal certificación en Europa. Con la creación del sistema LEED, aparece competencia desde los Estados Unidos. Como ya se ha mencionado en el apartado 4.1, el sistema BREEAM asegura temas de eficiencia en metodología utilizada; buscando siempre un desarrollo y proceso orientado hacia la sostenibilidad. En este ámbito se implanta como objetivo principal, una merma en el impacto ecológico, logrando ahorros energéticos que varían entre el 30-70%. Englobamos dentro de estos porcentajes de ahorro los siguientes aspectos: demanda energética requerida por los edificios, gasto de agua, procesos de mantenimiento, disminución de CO₂, etc.

Por otra parte, el sistema de evaluación LEED, tiene como punto de mira el desarrollo de la sostenibilidad en los edificios, con miras a prestaciones elevadas. Es aplicable a la amplia variedad tipológica que existen actualmente (residencial, comercial, equipamientos, rehabilitaciones, etc.); a diferencia de la certificación BREEAM, no existe un método de evaluación específico para cada tipología.

Existen unas diferencias claras entre las condiciones (climatologías y del entorno) que podemos encontrar en los diferentes países, incluso entre las propias localidades o zonas que constituyen dichas regiones. En términos generales BREEAM presenta una visión más globalizada, tal es así, que creó una versión internacional, para su posterior traducción y adaptación en temas de normativa y practica constructiva de cada país. En este ámbito LEED, desde de creación carecía de esta posibilidad ya que presenta una mayor rigidez en lo que a adaptabilidad a condiciones locales específicas.

	BREEAM	LEED
Fecha de introducción	1990	1998
Esquemas disponibles	Oficinas Industria Educación Casas Sostenibles Sanidad Multi-residencial Internacional Tribunales Prisiones	Nueva construcción Edificios existentes Comercial Interiores Envolventes Escuelas Sanidad Casas Desarrollo vecindario
Categorías	Uso del suelo y ecología. Gestión Salud y bienestar Energía Agua Contaminación Transporte Materiales Residuos	Emplazamiento y tratamiento de espacios libres. Uso eficientes del agua. Rendimiento energético. Uso de materiales y recursos. Calidad de aire interior. Prioridades regionales.
Calificaciones	Aprobado Bueno Muy bueno Excelente Sobresaliente	Certificado Plata Oro Platino
Asesoría	Asesores entrenados	US-GBC
Certificación	BRE	US-GBC
Precio	De 2.900 a 5.300	De 15.000 a 22.800

Figura 28. Tabla comparativa entre las certificaciones energéticas BREEAM y LEED. Fuente: <https://ayreblog.wordpress.com/2012/11/28/leed-vs-breeam-2/>

En relación al diseño de edificaciones pasivas, cobra gran importancia un correcto y cuidadoso planteamiento; que organice las diferentes estrategias que van a ser aplicadas a lo largo de dicho proceso. Son numerosos los factores que influyen de manera sustancial en los resultados que se esperan obtener. Existe la posibilidad de que dichos factores sean ajenos o intrínsecas a las edificaciones, ambas causticas son de vital importancia en temas de desarrollo y diseño apropiado. En comparación con otro tipo de diseños, como por ejemplo el desarrollado en una edificación tradicional. Se puede observar que dichas estrategias, pueden generar una notable mejoría en lo que a prestaciones y resultados se refiere; con variaciones relativamente leves.

En la actualidad, existe una clara consciencia sobre la posibilidad de conseguir un edificio de estas características en prácticamente cualquier entorno y situación. Como ya se ha mencionado en puntos anteriores, las modificaciones o planteamientos características de dichos edificios; mejoran de manera sustancial las condiciones de confort interior, por consiguiente, la calidad de vida de sus usuarios (en lo que a condiciones y ambiente interior se refiere). El sobrecoste de esta serie de modificaciones no es elevado, y se ha comprobado su amortización a corto-medio plazo. Un factor determinante en la recuperación de dicha inversión, es la eficiencia de equipos e instalaciones utilizadas.

Para que se cumpla de manera estricta el planteamiento previsto, resulta de gran importancia la realización de un estudio previo. Este estudio a de comprender tanto aspectos de diseño propiamente dicho, como estudio del entorno, etc. Ya es sabido que esta serie de planteamientos, pueden ser aplicados a edificios de nueva planta, así como a edificios ya existentes. Ante estas dos posibilidades, resulta lógico que el planteamiento será notablemente distinto en el caso de edificios ya existentes. En este caso, el punto de partida es la adaptación a los distintos sistemas constructivos existentes, con sus correspondientes limitaciones a la hora de introducir mejoras en los mismos; aspectos normativos, aprovechamiento del espacio, etc. También hay que tener en cuenta el aspecto económico (de gran importancia), y estudiar la viabilidad de dicha mejora. En algunos casos no será rentable una intervención en una construcción existente; hay que tener en cuenta si la inversión que conlleva dichas mejoras, es inferior a las ganancias que puede aportar el aumento de la eficiencia energética.

En definitiva, en un edificio de nueva construcción, la posibilidad de aplicar estrategias de mejora es mucho más amplio que en un edificio ya existente. A pesar de estos, en ambas casuísticas, aunque existan ciertas diferencias, el

objetivo principal es el mismo; conseguir edificios con consumos nulos o prácticamente nulos.

A continuación, se muestra un esquema explicativo de las distintas vertientes que van surgiendo a raíz de este tipo de diseño. En primer lugar, tal y como se muestra en el párrafo anterior, nos encontramos actuaciones en edificios de obra nueva o en edificios existentes. A su vez dentro de cada uno de estos tipos, entramos una serie de factores que dependen del propio edificio y otros que son ajenos al mismo. Por último, en cada uno de estos grupos existe una serie de estrategias de carácter activo o pasivo.

Ambos tipos de estrategias poseen importancia, pero si observamos las exigencias establecidas por los distintos estándares y certificaciones; observamos que se incide con mayor medida a reducir los valores de demanda en los edificios. Esto se traduce de manera directa, disminuir la cantidad de energía que un edificio precisa para su funcionamiento. Aquí es donde juegan un papel fundamental, las estrategias pasivas que han sido consideradas en la etapa de diseño. Por otro lado, los factores activos pueden considerarse como un complemento que ayuda cumplir las exigencias; o bien suministrar la escasa energía requerida por este tipo de construcciones para su correcto funcionamiento.



Figura 28. Factores que intervienen en el diseño de edificios pasivos. Fuente: Elaboración propia.

EDIFICIOS PASIVOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

5.1 FACTORES PASIVOS AJENOS AL EDIFICIO

Aquellos que no están subordinados al edificio propiamente dicho, sino que guardan relación con el entorno en el cual se encuentra ubicado el mismo. Al tratarse de aspectos exteriores, existen diversas consideraciones. En términos generales, suelen establecerse en el entorno más próximo a la ubicación de la construcción. En ciertos casos puede modificarse el nivel de acotación de dicho entorno, y establecer este en un ámbito más extenso; atendiendo más concepto de entorno de manera generalizada. A continuación, se describen los de mayor interés en relación al tema en cuestión:

5.1.1 FACTORES CLIMÁTICOS:

Aquellos que engloban las características climáticas propias de la ubicación del edificio. Posee una gran influencia en el punto de partida del planteamiento de diseño, a pesar de ser inherentes a la edificación. Dichas condiciones son específicas de cada zona o región; a pesar de que con el transcurso del tiempo (extenso periodo de tiempo) pueden sufrir transformaciones mínimas, en términos generales se pueden considerar invariables. Si bien es cierto que de manera pretendida no pueden modificarse, existen una serie de estrategias que pueden disminuir o alterar los efectos de las mismas sobre las edificaciones. Adquieren gran importancia en relación a los resultados y exigencias que establecen los distintos estándares y certificaciones existentes. Posteriormente se describen los de mayor relevancia:

. TEMPERATURA:

Dentro de los factores climáticos, se podría decir que es uno de los más influyentes. Presenta una dualidad en cuanto a la búsqueda de resultados requerida; ya que en ciertas ocasiones puede favorecer a la obtención de unas condiciones interiores adecuados, o por el contrario causar una dificultad en este mismo proceso. Dicha dualidad la podemos apreciar en las diferencias de temperatura presentes en las distintas estaciones el año, o bien en la variación de la temperatura a lo largo del transcurso del día; ambas cambian en función de las características climáticas concretas de cada zona. Es necesario estudiar y conocer la fluctuación de temperatura característica, de la zona en la que se va a desarrollar la intervención.

. RADIACIÓN SOLAR:

Al igual que el punto anterior, cobra gran importancia, en lo relacionado con el diseño y desarrollo de este tipo de edificaciones. Del mismo modo comparte con el anterior una doble influencia; debido a que la posición e incidencia del sol varían en función de la época del año en la que nos encontremos. De tal forma que un mecanismo aplicado sobre un edificio, puede ser beneficioso en este aspecto en la estación de verano, pero tener un carácter negativo en los

meses de invierno. En base a lo anterior, se puede extrapolar este concepto en relación a la importancia de la orientación a la hora de situar una edificación; y la importancia de la existencia y posicionamiento de elementos de protección solar. También hay que tener muy en cuenta, que la radiación solar sirve como apoyo para generar energía. A través de métodos de energías renovables, se pueden conseguir un aporte energético si fuese necesario, por lo que tendrán que existir ciertas zonas o elementos ubicados en zonas apropiadas y así conseguir una mayor optimización del aprovechamiento solar.

. EXPOSICIÓN AL VIENTO:

Generalmente la investigación sobre como el viento afecta a las edificaciones, se ha centrado en temas de empuje y succión; y el comportamiento del edificio o los elementos que lo componen frente a ellos. Aunque es aconsejable tener en cuenta, al igual que ocurre con el aspecto solar, la orientación del proyecto desde el punto de vista del viento. Cabe mencionar la dificultad en este aspecto ya que la dirección de los vientos, es compleja en lo que a su comportamiento se refiere y no sigue unos patrones constantes (la dirección y características de los vientos, presenta una gran complejidad para establecer unos datos y conseguir preverlas). Presenta también una serie de aspectos positivos como pueden ser; favorecer la eliminación de gases nocivos u olores desagradables, así como una renovación del aire. Como ocurría con el tema de la radiación solar, este elemento puede ser utilizado para la producción energética, a través de mecanismos eólicos.

. HUMEDAD:

Este factor viene condicionado por la proximidad de la ubicación del edificio, con masas de agua de cierto rigor; ríos, pantanos, lagos o mares. Dicho factor puede ser de gran relevancia en el entorno próximo de la edificación y sus propiedades higrotérmicas, llegando incluso, a ser un factor de cierta importancia en el diseño de la misma. Puede conllevar la utilización de medios auxiliares que ayuden a regular los niveles de humedad; deshumidificadores para porcentajes de humedad relativa elevados, y humectadores en el caso contrario. Dicha regulación puede provocar mejoras sustanciales en ciertos climas, que por sus características no son lo suficientemente agradables en cuanto a condiciones de confort se refiere. Existen climas caracterizados por ambientes cálidos o secos, en los cuáles podemos aumentar la humedad presente en el ambiente y conseguir así un ambiente más confortable.

5.1.2 VEGETACIÓN

La vegetación puede afectar de manera notable al entorno próximo del edificio; tanto en aspectos de regulación ambiental, como depuración del aire e incluso en una mejora de la calidad de vida de los usuarios (relacionada con el ámbito psicológico). Como la mayoría de los factores anteriormente

explicados, conlleva una serie de inconvenientes para las construcciones: mantenimiento continuo para evitar atascos o daños directos en las edificaciones, daños causados por el crecimiento excesivo de raíces, etc.

Cabe mencionar que el cuidado de estas zonas vegetales conlleva, en mayor o menor medida según las variedades elegidas, un gasto energético suplementario. Para disminuir este gasto suplementario, se pueden introducir una serie de sistemas complementarios. Uno de los más inmediatos es todo aquel que colabora en el aprovechamiento de agua, tanto el agua de lluvia como ciertas aguas utilizadas en el edificio (aguas grises). Un correcto canalizado de las mismas, junto con un leve tratamiento (filtrado y en ciertos casos posterior tratamiento para su adecuado almacenamiento); puede ser suficiente para las labores de riego de las zonas verdes.

Seguidamente se describen algunos de los aspectos que resultan beneficiosos, para conseguir construcciones con estas características:

. SUMIDEROS DE CO₂:

Fundamentado en el proceso fotosintético; por el cual los vegetales captan el CO₂ presente en el aire, para transformarlo y liberar oxígeno. Por lo tanto, se ha comprobado que la presencia de masas vegetales o arbóreas en las inmediaciones de los edificios presentan grandes beneficios en temas de depuración y mejora de la calidad del aire.

. PROTECCIÓN FRENTE AL SOLEAMIENTO:

De manera complementaria al punto anterior, la existencia de masas arbóreas de cierta envergadura, puede actuar como tamiz regulador de la excesiva radiación solar. Dependiendo de la variedad del árbol o vegetal, tendrá una mayor o menor eficacia. Es necesario tener muy en cuenta esta última especificación; dependiendo de su desarrollo y características intrínsecas, el carácter negativo o positivo de su influencia puede variar. Por citar un ejemplo, la elección en base a la variedad de hoja caduca o perenne es crucial. Resulta idónea la elección de variedades de hoja caduca, las cuales impiden en cierta manera la excesiva incidencia solar en verano; pero con su posterior caída en los meses de invierno, permiten el soleamiento y su posterior aporte energético.

. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO:

Este punto comparte grandes similitudes con el anterior, la presencia de elementos vegetales actúa como barrera paliativa frente al ruido. En entornos cercanos a industrias zonas de gran afluencia, se ha comprobado que la utilización de masas arbóreas, puede funcionar como mecanismo frente a contaminación acústica.

. PROTECCIÓN FRENTE AL VIENTO:

Relacionándolo con el factor climático de la incidencia del viento sobre las edificaciones, y siguiendo la misma dinámica que en el aspecto solar o del ruido; en ciertas ocasiones la vegetación puede evitar o reducir la incidencia del viento sobre las edificaciones. Como ya se ha comentado, las variaciones que sufre el viento en cuanto a dirección y comportamiento no siguen unos patrones establecidos; esto hace que las medidas a realizar no sean siempre efectivas. De nuevo la elección de la variedad y su ubicación en relación al edificio en cuestión, son determinantes en la eficacia deseada.

5.1.3 FACTORES URBANOS:

Existen una gran cantidad de condicionantes en este aspecto, que pueden influir notablemente en la búsqueda de las condiciones específicas de este tipo de construcciones. En ciertos casos a la hora de abordar un proyecto, el área de actuación ya se encuentra desarrollada (sobre todo en medianas y grandes ciudades). Por consiguiente, el abanico de posibilidades se reduce notablemente. Hay que tener presente que en la mayoría de los casos el ámbito de libertad para elegir la opción más idónea, viene supeditada a la normativa vigente o no interesa desde el punto de vista económico; ya que no dependen exclusivamente del proyectista, sino que existen una serie de condicionantes políticos, especulativos, etc.

Dependiendo del tipo de emplazamiento del edificio, estos aspectos tendrán un carácter determinante en mayor o menor medida. Existen grandes diferencias en los aspectos generales presentes en las grandes ciudades, frente a los que podemos encontrarnos en las pequeñas ciudades o zonas poblacionales de reducido tamaño (áreas rurales, pueblos, etc.). Las dos principales características influyentes son: la densidad urbana que presente el entorno en cuestión, ya que afecta directamente al confort y condiciones existentes (contaminación, ruido excesivo, masificación...) y por otra parte la diversidad de usos que afecta de igual manera; en función de los diversos usos existentes en el entorno próximo de la edificación, surgirán una serie de condicionantes que repercutirán en ciertos aspectos proyectuales y de desarrollo.

En relación con el tema de uso y utilización, existe un factor altamente determinante; el uso por parte de los propios usuarios del edificio. Este va a incidir de manera directa en el consumo asociado a dicho edificio. El comportamiento adecuado y racional en este ámbito, viene condicionado por un tema de educación y conciencia propio de cada individuo. Causando esto, una cierta dificultad a la hora de regularlo. Existen dos grandes grupos de usuarios: los que se denominan usuarios habituales (por temas de residencia o

trabajo y que suponen una incidencia mayor sobre el consumo total del edificio) y aquellos cuya utilización presenta un carácter más temporal (a pesar de tener una menor incidencia sobre el consumo final es importante ser consciente, en términos generales, de la falta de conciencia de estos mismos).

5.1.4 FACTORES POLÍTICOS Y LEGISLATIVOS:

Anteriormente se ha mencionado que existen diversos factores determinantes que no corresponden al ámbito de decisión del proyectista, sino que están regulados por normativas y políticas de distinta índole (legislación provincial, autonómica o estatal). Este factor viene condicionado de manera generalizada, por todo marco normativo que afecte al ámbito de la edificación. Si bien es cierto, que existen ciertos puntos concretos en los cuales el espectro de intervención es más amplio; en lo referido a la producción y autoconsumo energético, por ejemplo, basado por norma general en el aprovechamiento de energías renovables. Aquellas normativas que fijen unos valores máximos de autoabastecimiento o que se encarguen de regular todo el proceso de autoproducción y distribución posterior, pueden condicionar notablemente el diseño en este aspecto. Desde una visión crítica, la finalidad de este tipo de normativas es de carácter meramente recaudatorio en la mayoría de los casos.

En el apartado 3.7.2 se aborda de manera más extensa el tema la normativa vigente en España y el estándar Passivhaus.

5.2 FACTORES ACTIVOS AJENOS AL EDIFICIO

De mismo modo que los anteriores no están subordinados al edificio en si mismo, sino que guardan relación con el entorno en el cual se encuentra ubicado. La principal diferencia con los mencionados factores pasivos, es que su influencia en la búsqueda de resultados presenta un carácter activo. En términos generales, suelen establecerse en el entorno más próximo a la ubicación de la construcción. En ciertos casos puede modificarse el nivel de acotación de dicho entorno, y establecer este en un ámbito más extenso; atendiendo más al concepto de entorno de manera generalizada. A continuación, se describen los de mayor interés en relación al tema en cuestión:

5.2.1 ELEMENTOS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA:

Que constituyen sistemas activos de captación y generación de energía, ya sea mediante fuentes renovables basadas en la radiación solar, energía eólica o fuentes similares. Esta serie de mecanismos pueden ubicarse en la propia edificación o parcela; o bien estar vinculados con el entorno inmediato de la misma para su correspondiente distribución a dichos edificios, ya que en algunos casos el espacio precisado para su correcto funcionamiento es superior al que una parcela común puede aportar.

5.2.2 INSTALACIONES COMUNES, ENERGIA DE DISTRITO:

Este aspecto parte de la idea de la existencia de un sistema de suministro energético común, el cual produzca un ahorro frente a los sistemas de generación individuales tradicionales. Como ocurre en el caso de la calefacción por distrito; en la cual se utiliza una fuente central de generación energética, para después calentar o refrigerar los edificios de un barrio o la totalidad de una ciudad mediante una red de tuberías. En la actualidad, los sistemas existentes de energía de distrito incorporan: energías renovables, almacenamiento térmico, bombas de calor, redes eléctricas, etc. En algunos sistemas existentes se ha comprobado el ahorro que suponen, llegando a valores de notable importancia. En su objetivo por un desarrollo sostenible y la utilización de energía limpia está presente la mejora de confort y calidad del ambiente, intentando disminuir a límites aceptables la contaminación producida para satisfacer la demanda en este ámbito.

5.3 FACTORES PASIVOS PROPIOS DEL EDIFICIO

Estos factores constituyen un grupo cuya finalidad principal reside en reducir la demanda de las diversas edificaciones, contribuyendo de igual manera a una mejora de las condiciones y confort interior. Resultan de gran importancia en el diseño de este tipo de construcciones; un correcto planteamiento y utilización de estas estrategias, provocará una merma en el empleo de mecanismos activos. Algunas de las definidas a continuación, ya fueron mencionadas en los apartados anteriores (3.3 Características principales del estándar Passivhaus).

5.3.1 EMPLAZAMIENTO:

La ubicación es determinante a la hora de conocer las condiciones climáticas a las cuales van a estar expuestas las distintas edificaciones. Los principales factores que van a determinar estas condiciones son: Temperatura (media, máxima, mínima), datos pluviométricos, horas solares, vientos (direcciones dominantes y velocidades). Es de notable importancia tener consciencia de estos datos en la fase previa al diseño, para así poder utilizarlos de la manera más beneficiosa posible.

5.3.2 ORIENTACIÓN:

Es necesario conseguir una orientación idónea, y tener un correcto control de aberturas y posición de huecos. Las diversas envolventes que conforman las construcciones, modificarán su composición en relación a dicho parámetro. Existen directrices que indican la ubicación y superficie de huecos más apropiada; en función de la orientación en la que se encuentren los mismos y el uso de la estancia que van a alojar. Todos estos puntos inciden directamente en el consumo energético del edificio; el correcto planteamiento y posicionamiento de las edificaciones en lo relativo a este ámbito, pueden

suponer grandes beneficios energéticos en temas de ahorro energético. Esta serie de estrategias se manifiestan en forma de iluminación de espacios, aporte calorífico vinculado a la radiación solar, o bien evitar los mismos (en función de la época del año en la que nos encontremos). A continuación, se describen brevemente algunas de estos aspectos:

. CAPTACIÓN SOLAR:

Como se describe en el párrafo anterior, en función de la época del año, las estrategias utilizadas estarán encaminadas al aprovechamiento o protección de estos recursos. Durante los meses de invierno (meses fríos del calendario) se buscará el mayor aprovechamiento solar en cuanto a captación se refiere. Por lo tanto, la orientación y disposición de ventanas, huecos y terrazas a de tener una lógica muy rigurosa en este ámbito. Otro aspecto importante es la posibilidad de acumulación energética, basada en la inercia térmica¹⁷ de los distintos materiales que componen los sistemas constructivos utilizados. Este principio permite el almacenamiento energético por parte de los materiales, para su posterior liberación progresiva; en función de las especificaciones de dichos materiales, se obtendrá un valor inferior o superior de dicha característica. Hoy en día se dispone de elementos acumuladores que puedan almacenar dicha energía para su posterior distribución.

. PROTECCIÓN SOLAR:

La presencia de voladizos que protejan de la radiación solar excesiva, la utilización de cerramientos combinados con elementos vegetales capaces de aportar frescor y sombra al ambiente; constituyen mecanismos de ayuda a estas mejoras. Adquiere una especial importancia en climas cálidos, un correcto control en este aspecto puede reducir de manera sustancial la demanda energética. Existen multitud de mecanismos capaces de regular este parámetro: elementos verticales u horizontales (en función de la orientación de la zona a proteger) como lamas, parasoles (brise-soleil en francés), toldos textiles, etc. Existen numerosos ejemplos en los cuales, el edificio genera unas formas específicas que consiguen de forma adecuada dicha protección; entran en juego formas abocinadas o ángulos inclinados hacia la zona interior. En materia de innovación, cada vez son más comunes mecanismos que tengan una amplia versatilidad; un mismo edificio puede estar sometido a situaciones diferentes entre el transcurso del día, o las diversas épocas del año. Con dicha

¹⁷ Inercia térmica: "La inercia térmica es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la necesidad de aportación de climatización". Esta capacidad depende de la masa, la densidad y el calor específico de cada material o sistema de materiales.

Fuente: https://www.construmatica.com/construpedia/Inercia_T%C3%A9rmica

versatilidad, se consigue una notable adaptación a cada momento y época concreta, pueden regularse de forma manual o automatizada.

5.3.3 RECURSOS ENERGÉTICOS NATURALES:

Estrechamente relacionados con las estrategias anteriores, basada en el emplazamiento y la orientación. Se articula en torno a una serie de elementos y mecanismos capaces de contribuir un aporte energético al edificio, aprovechando los diversos recursos naturales que existen en cada caso particular. Un punto de notable importancia en este aspecto, es el coste relativamente bajo (llegando a ser nulo en algunos casos) que conlleva dicho aprovechamiento.

. ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN NATURAL:

A pesar del constante desarrollo en los sistemas de iluminación artificiales existentes; cada vez más eficientes desde el punto de vista energético, con un aumento considerable de su vida útil y nuevos diseños más estéticos y discretos. Y dejando a un lado el tema "teórico" de la luz como complemento fundamental de los distintos materiales utilizados, incluso considerándola como un material más (con carácter polivalente y alterable) desde el punto de vista proyectual y de concepto. En necesario tener presente el ahorro energético que puede suponer, un correcto aprovechamiento de la iluminación natural. Se tiene claro conocimiento de las fluctuaciones que existen en función de la época del año y localización del edificio en este ámbito. Por lo tanto, deben plantearse estrategias en base a dichos parámetros, que obtengan el mayor aprovechamiento posible de dicho recurso.

Siguiendo con el mismo hilo conductor, aunque teniendo una repercusión menor, encontramos el beneficio energético vinculado a la ventilación natural. Un correcto planteamiento en este aspecto, puede servir de cooperación en términos de climatización. Y por consiguiente en la obtención de unas condiciones de confort interiores adecuadas.

. ENFRIAMIENTO GRATUITO/ "FREE COOLING":

De forma muy general, este concepto tiene como base fundamental el intercambio de aire. Este sistema busca, de igual manera que los anteriores, una reducción del consumo energético; en este caso mediante el enfriamiento gratuito de las diferentes estancias tomando aire exterior (utilizando su reducida entalpía¹⁸), siempre y cuando las condiciones en el exterior sean propicias para dicho proceso. El mecanismo se compone de una serie de elementos que

¹⁸ Entalpía: "La entalpía es la cantidad de energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente en condiciones de presión constante, es decir, la cantidad de energía que el sistema absorbe o libera a su entorno en procesos en los que la presión no cambia". Fuente: <https://concepto.de/entalpia/#ixzz6Mc1UE52m>

regulan el intercambio del aire entre el exterior y el interior, por ejemplo; ventiladores de retorno, o lamas direccionales capaces de controlar los niveles de circulación de aire y conseguir una proporción idónea.

Existen diversos tipos de este sistema, para adaptarse mejor a los parámetros y casuísticas existentes:

- **Freecooling termostático (con o sin ventilador de retorno):**
Establece una comparativa de la temperatura del aire exterior y la del ambiente interior que se va a acondicionar. Incorpora un termostato programable complementado con una sonda.
- **Freecooling entálpico (con o sin ventilador de retorno):**
Establece una comparativa de la entalpía que presenta el aire exterior y la del ambiente interior que se va a acondicionar. Incorpora una sonda, termostato y cuadro eléctrico.

. APROVECHAMIENTO DE AGUA:

De manera idéntica a lo explicado en el apartado 5.1.1 en lo relativo a temas de agua y humedad, pero aplicándolo a estrategias del edificio propiamente dicho. Suele conllevar el aporte o complemento de ciertas instalaciones auxiliares; aun así, supone una merma en el consumo energético, con un claro carácter de sostenible.

Destaca generalmente la captación de agua de lluvia y las provenientes de los cuartos húmedos de las edificaciones (aseos, baños, cocinas, etc.), conocidas como aguas grises o usadas. Estas son depositadas y sometidas a una serie de tratamientos de filtrado y eliminación de partículas contaminantes, para su posterior distribución y utilización en labores de riego de zonas verdes. También se consideran aptas para el llenado de cisternas de inodoros. La continua innovación en todos los ámbitos de la construcción, provoca que cada vez sean más los avances conseguidos por parte de empresas. En el caso de instalaciones sanitarias, existen una serie de líneas de investigación y desarrollo de productos orientadas a la eficiencia y la sostenibilidad; que aportan una mínima contribución en la reducción del consumo, pero que de manera colectiva y extrapolada a todas las edificaciones puede suponer un porcentaje de cierta índole. Existen ejemplos basados en el uso conjunto o complementario de varios aparatos sanitarios, teniendo lugar así una reutilización directa de aguas.

5.3.4 ASPECTOS FORMALES Y TIPOLOGICOS:

Ambos factores son de gran relevancia en lo relativo a términos de eficiencia energética; resulta imprescindible que sean tenidos en cuenta desde las primeras fases proyectuales, manteniendo un control continuo durante todo el

proceso edificatorio. En numerosas ocasiones, y haciendo alusión a puntos anteriores que tratan aspectos normativos (en este caso en referencia a los urbanísticos), es necesario la búsqueda de un equilibrio apropiado entre las exigencias vigentes y el diseño sostenible. A pesar de que dicha normativa regula estos aspectos formales y tipológicos, es tarea del proyectista (junto con el resto de agentes que intervienen en el proceso), adaptarse a las imposiciones vigentes teniendo muy presente el objetivo principal de la eficiencia y sostenibilidad; y por consiguiente un correcto aprovechamiento de los condicionantes que tienen influencia en estos ámbitos.

Del mismo modo, ocurre con ciertos detalles o preferencias por parte de los clientes; existe un porcentaje de los mismos, que carecen de una base sostenible. Nuevamente entra en juego la labor del proyectista, que tendrá que lidiar con los gustos personales y estéticos de los usuarios, manteniendo la base fundamental de la sostenibilidad y eficiencia energética.

. COMPACIDAD:

Esto nos indica que a menor relación entre dicha superficie y el volumen del edificio, este poseerá un mayor grado de compacidad. Se trata de un mecanismo fruto del diseño arquitectónico, con un mismo volumen podemos crear diferentes configuraciones, las cuales tendrán una superficie de envolvente distinta. Entre más compacto sea un edificio, mejor comportamiento presentará desde el punto de vista energético. En un clima frío, por lógica, una edificación compacta tiene menor demanda energética que un edificio con una envolvente mayor; ya que las pérdidas por transmisión son menores, la superficie de contacto con el exterior es menor. Este razonamiento es extrapolable a un emplazamiento de clima cálido; con una mayor cantidad de superficie envolvente, está podría experimentar un valor de radiación solar incidente superior al de un edificio más compacto (y por consiguiente un aumento del calor interno). Relacionado con las diferentes tipologías y usos, en edificios de mayor tamaño y programa (edificios públicos, de servicio...) se tiende a valor de alta compacidad; mientras que en edificios residenciales o viviendas unifamiliares encontramos valores de compacidad más bajos respectivamente.

5.3.5 ENVOLVENTE:

Dentro de los diferentes factores influyentes en el ámbito energético (consumo, sostenibilidad, producción, etc.) definidos en estos apartados, la envolvente es aquel que posee una mayor repercusión en los valores finales que se van a obtener. Son varios los elementos que la componen, y por lo tanto que interfieren en los resultados obtenidos. A continuación, se desarrollan algunos de ellos; algunos ya mencionados en puntos anteriores, en relación a los principios básicos que componen los diversos estándares o certificaciones existentes en la actualidad (apartado 3.3.1 Principios básicos del estándar Passivhaus).

. HERMETICIDAD:

Resulta esencial para conseguir un edificio pasivo, que la envolvente del mismo sea hermética. Con esto se consigue un elevado control del ambiente y confort interiores; ya que existe una limitación controlada de huecos y espacios, los cuales comunican interior y exterior. Su base fundamental consiste en sellar de forma estanca las uniones entre los diferentes materiales, evitando así infiltraciones de aire no deseadas. De esta forma se consigue controlar la temperatura interior, siendo necesaria en algunos casos un mínimo aporte a través de sistemas de climatización. De la misma manera se logra reducir en gran medida pérdidas energéticas a través de dichos encuentros constructivos

. AISLAMIENTO TÉRMICO:

Este tipo de materiales se emplean en el ámbito de la arquitectura para evitar cualquier transferencia de energía térmica entre distintos espacios. Tiene mayor influencia a la hora de aislar espacios interiores y exteriores, ya que la diferencia de temperatura suele ser mayor, por norma general. El aislamiento térmico exterior dota a la envolvente del edificio con el grado de aislamiento necesario; y así garantizar la diferencia térmica entre el espacio interior acondicionado y el exterior. De nuevo mejorando el confort térmico y disminuyendo o evitando la aparición de condensaciones. Con el espesor de aislamiento térmico adecuado, se ha comprobado que las edificaciones pasivas sufren pérdidas de calor muy reducidas, en la mayoría de los casos los aportes auxiliares de calefacción son innecesarios. Es primordial resolver de manera adecuada las diversas envolventes (cerramientos exteriores, cubiertas, etc.), para conseguir un aislamiento continuo. Dicha continuidad reduce severamente el riesgo de aparición de puentes térmicos.

. ELIMINACIÓN DE PUENTES TÉRMICOS:

Relacionado con el principio anterior; el aislamiento presente en la envolvente no solo influye su espesor, es de notable importancia que este sea continuo. Con esto se elimina el riesgo de aparición de puentes térmicos. En caso de no poder ser evitados desde el punto de vista constructivo, se intentará utilizar materiales con un porcentaje conductividad calorífica menor, o que presenten incorporaciones propias de rotura de puente térmico (como en el caso de las carpinterías que se mencionará con posterioridad). De no cumplirse esto, sería de poca utilidad tener perfectamente aislada el cerramiento, ya que tendríamos estos puntos o zonas que aumentarían el consumo energético, e incrementarían el riesgo de condensaciones. Existen otra serie de ventajas fruto de la eliminación de puentes térmicos; como por ejemplo prevenir la aparición de patologías edificatorias originadas por la condensación (manchas, mohos, y otros hongos nocivos para la salud), o bien la eliminación de puntos/zonas frías.

De tal forma que se produce una mejora energética y de las condiciones de confort, objetivos indispensables del mencionado estándar energético.

. HUECOS Y CARPINTERIAS:

De gran importancia, no solo es adecuado controlar las “partes opacas” del cerramiento, ya que las zonas de huecos (carpinterías principalmente) juegan un papel fundamental. Estos deben tener unas dimensiones adecuadas en base a las distintas orientaciones. Se debe cuidar mucho la elección del tipo de vidrio (doble o triple acristalamiento de baja emisividad, con cámara que contenga gas aislante, etc.), a su vez la carpintería en sí debe incorporar rotura de puente térmico (o en su defecto estar constituida por elementos de baja conductividad térmica, tales como madera o PVC) esto cobra mayor importancia en climas fríos. Como en el punto anterior, esto consigue una mejora energética y condiciones interiores más idóneas, ya que reduce de manera significativa la aparición de condensaciones y las patologías que estas generan.

. INERCIA TÉRMICA DE MUROS:

Tal y como se ha definido en párrafos anteriores; entendemos la inercia térmica como la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida, y su posterior liberación progresiva. Está condicionada por la masa, la densidad y el calor específico de cada material o sistema de materiales. La energía térmica proviene de la radiación solar, o de los sistemas de calefacción interiores. En función de la disposición del aislamiento en la composición del cerramiento, la inercia térmica influirá en mayor o menor medida. En el caso de que el material aislante se encuentre en la parte exterior del cerramiento; paliará gran porcentaje del aporte energético proveniente de la radiación solar, y la masa del cerramiento captará y liberará la energía térmica presente en el interior de la edificación (hasta conseguir un equilibrio en la temperatura interior). Si por el contrario, el aislante térmico está colocado en la zona interior, la gran mayoría de la masa del cerramiento no podrá estar en contacto con el aire interior.

Existen otra serie de factores, de notable importancia a la hora de diseñar la envolvente del edificio, y en este caso el cerramiento vertical, para conseguir una correcta adaptación a las condiciones específicas de cada proyecto. Resulta fundamental un control absoluto en aspectos como:

- Conductividad térmica λ (W/m.k)
- Resistencia térmica R ($m^2.k/W$)
- Transmitancia térmica U ($W/m^2. k$)
- Cromatismo exterior

. CERRAMIENTOS PASIVOS QUE PASAN A SER ACTIVOS:

Con el uso de este tipo de mecanismos y estrategias se consigue una conversión de gran interés, elementos pasivos que actúan de manera activa. A pesar de su influencia en los resultados finales obtenidos, presentan varios hándicaps; su comportamiento ante las condiciones cambiantes del entorno, ya que gran parte de dichos sistemas tienen un impacto positivo solamente ante una serie de situaciones concretas (difícilmente controlables por los usuarios de los edificios) por otra parte suelen venir acompañadas de una mayor complejidad de ejecución en comparación con otros sistemas convencionales. Posteriormente se definen varios de los modelos más utilizados:

CERRAMIENTOS ACRISTALADOS:

Basados en el efecto invernadero¹⁹, existen varios ejemplos llevados a cabo en el siglo XIX. Consiste en la creación de grandes superficies acristaladas (ya sean en cerramientos verticales o en cubiertas), los cuales permiten un aprovechamiento de la radiación solar para calentar el aire interior. Este tipo de sistema es propicio para los meses de invierno, mientras que por el contrario para la época estival es necesaria una correcta ventilación para evitar sobrecalentamientos y conseguir unas condiciones interiores adecuadas.

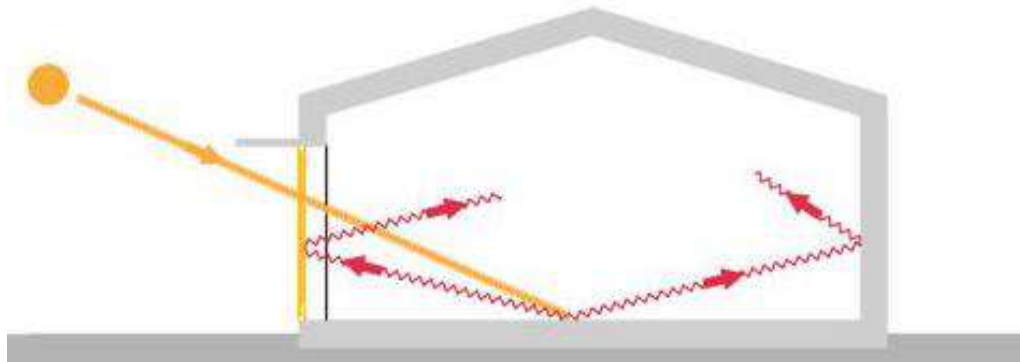


Figura 29. Efecto invernadero en edificaciones. Fuente: <https://biuarquitectura.com/2012/02/24/el-sol-fuente-de-calor-natural/>.

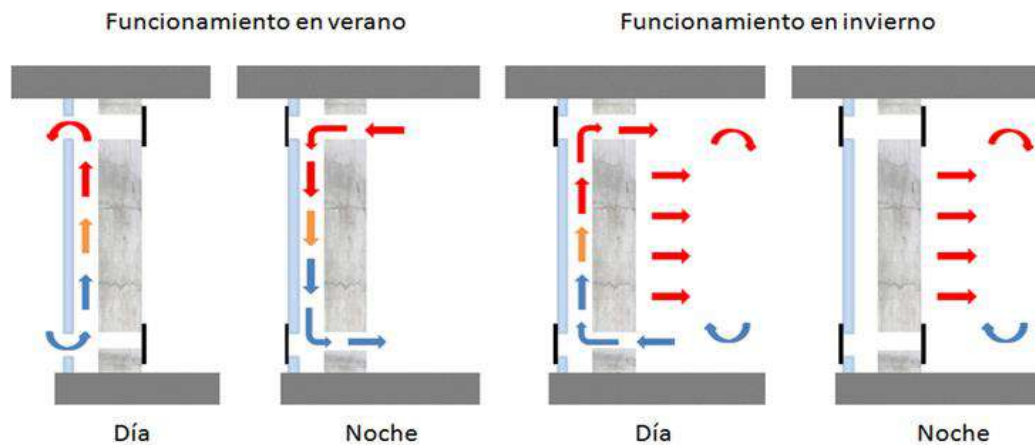
MUROS TROMBE:

Se trata de un sistema pasivo de aprovechamiento de la radiación solar, guarda similitud con el punto anterior. Pese a que su uso principal es el de calefactar a través de aportes indirectos, posee una dualidad funcional, ya que puede ser desempeñar funciones de ventilación. Por su condición

¹⁹ Efecto invernadero: "Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar." Fuente: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es

de sistema pasivo, y al igual que los anteriormente definidos, resulta de gran importancia los aspectos de relacionados con su posicionamiento, orientación, materiales, etc. Por norma general está compuesto por una hoja interior (materiales de elevada inercia térmica), una cámara de aire, seguida de una superficie acristalada, y una serie de huecos y trampillas que permiten la configuración más apropiada para cada parte del día y etapa del año.

Su funcionamiento radica en dos fenómenos principales; el efecto invernadero (al igual que en los cerramientos acristalados del apartado anterior), y la convección generada por la diferencia de densidades entre el aire frío y el caliente. Con este último se crean una serie de corrientes de aire en su interior, las cuales pueden ser utilizadas para introducir aire caliente en las diferentes estancias, o bien extraerlo para permitir la ventilación de las mismas. Otro aspecto a tener en cuenta es el aporte por radiación; en el interior del muro Trombe se produce una



acumulación térmica, cediéndola posteriormente al interior (debido al desfase de la onda térmica).

CUBIERTAS Y FACHADAS AJARDINADAS-VEGETALES:

Figura 30. Esquemas de los distintos funcionamientos de Muro Trombe. Fuente: <https://retokommerling.com/muro-trombe/>

Se trata de una estrategia muy extendida a lo largo de la Historia de la Arquitectura, utilizada en multitud de ocasiones por autores de gran renombre (Le Corbusier y sus cinco puntos de la Arquitectura). Si bien es cierto que nuevo entra en juego el condicionante de la normativa vigente, ya que no en todos los entornos están permitidos este tipo de cerramientos o acabados. Desde el punto de vista energético, supone grandes ventajas; protege a la cubierta o a la fachada de la radiación solar, absorbe CO₂, favorece el enfriamiento evaporativo y dota al cerramiento de una notable inercia térmica a la par que mejora sustancialmente el aislamiento térmico. Así mismo actúa de barrera frente al ruido y de protección de la capa impermeabilizante (en las cubiertas).

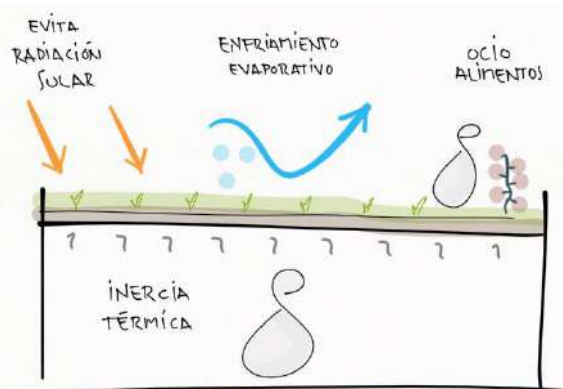


Figura 31. Ventajas en la utilización de cerramientos ajardinados-vegetales. Fuente: <https://angelsinocencio.com/cubierta-ajardinada/>

5.4

FACTORES ACTIVOS PROPIOS DEL EDIFICIO

Utilizados para cubrir la totalidad o gran parte, del consumo de la edificación que no ha sido abastecido mediante las estrategias pasivas. Se encuentran condicionados por las características propias de cada edificio y los rendimientos obtenidos los distintos elementos utilizados. Dentro de esta tipología de estrategias existen cuatro apartados individuales, pero estrechamente ligados entre sí; ya que para lograr un correcto funcionamiento tienen que cooperar conjuntamente. Sigue estando presente la búsqueda de eficiencia energética en cada uno de los apartados individuales, y por ende desde una perspectiva de conjunto.

Estrategias activas propias de las edificaciones:

- **Sistemas de generación energética renovable.**
- **Sistemas de acumulación energética.**
- **Componentes de consumo energético.**
- **Sistemas de gestión energética.**

5.4.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN ENERGÉTICA RENOVABLE:

Encargados de la producción de energía en el propio edificio, para satisfacer de manera parcial o total la demanda energética del mismo. Ayudan a las estrategias pasivas en el proceso de abastecimiento energético necesario. En

algunas ocasiones, este tipo de sistemas no logran producir lo suficiente, por lo que es necesario tomar energía de la red de distribución. Dentro del amplio abanico de posibilidades que existen hoy en día en temas de producción de este tipo de energía, a continuación, se describirán brevemente las más influyentes en el ámbito de la Arquitectura:

ENERGÍA SOLAR:

Como su propio nombre indica, consiste en el aprovechamiento de la energía que proviene del Sol. Es considerada como un tipo de energía limpia y abundante. Puede ser aprovechada en forma de energía eléctrica o térmica, en función de su posterior consumo. Este aprovechamiento se realiza a través de captadores solares, existen diversas tipologías en base a los requerimientos existentes; Captadores solares térmicos, paneles fotovoltaicos, etc.

Se pueden distinguir tres maneras principales de aprovechamiento de la energía solar:

- **Energía fotovoltaica:** A través de la cual se aprovecha el efecto fotovoltaico para su posterior generación de energía eléctrica. Esta energía producida es corriente continua, mediante la instalación de un inversor fotovoltaico puede convertirse en corriente alterna; apta para el uso de electrodomésticos, iluminación y otros aparatos que podemos encontrar en los edificios.
- **Energía solar térmica (termosolar):** Su funcionamiento parte del aprovechamiento de la radiación solar para calentar fluidos (generalmente agua) utilizando colectores solares. Este tipo de elementos aumentan la energía interna de los fluidos, puede utilizarse para precalentamiento de agua sanitaria, calefacción, etc.
- **Energía solar pasiva:** Apartado ya mencionado con anterioridad, consiste en el aprovechamiento solar, sin el uso de ningún elemento o sistema auxiliar. Mediante una correcta ubicación y orientación, así como un adecuado aprovechamiento y protección de la radiación solar incidente.

GEOTERMIA:

Consiste en el aprovechamiento, en forma de calor, de la energía situada bajo la superficie sólida de la tierra. A partir de ciertas profundidades la temperatura se puede considerar constante, en base a esto y la gran inercia del terreno; se realiza un intercambio de calor con el mismo. La energía geotérmica tiene un umbral de temperatura bajo, por lo que su regeneración es relativamente rápida y constante. Para conseguir esto, se realizan una serie de perforaciones verticales u

horizontales, en las cuales se introducen una serie de conductos que contienen un líquido caloportador; encargado de realizar dicha captación térmica. Un elemento clave en este sistema es la bomba de calor, esta máquina permite la transferencia de calorífica de un ambiente a otro (puede variar en base a las condiciones específicas existentes).

ENERGÍA EÓLICA:

Convierte la energía mecánica del viento en energía eléctrica, mediante el uso de turbinas eólicas, aerogeneradores, etc. El movimiento o rotación de los elementos que componen estos sistemas, es transformado en energía eléctrica mediante generadores. Al igual que la energía solar es un tipo de energía limpio y renovable, y con cierto carácter inagotable. Siguiendo con la referencia a la energía solar, en según qué casos, ambas pueden causar un impacto visual y ambiental. En el ámbito de la construcción, se encuentra presente a una escala bastante minoritaria, ya que en la mayoría de los casos el aprovechamiento que se puede obtener del viento es ínfimo.

5.4.2 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN ENERGÉTICA:

Constituidos por sistemas que permiten el almacenamiento de energía, para su posterior liberación. Utilizan baterías capaces de acumular el remanente energético de la edificación. Este podrá ser utilizado como aporte suplemental, cuando los sistemas de generación energética sean insuficientes. Como en la mayoría de los sistemas y elementos tecnológicos ya mencionados, la variedad tipológica es considerablemente amplia; y se encuentran inmersos en un continuo proceso de evolutivo de investigación.

5.4.3 COMPONENTES DE CONSUMO ENERGÉTICO:

Aquellos elementos que se permiten realizar gran parte de las actividades que se desarrollan en el interior de los edificios. Suponen un porcentaje elevado en relación al valor total de consumo energético; de nuevo entra en juego la importancia de la eficiencia que posea cada elemento y por lo tanto cada sistema. Del mismo modo, resulta útil disponer de una estrategia que regule el proceso que engloba la parte de generación energética hasta la distribución a cada uno de los puntos de consumo. Dependiendo de la tipología, uso y necesidades específicas de cada edificio; existirán diversos grupos dentro de dichos componentes.

A continuación, se enumeran los grandes grupos presentes en la mayoría de edificaciones convencionales:

- Sistemas eléctricos.
- Sistemas de iluminación.
- Sistemas de Agua Fría (A.F.S) y Agua Caliente Sanitaria (A.C.S).
- Sistemas de climatización (calefacción y ventilación).
- Sistemas de domótica.

5.4.4 SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA:

Como se ha comentado repetidas veces en párrafos anteriores, es fundamental la eficiencia y correcto funcionamiento de cada uno de los elementos individuales que constituyen los sistemas utilizados, y por consiguiente, aplicar estas mismas especificaciones al ámbito general. Para ello se utilizan sistemas de gestión energética, encargados de controlar aquellos componentes, productos o servicios que intervienen en actividades relacionadas con el uso de la energía.

Con estas herramientas tecnológicas se consigue una síntesis de datos en lo relativo a funcionamiento, rendimiento, eficiencia, etc. Tras un posterior análisis, puede producir un ahorro energético mediante una optimización de los diferentes parámetros.

EDIFICIOS EXISTENTES CONVERTIDOS EN EDIFICACIONES PASIVAS

5.5 ESTRATEGIAS APLICABLES EN EDIFICACIONES EXISTENTES

Resulta de gran interés en la actualidad, tener consciencia en este ámbito. La situación actual incluye la rehabilitación de edificios existentes, en igual o mayor medida, que la creación de edificaciones de nueva construcción. Del mismo modo, el marco normativo tiene pautas claras para edificios de nueva planta, pero sin dejar a un lado las especificaciones a las que tendrían que adaptarse construcciones ya existentes.

Las estrategias a seguir para la conversión de edificios existen en modelos pasivos, no se diferencian mucho con las planteadas en construcciones de nueva planta. Sin embargo, hay que tener muy presente, que un edificio ya existente cuenta con una serie de puntos de partida, difíciles de modificar: ubicación, orientación, compacidad, etc. Existen a su vez, ciertas estrategias que resultan inviables desde el punto de vista de realización propiamente dicha o bien por temas de rentabilidad económica. Los factores más significativos, son los pasivos propios del edificio vinculados a la envolvente; aislamiento térmico y huecos.

5.5.1 AISLAMIENTO TÉRMICO:

En este ámbito existen diversas posibilidades; que la edificación carezca de aislamiento térmico, que posee dicho aislamiento, pero sea insuficiente, o bien

que se encuentra en condiciones inadecuadas para cumplir su función. En temas de intervención existen tres posibilidades principalmente:

- **Aislamiento térmico interior:** Frecuentemente utilizada, debido a su facilidad y rapidez de ejecución. Suele realizarse a través de trasdosados interiores de placas de yeso laminado. Esta estrategia no tiene en cuenta la solución de los puentes térmicos existentes, a su vez, implica un gran inconveniente traducido en pérdida de superficie interior.
- **Aislamiento térmico en la parte central del cerramiento:** Colocando en la cámara interior de la envolvente, un aislamiento térmico mayor al que poseía en un principio. El material inyectado puede variar en base a las condiciones y características particulares de cada situación. Suele ser inusual por su complejidad y coste elevado. Si en la configuración inicial del edificio, este no presentaba un aislamiento continuo; el problema de existencia de puentes térmicos, seguirá presente tras dicha actuación. Por otra parte, como punto a favor, no ocasiona una reducción en la superficie interior de las viviendas.
- **Aislamiento térmico exterior:** Una de las medidas más utilizadas en la actualidad, ya que consiste en la colocación de un aislamiento térmico en la parte exterior del edificio. A su vez, crea un revestimiento de aislamiento continuo, por lo que queda solucionado el problema pérdidas energéticas a través de puentes térmicos. Al actuar en la parte externa de la envolvente, la superficie interior de las viviendas no se ve afectada, aunque en ciertas ocasiones surgen problemas vinculados a aspectos legislativos. Ya que la imagen del edificio se ve afectada (puede entenderse como una ventaja o una desventaja), y a su vez el espacio ocupado por la intervención es de dominio público.

5.5.2 HUECOS Y CARPINTERIAS:

Las zonas de huecos (carpinterías principalmente) juegan un papel fundamental. Estos deben tener unas dimensiones adecuadas (en el caso concreto de intervención en edificaciones existentes, aparecen grandes condicionantes) en base a las distintas orientaciones. Se debe cuidar mucho la elección del tipo de vidrio (doble o triple acristalamiento de baja emisividad, con cámara que contenga gas aislante, etc.), a su vez la carpintería en sí debe incorporar rotura de puente térmico (o en su defecto estar constituida por elementos de baja conductividad térmica, tales como madera o PVC) esto cobra mayor importancia en climas fríos. Como en el punto anterior, esto consigue una mejora energética y condiciones interiores más idóneas, ya que reduce de manera significativa la aparición de condensaciones y las patologías que estas generan.

En el momento de elegir un edificio para la propuesta de aplicación para este trabajo de fin de grado, está presente la intención de optar por uno ubicado en Astorga (León). Este criterio aparece simplemente por “raíces” y proximidad. En una primera aproximación la búsqueda está enfocada a edificios emblemáticos y con cierto carácter arquitectónico relevante, aparecen ejemplos como: el Palacio Episcopal (obra del arquitecto Antonio Gudi realizada a finales del siglo XIX), el edificio consistorial en el que se encuentra el Ayuntamiento de Astorga (su autor fue el arquitecto Manuel de la Lastra y las obras tuvieron comienzo a finales del siglo XVII), existen otra serie de edificios interesantes pero con menos renombre (Museo del chocolate, Casa de los Panero, etc.). Debido a que prácticamente la totalidad de los edificios anteriormente mencionados están protegidos, ya sea por su propia historia o bien por encontrarse en el recorrido del Camino de Santiago a su paso por esta localidad; lo cual los convierte en BIC²⁰ y por tanto están amparados por la ley de Patrimonio Histórico Español (Ley 16/1985, de 25 junio). Se opta por realizar una propuesta de intervención en la plaza de toros del municipio, convirtiéndola en un espacio cubierto y con posibilidad de utilizarlo como lugar donde realizar conciertos, ferias, exposiciones, y otros usos similares, planteando un aprovechamiento solar con la propia cobertura. También se plantea la creación de una zona destinada a oficinas municipales, bajo los criterios impuestos por el estándar y certificaciones analizados a lo largo del trabajo. Del mismo modo, y siguiendo estas mismas directrices, se reacondicionan o reubican ciertas partes que formaban parte del complejo de la plaza en un primer momento.

6.1 DOCUMENTACIÓN DEL EDIFICIO

La Plaza de Toros de Astorga fue construida a principios del siglo XX, según información obtenida, con gran parte de materiales procedentes del derribo del Palacio de los Osorio; Marqueses asentados en la localidad maragata hasta los siglos XVIII-XIX. En los años 30 y en los 50 se realizan intervención de remodelación y reforma; en 1990 se lleva a cabo un proyecto de reforma a cargo del arquitecto Javier Pérez López. Desde esa fecha hasta nuestros días, no ha sufrido ninguna intervención importante; exceptuando labores de mantenimiento necesarias.

²⁰ BIC: Bien de Interés Cultural. “Categoría de protección de aquellos bienes integrantes del patrimonio histórico que por su especial relevancia son declarados por el Consejo de ministros o por el Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma con el fin de otorgarles una especial defensa y para prohibir su exportación definitiva” Fuente. R.A.E (Real Academia Española)



Figura 32. Pza. de Toros Astorga previa su restauración.

Fuente: <https://uleexperienciaastorga.wordpress.com/2014/05/02/la-astorga-de-ayer/>



Figura 33. Pza. de Toros Astorga. Fuente: <https://www.diariodeleon.es/articulo/cultura/castillo-astorga-hecho-plaza-toros/201504181805421507670.html>

6.1.1 EMPLAZAMIENTO

Como ya se ha mencionado, está ubicada en la localidad de Astorga (León), concretamente en la Ctra. Sanabria nº114 (Figura 34). Se desarrolla como un bloque aislado, de planta circular debido a su uso característico; presenta una zona (de menor altura) adherida a esta, donde se ubican la zona de enfermería, vestuarios, capilla, corrales, etc. No posee cobertura en toda su totalidad, únicamente en su zona Oeste del graderío. Su entorno está caracterizado por una explanada de tierra utilizada como aparcamiento, y la presencia de un arroyo (zona sur) en cuyos márgenes aparecen árboles.

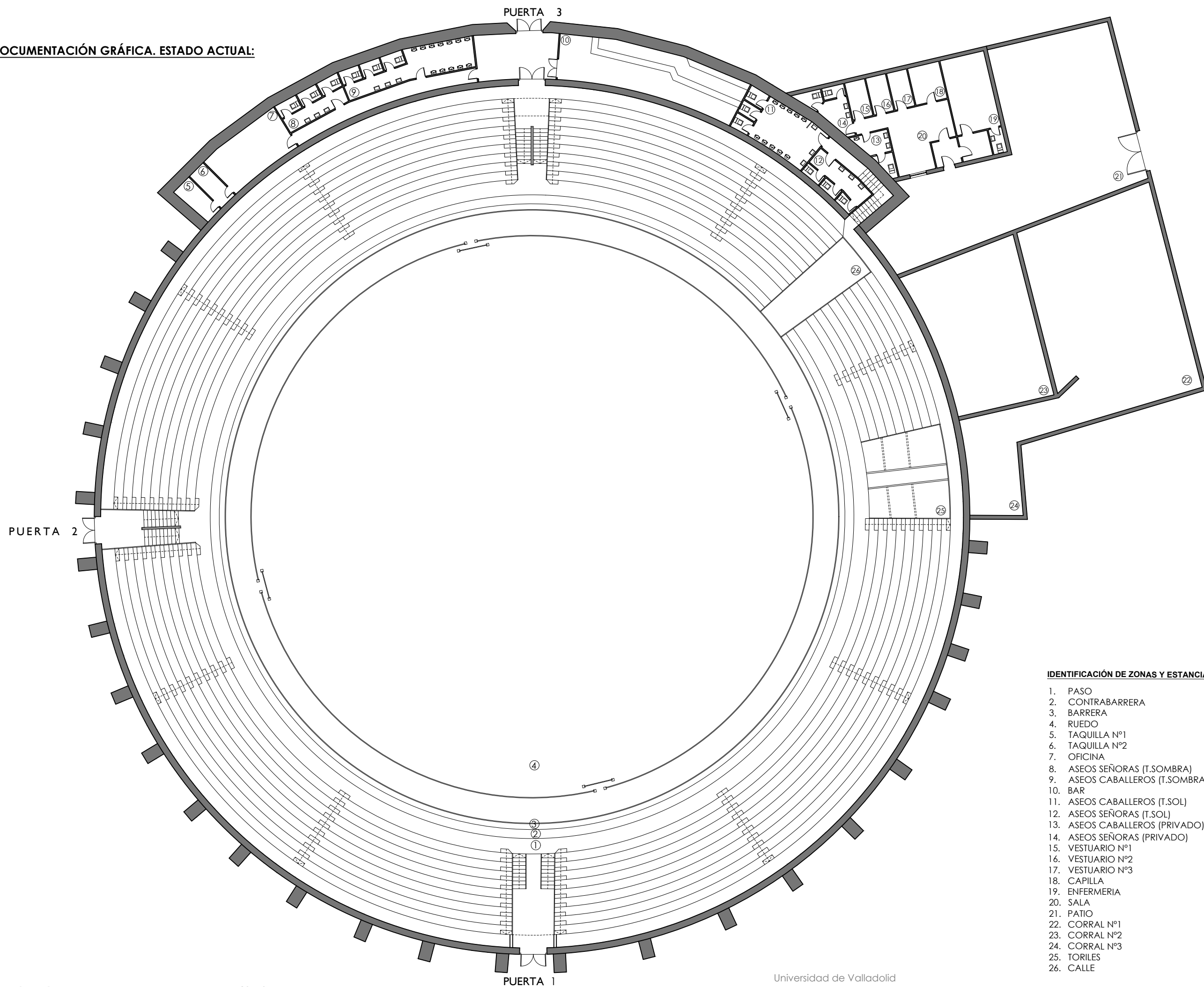
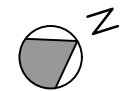


Figura 34. Situación de la Plaza de Toros Astorga. Fuente: Google Earth.

6.1.2 DATOS GENERALES

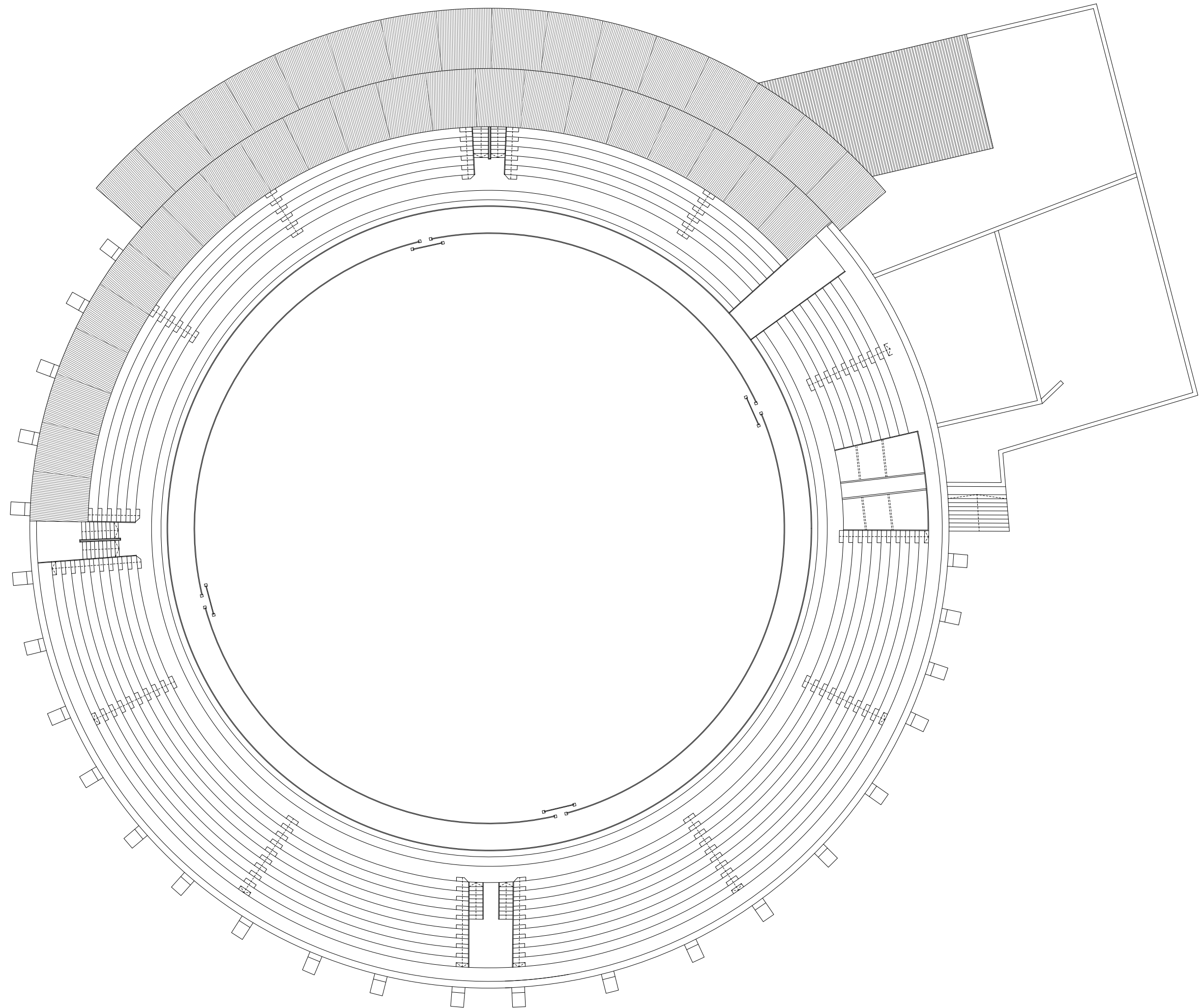
El conjunto que compone la plaza de toros de Astorga, se divide en dos zonas principalmente; el volumen que alberga la zona del ruedo y graderío, y una pieza de menor altura (una única planta) anexa a este; en la cual se ubican la zona de bar, aseos, enfermería, vestuarios, capilla, corrales, etc. El edificio consta de una superficie construida de 4552 m². Como alturas totales encontramos, +6.70 m para la zona del graderío (+10.50 m para el tendido cubierto) aseos/cafetería y +3.20 m para el volumen anexo. El edificio está constituido por muros portantes de piedra de gran grosor, reforzados con contrafuertes del mismo material. Se utiliza estructura y acabado metálico para resolver los elementos de cobertura.

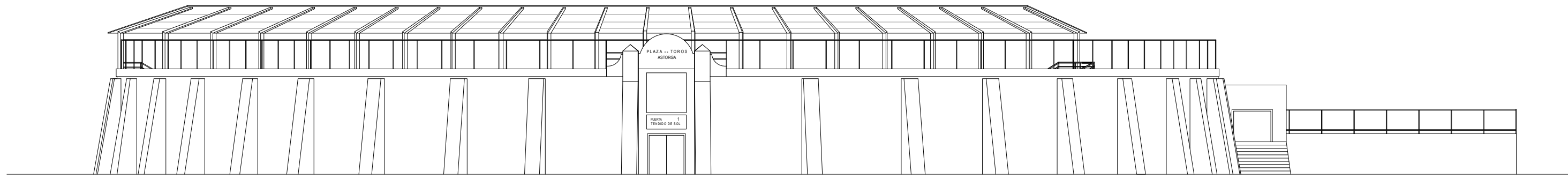
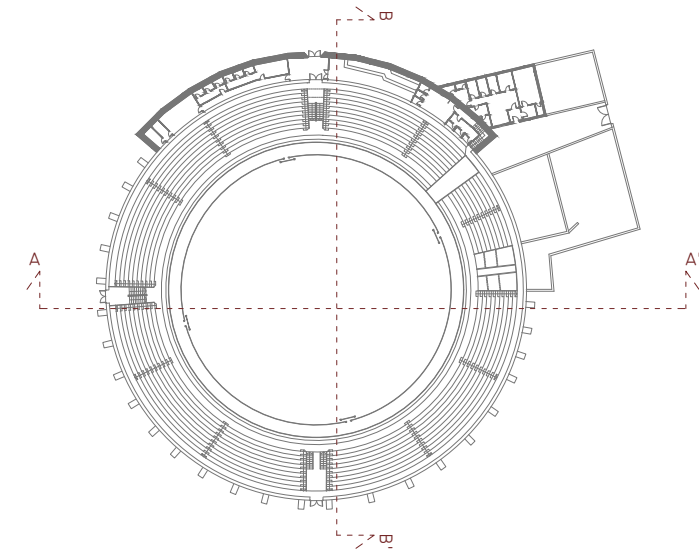
6.1.3 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA. ESTADO ACTUAL:



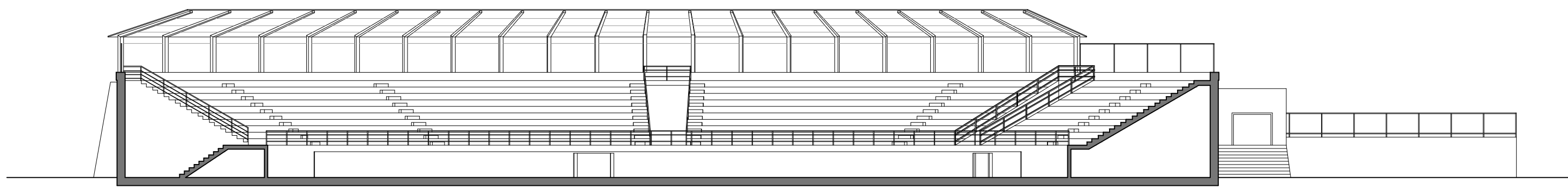
IDENTIFICACIÓN DE ZONAS Y ESTANCIAS

1. PASO
2. CONTRABARRERA
3. BARRERA
4. RUEDO
5. TAQUILLA Nº1
6. TAQUILLA Nº2
7. OFICINA
8. ASEOS SEÑORAS (T.SOMBRA)
9. ASEOS CABALLEROS (T.SOMBRA)
10. BAR
11. ASEOS CABALLEROS (T.SOL)
12. ASEOS SEÑORAS (T.SOL)
13. ASEOS CABALLEROS (PRIVADO)
14. ASEOS SEÑORAS (PRIVADO)
15. VESTUARIO Nº1
16. VESTUARIO Nº2
17. VESTUARIO Nº3
18. CAPILLA
19. ENFERMERIA
20. SALA
21. PATIO
22. CORRAL Nº1
23. CORRAL Nº2
24. CORRAL Nº3
25. TORILES
26. CALLE

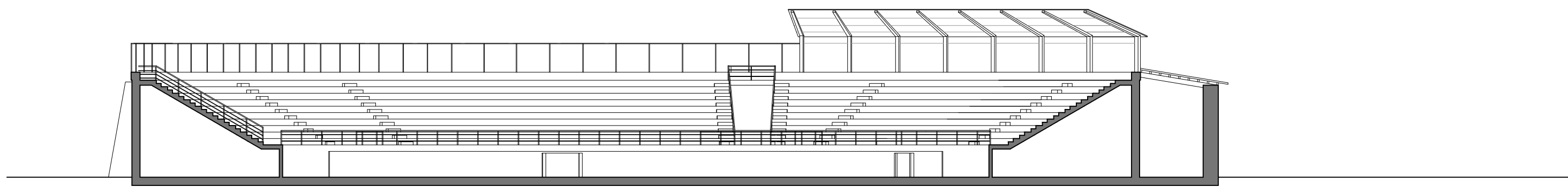




ALZADO PRINCIPAL



SECCIÓN AA'



SECCIÓN BB'

6.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN CASTILLA Y LEÓN

La comunidad autónoma de Castilla y León se encuentra situada en la zona norte del territorio nacional, relacionada directamente con la meseta y la cuenca que deja a su paso el río Duero. Posee una morfología caracterizada mayoritariamente por la meseta y ciertas zonas montañosas (provincias de León y Palencia) que la rodean; por lo tanto, en función de la localización podemos encontrar zonas más áridas (zona central en gran medida) y zonas más verdes. Según datos de la Junta de Castilla y León, la altitud media de la comunidad es de 830 msnm.

En base a lo analizado con respecto a los distintos climas presentes a nivel nacional, apreciamos que territorio castellanoleonés se encuentra dentro del clima continental (o mediterráneo de interior). De forma generalizada, las condiciones climatológicas de esta región, se caracterizan por notables variaciones a lo largo del periodo anual; contraste de temperatura entre los meses de invierno y de estío. El frío es el elemento más característico de su clima, ya que los meses de invierno suelen transcurrir con extensos periodos de frío; dichos periodos suelen ir acompañados de niebla. En cuanto a las precipitaciones, cabe destacar que los cordones montañosos previamente mencionados, evitan el paso de los vientos marítimos. Esto se traduce en lluvias de manera desigual a lo largo de su territorio.

6.2.1 CLIMA EN LA PROVINCIA DE LEÓN

Centrándonos más en el emplazamiento del edificio y analizando la provincia de León en la cual se encuentra, nos encontramos con un entorno caracterizado por unas condiciones climáticas de cierta variedad a lo largo de su extensión. Dicha variabilidad viene dada por su orografía²¹ específica, provocando una transición entre la zona de Meseta y los cordones montañosos existentes en esta zona. Como ya se ha mencionado en el punto anterior, se encuentra dentro del clima continental (con notable influencia atlántica). Los principales rasgos climáticos son; elevada amplitud térmica, inviernos extensos y fríos, presencia de heladas (con posibilidad de niebla), veranos generalmente cortos, etc.

²¹ Orografía. *“Parte de la geografía física que se encarga del estudio, descripción y representación del relieve terrestre”*. Fuente: Real Academia Española.

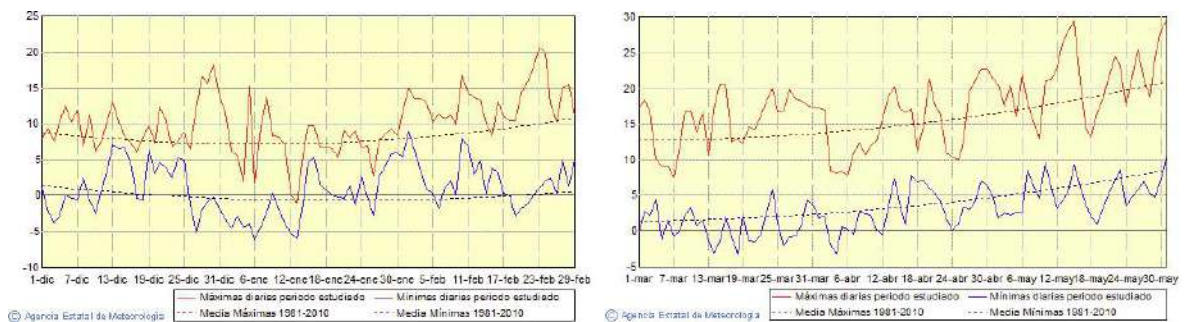
En lo que a precipitaciones respecta, la irregularidad se produce en función de la zona y época. En la zona norte y oeste, las precipitaciones son mayores (alcanzan valores promedio de 1500 mm por año) mientras que en las zonas más cercanas a la meseta se establecen valores más inferiores; la media de precipitaciones anuales en esta provincia ronda valores en torno a 600 mm. Dichas precipitaciones tienen lugar principalmente en otoño e invierno, produciéndose un gran contraste de sequía en los meses de estío.

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	3.2	7.1	-0.7	50	82	7.6	4.1	0.0	8.1	18.6	5.8	130
Febrero	4.7	9.5	0.0	34	74	6.0	3.1	0.1	2.8	15.0	5.8	161
Marzo	7.6	13.3	1.9	32	66	5.6	1.6	0.3	1.0	9.4	6.9	214
Abril	9.0	14.8	3.3	45	65	7.7	0.9	1.2	0.3	5.2	4.1	228
Mayo	12.6	18.6	6.6	56	62	8.8	0.1	3.9	0.6	0.7	3.6	259
Junio	17.1	24.0	10.2	31	56	4.6	0.0	2.9	0.2	0.0	7.3	314
Julio	19.8	27.4	12.2	19	52	2.8	0.0	3.0	0.1	0.0	12.3	358
Agosto	19.6	26.9	12.3	23	54	2.7	0.0	2.6	0.1	0.0	11.8	327
Septiembre	16.5	22.9	10.1	39	62	4.5	0.0	1.5	0.2	0.0	9.0	246
Octubre	11.7	16.7	6.7	61	74	8.2	0.0	0.4	1.7	0.7	4.9	178
Noviembre	7.0	11.2	2.8	59	80	7.5	0.8	0.0	4.8	7.3	5.4	137
Diciembre	4.2	8.0	0.4	66	83	8.7	2.2	0.1	7.9	14.6	6.3	120
Año	11.1	16.7	5.5	515	67	74.9	13.0	16.1	27.8	71.6	83.0	2673

Figura 35. Datos climatológicos de la provincia de León.
Fuente: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional?l=2661

Leyenda:

- T:** Temperatura media mensual/anual (°C).
- TM:** Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C).
- Tm:** Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C).
- R:** Precipitación mensual/anual media (mm).
- H:** Humedad relativa media (%).
- DR:** Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm.
- DN:** Número medio mensual/anual de días de nieve.
- DT:** Número medio mensual/anual de días de tormenta.
- DF:** Número medio mensual/anual de días de niebla.
- DH:** Número medio mensual/anual de días de helada.
- DD:** Número medio mensual/anual de días despejados.
- I:** Número medio mensual/anual de horas de sol.



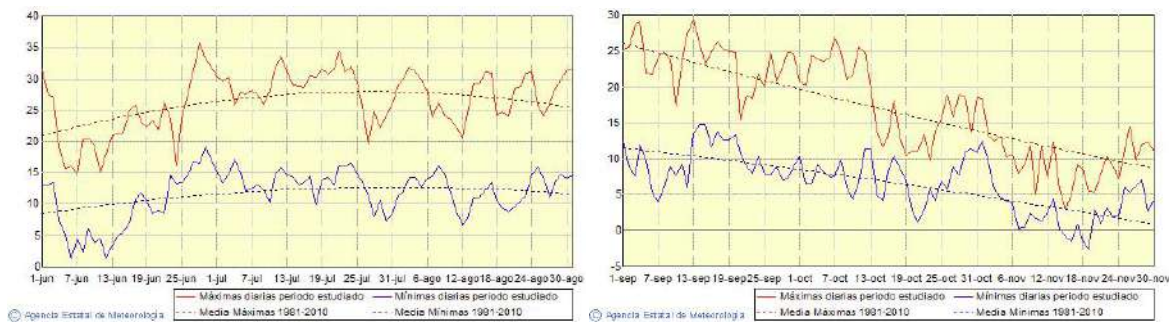


Figura 36. Temperaturas en la provincia de León diferenciadas por estaciones año 2019. Fuente: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/analisis_estacional?l=2661..

6.3 NORMATIVA NACIONAL Y AUTONÓMICA

En apartados anteriores se han desarrollado brevemente las normativas de carácter europeo (Directiva 93/76/CEE, Directiva 2002/91/CE, Directiva 2010/31/UE, Directiva 2012/27/UE). Esta serie de normativas dieron lugar a Reales Decretos con vigencia en España:

- . **Real Decreto 314/2006, 17 de marzo:** Por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). Que establece las exigencias básicas de la calidad de edificios y sus correspondientes instalaciones.
- . **Real Decreto 1027/2007, 20 de julio:** Por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE). *“Establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía”*. Fuente: idae.es
- . **Real Decreto 47/2007, 19 de enero:** Por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Dentro de los distintos documentos básicos que conforman el CTE, utilizaremos para este caso en concreto, el encargado de regular las Exigencias Básicas de Ahorro de Energía (HE). Analizaremos los valores y exigencias fijadas para el emplazamiento del edificio fruto del estudio. Dicho documento, se divide en 6 apartados diferentes:

- . **HE-0:** Limitación del consumo energético.
- . **HE-1:** Condiciones para el control de la demanda energética.
- . **HE-2:** Condiciones de las instalaciones térmicas. (Desarrollado en el RITE)
- . **HE-3:** Condiciones de las instalaciones de iluminación.

.HE-4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

. HE-5: Generación mínima de energía eléctrica.

DB HE-0:

Aplicable a edificios de nueva construcción y a ciertas intervenciones en edificios existentes (ampliaciones de más de un 10% de la superficie o volumen, cambios de uso y reformas en las que se renueven las instalaciones de generación térmica en más de un 25% de la superficie total). Esta exigencia establece: *“El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de invierno de su localidad de ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención”*. Fuente: CTE DB HE-0, 20 diciembre 2019 (pag.8)

DB HE-1:

Aplicable a edificios de nueva construcción y a ciertas intervenciones en edificios existentes (ampliaciones, cambios de uso y reformas). Estable las siguientes exigencias:

- 1. Para controlar la demanda energética, los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico, en función del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención.*
 - 2. Las características de los elementos de la envolvente térmica en función de su zona climática de invierno, serán tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables.*
 - 3. Las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre las distintas unidades de uso del edificio, entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio, y en el caso de las medianerías, entre unidades de uso de distintos edificios.*
 - 4. Se limitarán los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones.*
- Fuente: CTE DB HE-1, 20 diciembre 2019 (pag.14)

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																							
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m
Albacete		C3							D3							E1								
Alicante/Alacant		B4				C3							D3											
Almería		A4	B4			B3		C3					D3											
Araba/Álava		D1										E1												
Asturias	C1	D1							E1															
Ávila		D2					D1					E1												
Badajoz		C4				C3		D3																
Balears, Illes		B3				C3																		
Barcelona		C2			D2		D1			E1														
Bizkaia		C1							D1															
Burgos		D1							E1															
Cáceres		C4							D3					E1										
Cádiz		A3			B3			C3		C2			D2											
Cantabria	C1	D1							E1															
Castellón/Castelló		B3		C3					D3		D2			E1										
Ceuta		B3																						
Ciudad Real		C4				C3		D3																
Córdoba		B4		C4					D3															
Coruña, A		C1			D1																			
Cuenca		D3							D2		E1													
Gipuzkoa		D1					E1																	
Girona		C2		D2					E1															
Granada	A4	B4			C4			C3		D3			E1											
Guadalajara		D3										D2		E1										
Huelva	A4	B4		B3		C3					D3													
Huesca		C3			D3		D2			E1														
Jaén		B4				C4			D3			E1												
León		E1																						
Lleida		C3		D3					E1															
Lugo		D1							E1															
Madrid		C3							D3			D2		E1										
Málaga		A3		B3			C3					D3												
Melilla		A3																						
Murcia		B3		C3					D3															
Navarra		C2		D2		D1			E1															
Ourense		C3			C2		D2					E1												
Palencia		D1							E1															
Palmas, Las		α3				A2			B2		C2													
Pontevedra		C1			D1																			
Rioja, La		C2			D2					E1														
Salamanca		D2							E1															
Santa Cruz de Tenerife		α3				A2			B2		C2													
Segovia		D2							E1															
Sevilla		B4			C4					D1		E1												
Soria		D2					D1			E1														
Tarragona		B3		C3					D3															
Teruel		C3				C2		D2					E1											
Toledo		C4							D3															
Valencia/València		B3		C3					D2			E1												
Valladolid		D2							E1															
Zamora		D2							E1															
Zaragoza		C3			D3					E1														
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m

Figura 37. Zonas climáticas en función de su provincia y altitud. Tabla a-Anejo B, DB-HE. Fuente: Código Técnico de la Edificación (CTE).

6.4 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Tal y como se ha analizado anteriormente (aparto 5), existen una serie de factores influyentes en el diseño de edificaciones pasivas. Se dividían en dos grupos principales: ajenos o propios a la edificación. A la hora de aplicarlos en la propuesta planteada, cabe mencionar; se trata de un edificio existente (parte de las estrategias ya no tienen la posibilidad de ser aplicadas) a su vez presenta un uso con cierto carácter esporádico, al tratarse de una tipología especial. Sería de gran dificultad intentar aplicar los principios básicos fijados por el estándar Passivhaus. Nos encontramos ante un espacio abierto, aspectos como la hermeticidad o los puentes térmicos resultan imposibles de controlar. En el caso concreto de las oficinas municipales planteadas, si se aplicaran esta serie de estrategias.

Todo lo anterior, se va a traducir en la búsqueda de estrategias que provoquen el menor impacto energético del edificio, pero con un elevado nivel de producción energética; para posteriormente verter a la red general el excedente de energía. Por consiguiente, se opta por una solución basada en el aprovechamiento solar, dotando al mismo tiempo al edificio con una cubierta. De esta manera, se amplía el abanico de actividades y eventos que puede acoger el complejo. En la medida de lo posible, se empearán otra serie de estrategias tales como aprovechamiento de aguas pluviales, precalentamiento solar, etc. Que de forma indirecta provocan una merma en la demanda energética exterior requerida.

6.4.1 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es aquella que se obtiene de la radiación procedente del Sol que llega a la Tierra; ya sea en forma de luz, calor o rayos ultravioleta. Debido a su procedencia, puede establecerse su origen con el principio de nuestros tiempos. A pesar de un claro proceso lucrativo, por parte de los seres humanos, desde épocas antiguas; no se ha desarrollado el aprovechamiento activo de dicha radiación, mediante la utilización de mecanismos auxiliares como conocemos en nuestros días. Es fruto de estudio en este apartado, los medios y estrategias utilizadas en nuestra época contemporánea más reciente.

Esta energía está clasificada como limpia y renovable, además por lo mencionado anteriormente posee un carácter ilimitado (partiendo de la base de que el Sol se considera una fuente ilimitada). Cabe mencionar la notable importancia de su explotación, ya que colaboraría en la reducción de la utilización de combustibles fósiles y demás recursos contaminantes; de manera directa reduciría los niveles de contaminación y disminuiría el impacto ambiental gracias a su carácter sostenible. Debido a la enorme radiación solar que llega a la superficie terrestre, así como su regularidad más o menos continuada (dependiendo de las características climáticas y meteorológicas de cada zona, y exceptuando fenómenos puntuales), se trata de un tipo de

energía con un elevado potencial. Para transformar la energía solar en energía eléctrica, la radiación electromagnética es captada por distintos medios: células fotovoltaicas, colectores térmicos, etc.

En una primera aproximación, la energía solar puede clasificarse en dos grandes ramas en base a su captación, conversión y utilización:

- . **Energía solar pasiva:** Sin la utilización de medios auxiliares, podemos encontrar ejemplos populares como el secado de prendas expuestas al sol, o bien las estrategias utilizadas en arquitecturas bioclimáticas; diseñadas para captar y aprovechar la energía solar, o bien protegerse de la radiación excesiva.
- . **Energía solar activa:** Aquella que está basada en el empleo de elementos captadores (paneles fotovoltaicos, colectores térmicos solares, etc.) encargados de recolectar la energía procedente del Sol.

A continuación, profundizaremos en el ámbito de la energía solar activa. Dicha energía puede aprovecharse de dos maneras principalmente:

- . **Conversión térmica:** Consiste en la transformación de la energía solar en energía térmica.
- . **Conversión fotovoltaica:** A grandes rasgos, convierte la energía luminosa captada por los paneles, en energía eléctrica.

TIPOS DE ENERGÍA SOLAR

-ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:

Se trata del aprovechamiento de la energía solar en forma de radiación, fundamentado en dos fenómenos principales: el efecto fotoeléctrico²² y el fotovoltaico²³. Este tipo de energía logra transformar la radiación de la luz solar incidente, en los paneles solares, en electricidad (momento en el que se produce el efecto fotovoltaico citado anteriormente). Los paneles solares se encargan, como se ha mencionado anteriormente, de transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (electrones). Dicho proceso puede realizarse gracias a la composición interna de los paneles, conformados por

²² Efecto fotoeléctrico: "El proceso por el cual se liberan electrones de un material por la acción de la radiación se denomina efecto fotoeléctrico o emisión fotoeléctrica". Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectronico/fotoelectronico.htm>.

²³ Efecto fotovoltaico: "Caracterizado por la producción de una corriente eléctrica entre dos piezas de material diferente que están en contacto y expuestas a la luz o, en general, a una radiación electromagnética". Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto->

células fotovoltaicas, capaces de activar los electrones y dando lugar así a la generación de la corriente eléctrica.

De manera más detallada, el funcionamiento de una célula solar es el siguiente: las placas solares aprovechan los fotones (radiación/luz solar) que impactan en las mencionadas células solares. Seguidamente y a través de un material semiconductor, silicio en este caso, se absorben dichos fotones, estos son los encargados de liberar a los electrones (liberándolos del átomo a los que pertenecían). De esta manera, los electrones al circular por el material en cuestión, generan electricidad.

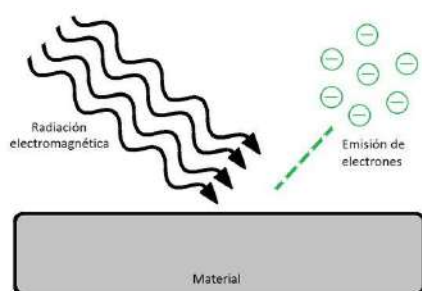


Figura 38. Esquema explicativo del efecto fotoeléctrico. Fuente: <https://www.helioesfera.com>

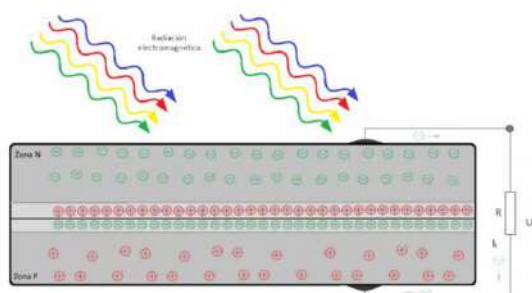


Figura 39. Esquema explicativo del efecto fotovoltaico. Fuente: <https://www.helioesfera.com>

Dependiendo de la naturaleza de dichas células solares, se pueden establecer dos tipologías de paneles solares:

- **Paneles solares monocristalinos:** Formados por células de silicio monocristalino, es decir, a partir de un único cristal de silicio puro; por esta razón se caracterizan por su color más oscuro y uniforme. Este tipo de paneles presenta una máxima eficiencia en climas con ambientes nubados, tormentas y temperaturas no muy elevadas; por lo que su funcionamiento óptimo lo alcanzaremos con bajas temperaturas y evitando en la medida de lo posible el sobrecalentamiento.

- **Paneles solares policristalinos:** Formados por células de silicio policristalino, es decir, a partir de diversas capas de cristales y silicio. Se originan enfriando de manera artificial una célula monocristalina, dicho enfriamiento provoca una fragmentación del silicio, dando lugar a una red cristalina aleatoria. Esta tipología de paneles posee una mayor resistencia a los posibles sobrecalentamientos, por lo que son idóneas para climas cálidos; absorben el calor con mayor rapidez que los paneles monocristalinos. Debido a su elevada eficiencia, son los más empleados en las instalaciones.

-ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:

Al igual que tipologías anteriores, sigue estando presente el aprovechamiento de la radiación solar; en este caso no se busca crear un efecto eléctrico (por norma general o al menos de manera directa), ya que el objetivo principal es la transformación de energía solar en energía térmica. Existen tres clasificaciones de energía solar térmica:

. **Alta temperatura:** Trabajan con temperaturas superiores a los 500°C. Utilizadas por parte de centrales termosolares para generación de electricidad (energía solar termosolar de concentración, explicada en el siguiente apartado).

. **Media temperatura:** Trabajan con temperaturas comprendidas entre los 100 y 300°C. Al igual que las de alta temperatura, emplean sistemas auxiliares que concentran la radiación solar para conseguir temperaturas elevadas.

. **Baja temperatura:** Utilizan la energía térmica, procedente de la radiación, de manera directa. Por este motivo, trabajan con temperaturas menores a los 65°C. Su uso es mayoritario en instalaciones de viviendas o similares, para precalentamiento de aguas entre otros usos.

Este tipo de pequeñas instalaciones de baja temperatura, precisan de los siguientes componentes para su correcto funcionamiento:

- Sistema de captación solar.
- Sistema de acumulación térmica.
- Sistema de distribución del calor.
- Sistemas alternativos. Necesarios para momentos, en los que la demanda exigida es superior a la capacidad de producción de la instalación solar.

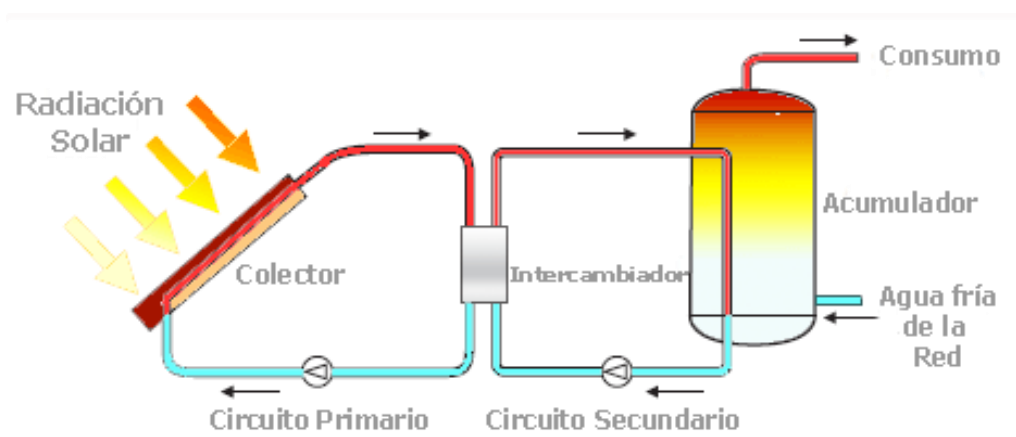


Figura 40. Esquema básico de una instalación de energía solar térmica.
Fuente: <https://solar-energia.net>

Del mismo modo que los paneles solares actuaban como medio para conseguir la transformación de la energía solar en energía eléctrica, en el ámbito termosolar se utilizan los colectores solares. Estos colectores, también conocidos como captadores solares, son los encargados de recoger y concentrar la energía procedente de la radiación solar; obteniendo un aprovechamiento en forma de energía térmica, para su posterior almacenamiento y utilización. Del mismo modo que ocurría con los paneles solares, existen diversas tipologías de captadores solares:

- . **Colector solar plano:** Capaces de obtener temperaturas cercanas a los 60°C, predomina su uso en plantas solares de baja temperatura.
- . **Colector solar no vidriado:** El aumento de temperatura es relativamente bajo, entorno a los 30°C. Utilizados con frecuencia para calentar agua de piscinas, debido a sus características y coste económico.
- . **Colector solar de vacío:** Constituidos por un tubo metálico, que actúa como recubrimiento de la tubería que contiene el líquido; de tal forma que se crea entre ambos una cámara que desempeña la función de aislante. Aunque presentan un rendimiento elevado, no son muy utilizados debido a su coste.
- . **Colector solar con sistema de concentración de la radiación:** Utilizados en instalaciones con unos grandes requerimientos de temperatura. Para lograr alcanzar las temperaturas necesarias, emplean captadores solares con forma semicilíndrica o parabólica.
- . **Captador solar con seguimiento del Sol:** Con el mismo funcionamiento que los paneles solares con seguimiento solar, su posición e inclinación varían en función de la hora del día y la ubicación solar. Con este sistema de intenta conseguir, en la medida de lo posible, mantener una posición vertical a la radiación solar incidente, por parte de los elementos captadores.

-ENERGÍA TERMOSOLAR DE CONCENTRACIÓN:

Parte de fundamentos ya mencionados en la energía solar térmica, su funcionamiento se basa en el empleo de espejos, cuya función es concentrar la mayor cantidad de luz solar en un espacio reducido. La luz solar concentrada es transformada en calor, a través del cual se evapora agua u otro líquido; con el vapor generado en



Figura 41. Ejemplo de instalación de energía termosolar concentrada. Fuente: <https://avatarenergia.com/energia-solar-concentrada-indagan-mejores-formas-de-generar-energia-limpia-a-traves-de-ella/>

este último proceso, se hace girar unas turbinas que a través de generadores eléctricos son capaces de producir electricidad.

-ENERGÍA SOLAR HÍBRIDA:

Como su propio nombre indica, es aquella que combina dos fuentes de energía para conseguir una producción de electricidad. Existen ejemplos en los que podemos encontrar presentes la energía solar fotovoltaica, junto con la utilización de combustibles fósiles, generadores eólicos, etc. Este tipo de instalaciones tiene como objetivo principal una mayor optimización en el aprovechamiento de los recursos disponibles. Aunque a veces aparecen con la necesidad de un apoyo a la instalación renovable (apoyo a través de combustibles fósiles); existen otra serie de casos en los que, debido a ubicaciones aisladas, se convierten en una posibilidad idónea y eficiente para cubrir el gasto energético.



Figura 42. Ejemplo de instalación de energía solar híbrida.
Fuente:
<https://www.todoensolar.com>

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR

Resulta ineludible que la energía solar, resuelve de manera sostenible y limpia la producción de energía. A pesar de esto, en base a investigaciones y experiencias, presenta una serie de aspectos positivos y negativos. A continuación, se citan algunos de ellos:

VENTAJAS:

- Energía limpia, renovable y sostenible.
- Por su naturaleza renovable, contribuye a un desarrollo sostenible que se manifiesta directamente en una merma del impacto ambiental; ya que no genera gases perjudiciales causantes de un incremento del efecto invernadero (exceptuando la contaminación para la producción y transporte de los elementos que conforman los sistemas).
- Presenta una dualidad en lo que a aprovechamiento energético se refiere, puede obtenerse energía eléctrica y térmica.
- Posee un gran potencial, ya que la luz solar es abundante e ilimitada, además de su fácil disponibilidad.

- Disminuye la complejidad de redes y sistemas como los que disponemos en la actualidad, ya que permite suministros individuales, reduciendo la dependencia con suministros exteriores y mejorando en el aspecto de la seguridad.
- Como el resto de energías renovables, reduce el uso de otro tipo de combustibles contaminantes; ayudando así a la conservación de los recursos naturales existentes.
- Por norma general, la vida útil de sus componentes es bastante amplia; por lo que resulta asequible desde el punto de vista económico.
- Actualmente su instalación puede realizarse en cualquier ubicación. Resulta útil en emplazamientos donde resulta inviable una conexión a la red eléctrica convencional. Además, el sistema de paneles solares es limpio y silencioso.

DESVENTAJAS:

- Aunque su la energía solar puede tener un coste económico relativamente bajo, su inversión inicial es elevada.
- Se trata de un tipo de energía que no es constante, ya que presenta variaciones a lo largo de las horas del día y épocas del año. Para contrarrestar este inconveniente hay que recurrir a sistemas de almacenamiento energético.
- En cuanto a la obtención de energía eléctrica, presenta una eficiencia relativamente baja, en torno al 25%. Si es cierto que como en otros muchos campos de investigación, se encuentra en continuo desarrollo y mejora.
- El rendimiento de los paneles solares, disminuye en ciertas condiciones atmosféricas (largos periodos de nubes, humedad y calor excesivos, etc.).
- A pesar de elevada vida útil de los componentes que conforman el sistema, se requiere un correcto mantenimiento de los mismos; para así conseguir valores de eficiencia adecuados.
- Para conseguir una producción elevada (dejando a un lado la producción a pequeña escala necesaria para una vivienda), es preciso disponer de grandes extensiones capaces de albergar área de instalación acorde a dichas producciones.
- Inevitablemente, durante el proceso de producción de los paneles solares y otros elementos que componen dichas instalaciones, se emiten gases que contribuyen al efecto invernadero. Esta desventaja trata de ser compensada a través de uso, reduciendo el impacto en la huella de carbono²⁴.

²⁴ Huella de carbono: *“La huella de carbono se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas,*

6.4.2 ESTUDIO SOLAR:

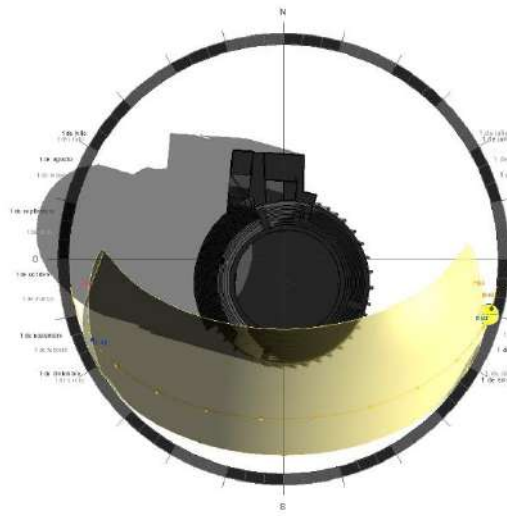


Figura 43. Esquema de soleamiento, primavera. Fuente: Elaboración propia.

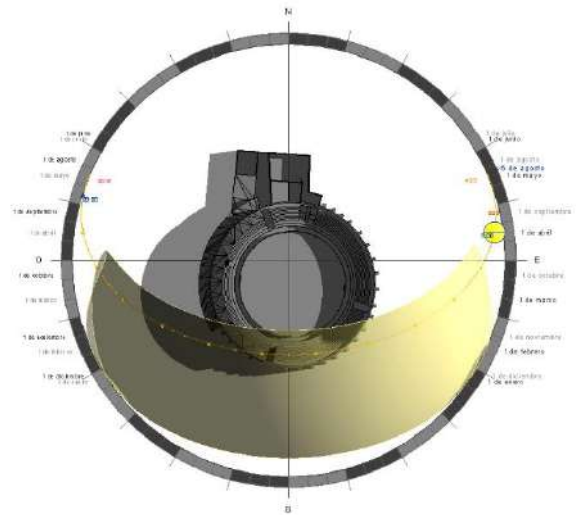


Figura 44. Esquema de soleamiento, verano. Fuente: Elaboración propia.

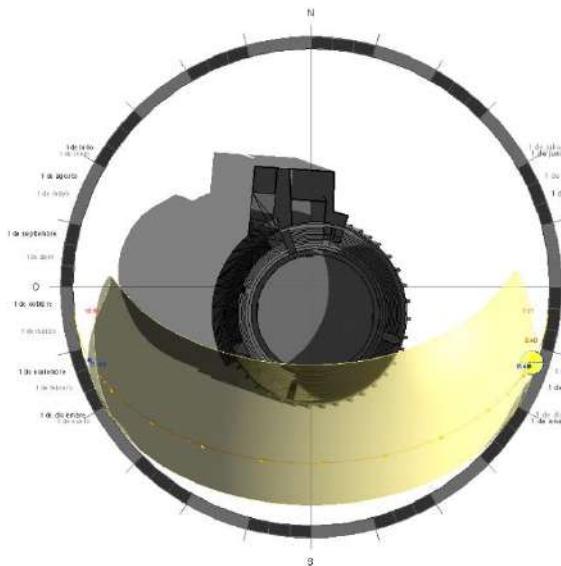


Figura 45. Esquema de soleamiento, otoño. Fuente: Elaboración propia.

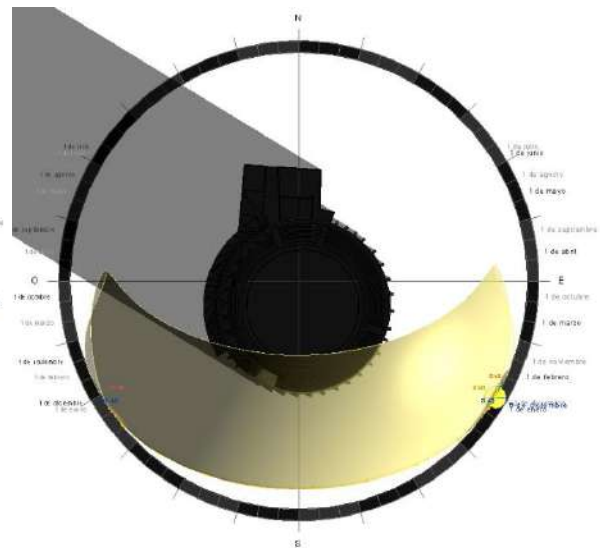
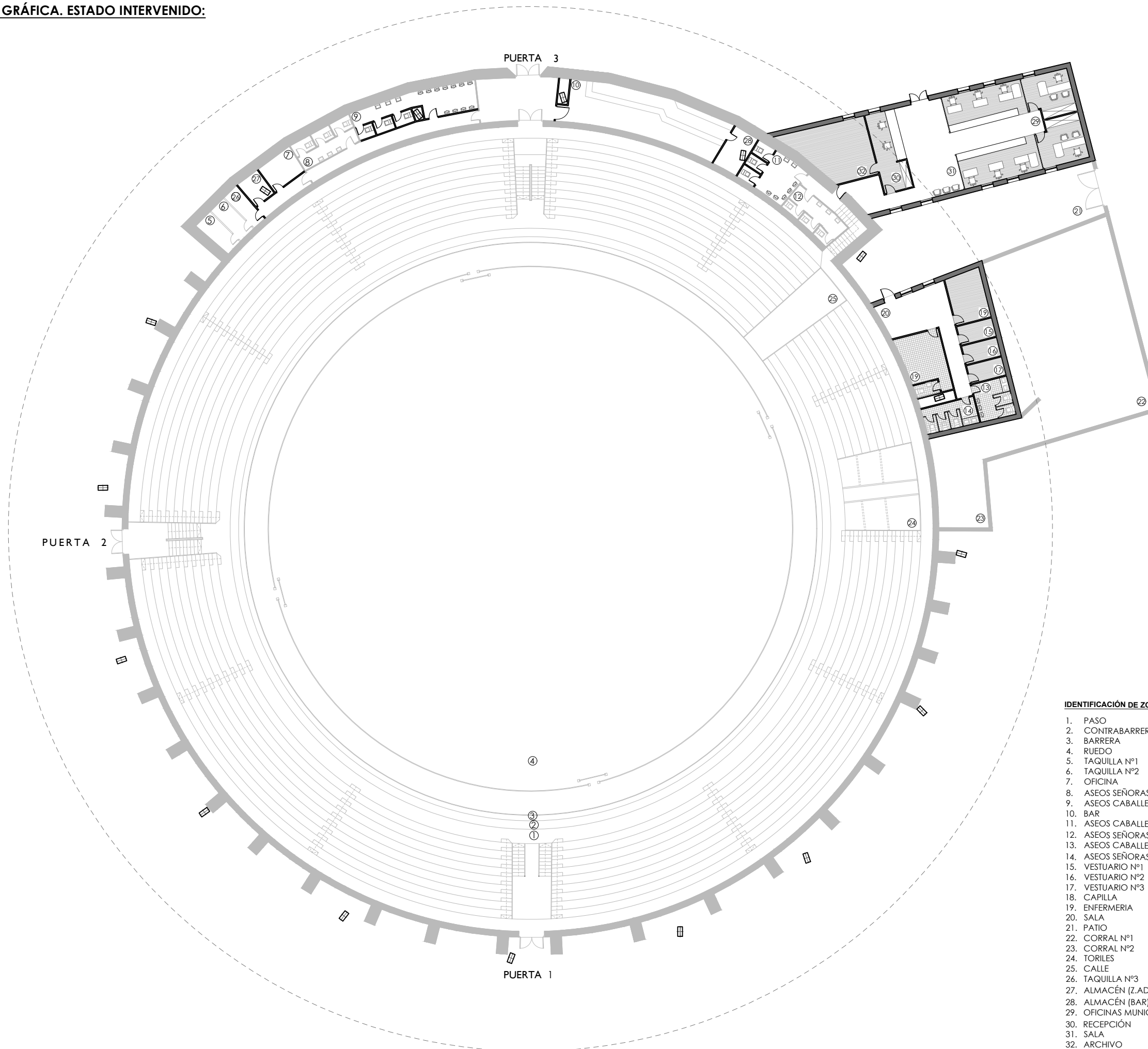
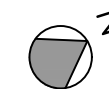


Figura 46. Esquema de soleamiento, invierno. Fuente: Elaboración propia.



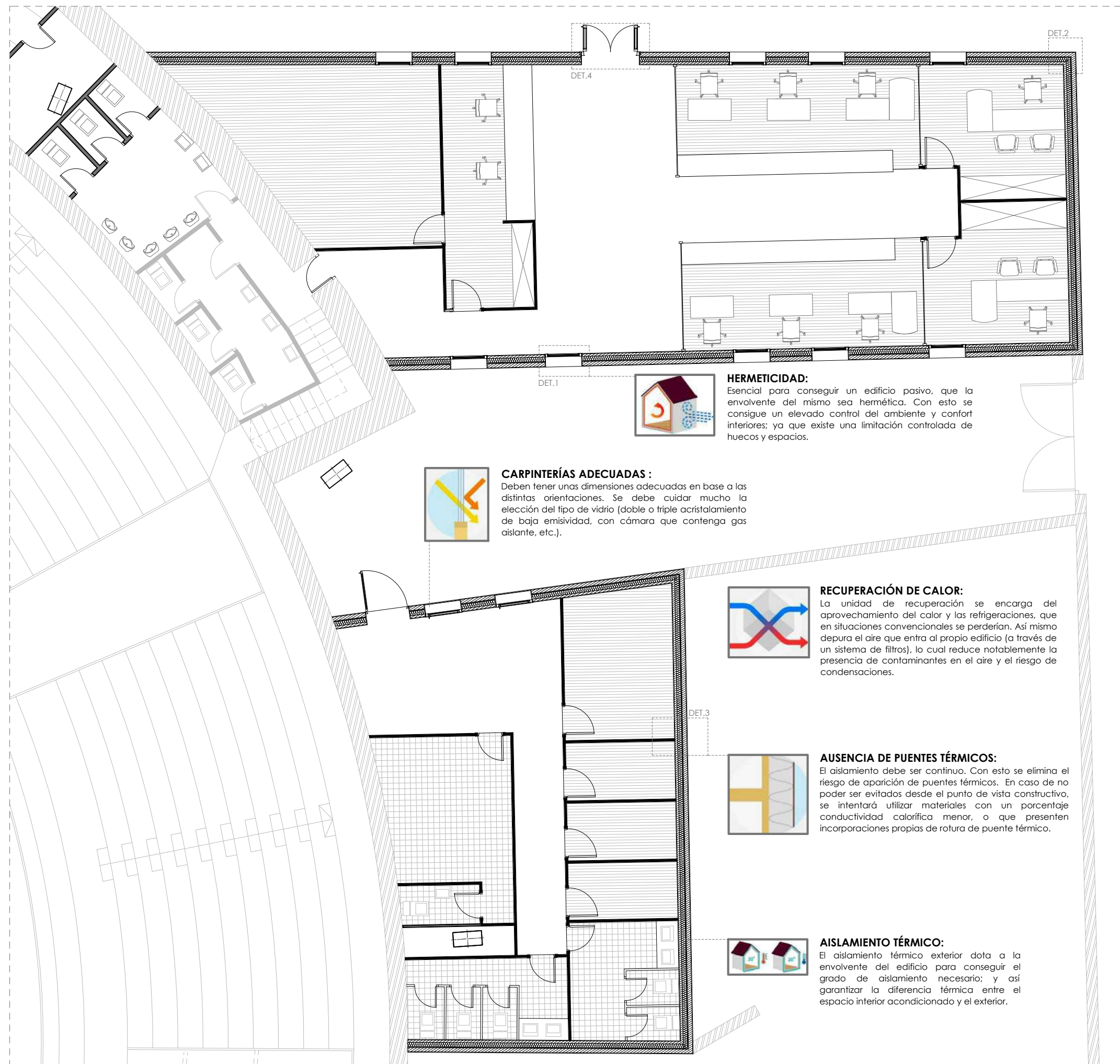
Figura 47. Código QR, video estudio solar dinámico. Fuente: Elaboración propia.

organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO2 equivalentes". Fuente: <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/>

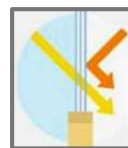


IDENTIFICACIÓN DE ZONAS Y ESTANCIAS

1. PASO
2. CONTRABARRERA
3. BARRERA
4. RUEDO
5. TAQUILLA Nº1
6. TAQUILLA Nº2
7. OFICINA
8. ASEOS SEÑORAS (T.SOMBRA)
9. ASEOS CABALLEROS (T.SOMBRA)
10. BAR
11. ASEOS CABALLEROS (T.SOL)
12. ASEOS SEÑORAS (T.SOL)
13. ASEOS CABALLEROS (PRIVADO)
14. ASEOS SEÑORAS (PRIVADO)
15. VESTUARIO Nº1
16. VESTUARIO Nº2
17. VESTUARIO Nº3
18. CAPILLA
19. ENFERMERIA
20. SALA
21. PATIO
22. CORRAL Nº1
23. CORRAL Nº2
24. TORILES
25. CALLE
26. TAQUILLA Nº3
27. ALMACÉN (Z.ADMINISTRATIVA)
28. ALMACÉN (BAR)
29. OFICINAS MUNICIPALES
30. RECEPCIÓN
31. SALA
32. ARCHIVO



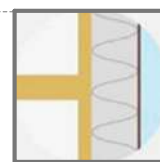
HERMETICIDAD:
Esencial para conseguir un edificio pasivo, que la envolvente del mismo sea hermética. Con esto se consigue un elevado control del ambiente y confort interiores; ya que existe una limitación controlada de huecos y espacios.



CARPINTERÍAS ADECUADAS :
Deben tener unas dimensiones adecuadas en base a las distintas orientaciones. Se debe cuidar mucho la elección del tipo de vidrio (doble o triple acristalamiento de baja emisividad, con cámara que contenga gas aislante, etc.).



RECUPERACIÓN DE CALOR:
La unidad de recuperación se encarga del aprovechamiento del calor y las refrigeraciones, que en situaciones convencionales se perderían. Así mismo depura el aire que entra al propio edificio (a través de un sistema de filtros), lo cual reduce notablemente la presencia de contaminantes en el aire y el riesgo de condensaciones.

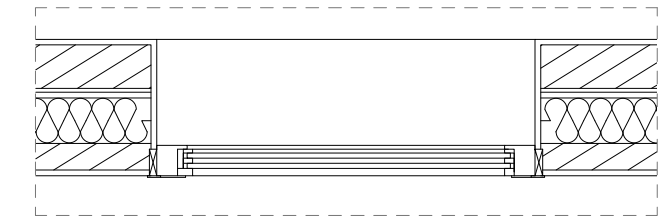


AUSENCIA DE PUENTES TÉRMICOS:
El aislamiento debe ser continuo. Con esto se elimina el riesgo de aparición de puentes térmicos. En caso de no poder ser evitados desde el punto de vista constructivo, se intentará utilizar materiales con un porcentaje conductividad calorífica menor, o que presenten incorporaciones propias de rotura de puente térmico.



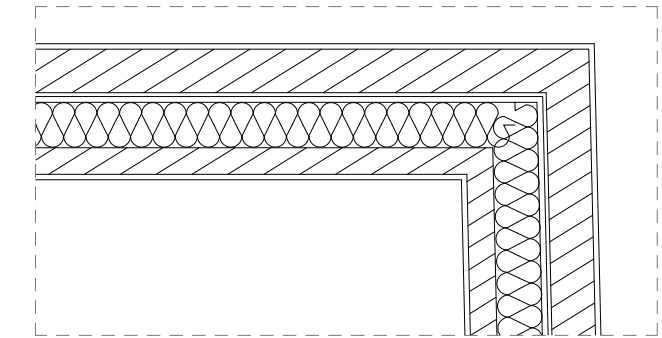
ASLAMIENTO TÉRMICO:
El aislamiento térmico exterior dota a la envolvente del edificio para conseguir el grado de aislamiento necesario; y así garantizar la diferencia térmica entre el espacio interior acondicionado y el exterior.

HERMETICIDAD:
Su base fundamental consiste en sellar de forma estanca las uniones entre los diferentes materiales, evitando así infiltraciones de aire no deseadas. De esta forma se consigue controlar la temperatura interior, siendo necesaria en algunos casos un mínimo aporte a través de sistemas de climatización



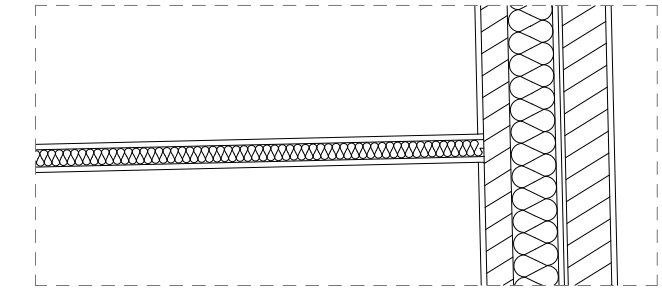
DETALLE 1 1/20

ASLAMIENTO TÉRMICO:
Con el espesor de aislamiento térmico adecuado, se ha comprobado que las edificaciones pasivas sufren pérdidas de calor muy reducidas, en la mayoría de los casos los aportes auxiliares de calefacción son innecesarios.



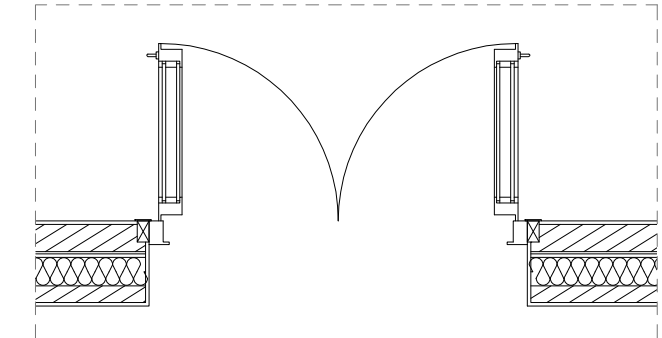
DETALLE 2 1/20

AUSENCIA DE PUENTES TÉRMICOS:
La eliminación de puentes térmicos, sirve como prevención frente a la aparición de patologías edificatorias originadas por la condensación (manchas, mohos, y otros hongos nocivos para la salud), o bien la eliminación de puntos/zonas frías.

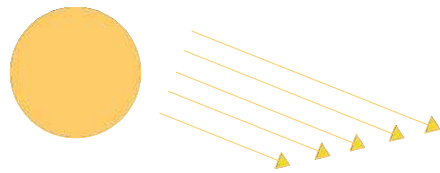
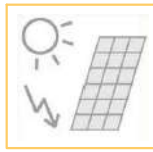
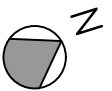


DETALLE 3 1/20

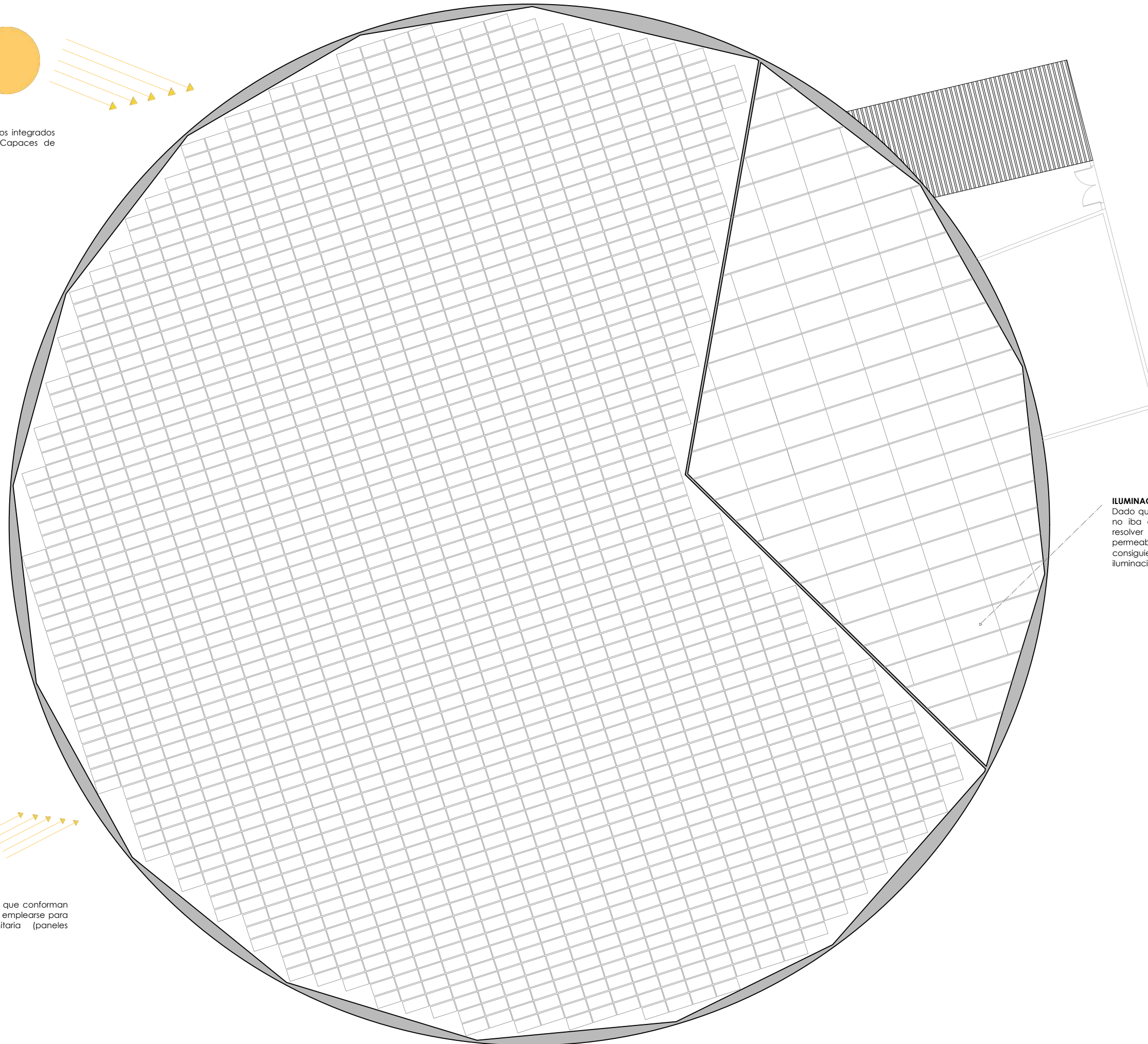
CARPINTERÍAS ADECUADAS :
La carpintería en sí, debe incorporar rotura de puente térmico (o en su defecto estar constituida por elementos de baja conductividad térmica, tales como madera o PVC) esto cobra mayor importancia en climas fríos



DETALLE 4 1/20



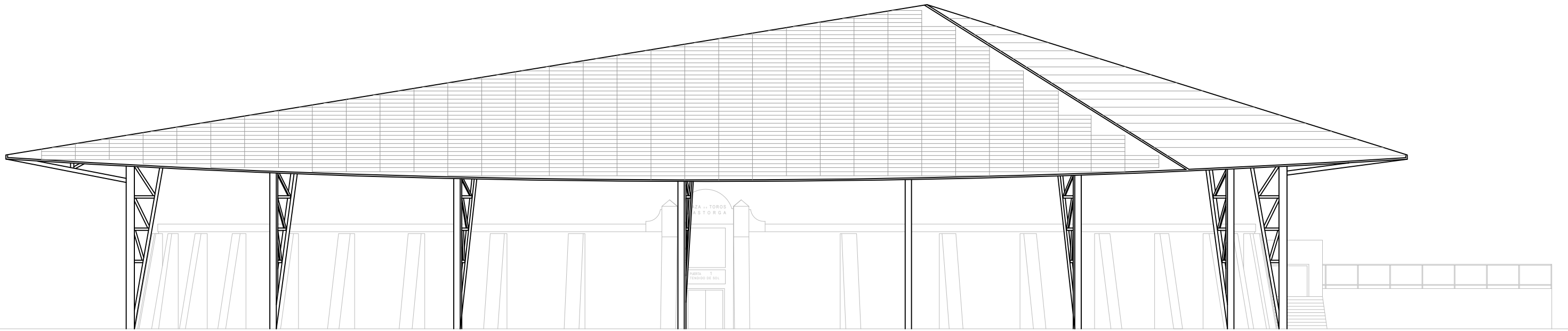
CUBIERTA FOTOVOLTAICA:
Un total de 1920 paneles fotovoltaicos integrados en la nueva cubierta planteada. Capaces de producir alrededor de 950 MWh/ año.



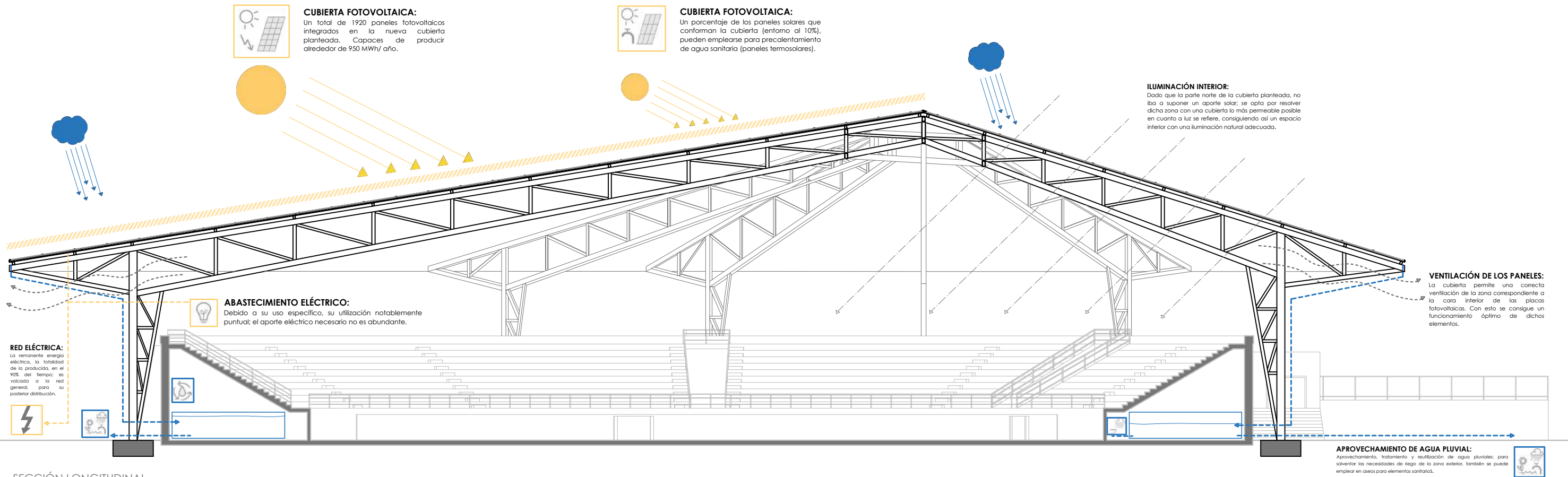
ILUMINACIÓN INTERIOR:
Dado que la parte norte de la cubierta planteada, no iba a suponer un aporte solar, se opta por resolver dicha zona con una cubierta lo más permeable posible en cuanto a luz se refiere, consiguiendo así un espacio interior con una iluminación natural adecuada.



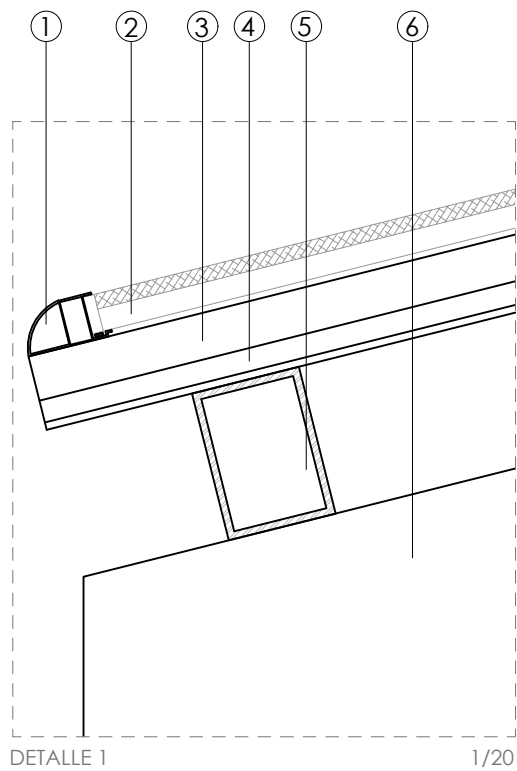
CUBIERTA FOTOVOLTAICA:
Un porcentaje de los paneles solares que conforman la cubierta (entorno al 10%), pueden emplearse para precalentamiento de agua sanitaria (paneles termosolares).



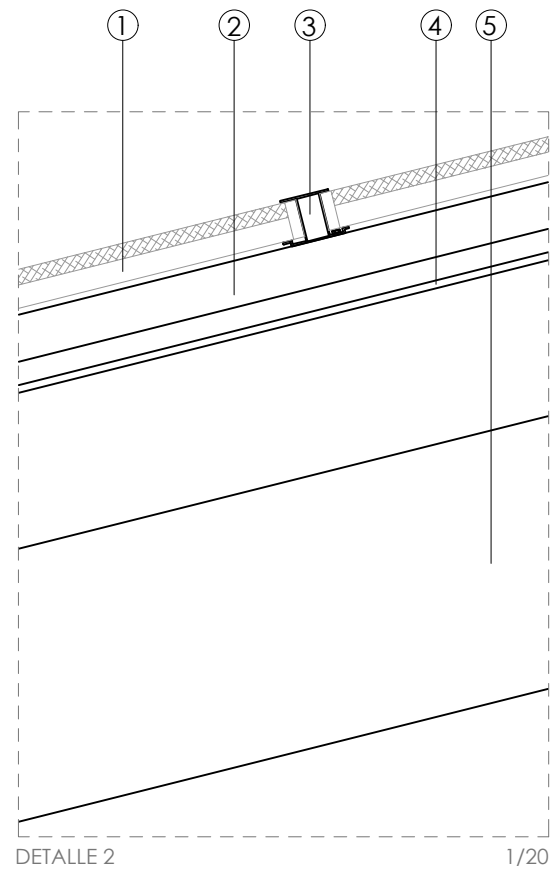
ALZADO PRINCIPAL



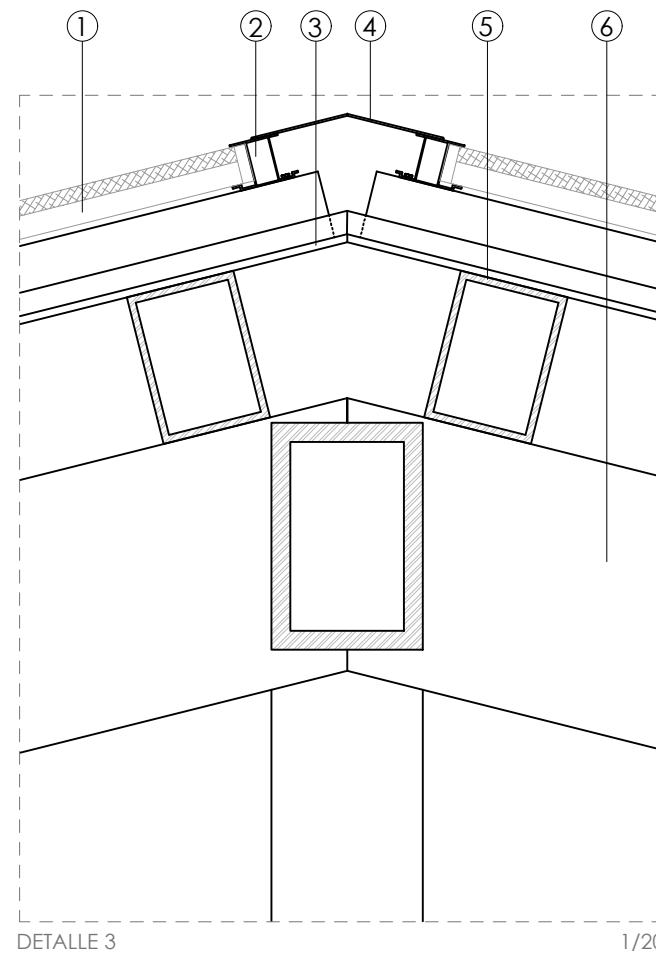
SECCIÓN LONGITUDINAL



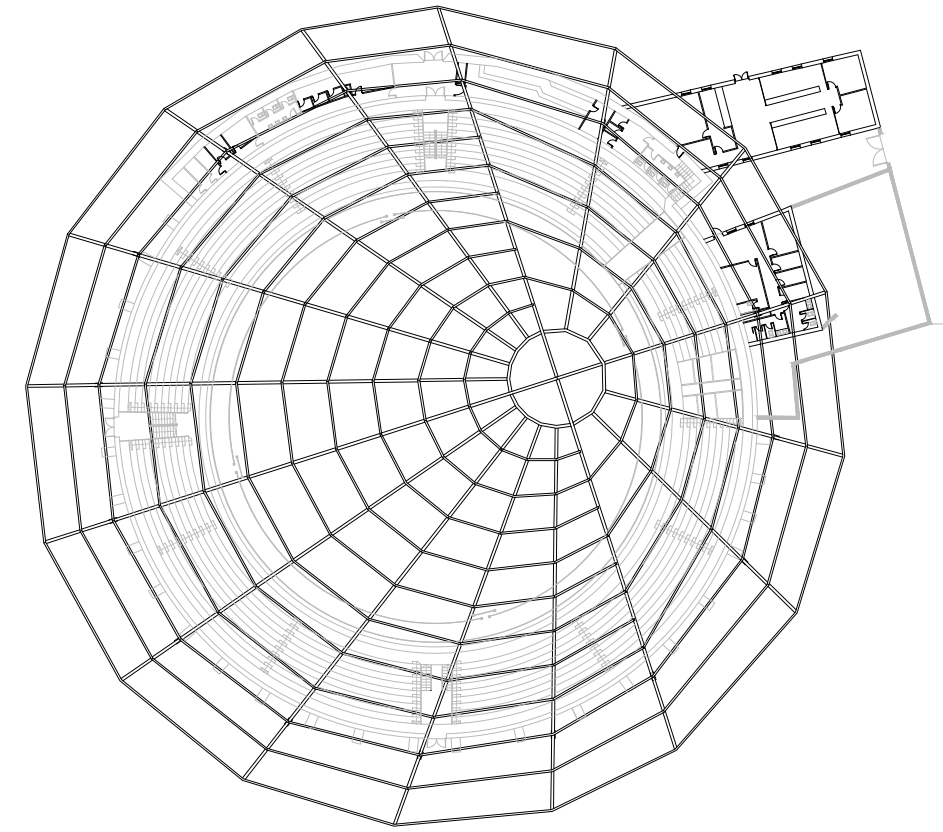
- DETALLE 1 1/20
1. Perfil de remate
 2. Panel fotovoltaico
 3. Subestructura anclaje paneles
 4. Cobertura impermeable
 5. Correa metálica
 6. Cercha metálica



- DETALLE 2 1/20
1. Panel fotovoltaico
 2. Subestructura anclaje paneles
 3. Perfil de sujeción paneles fv.
 4. Cobertura impermeable
 5. Cercha metálica



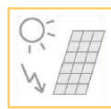
- DETALLE 3 1/20
1. Panel fotovoltaico
 2. Perfil sujeción paneles fv.
 3. Cobertura impermeable
 4. Chapa de remate superior
 5. Correa metálica
 6. Cercha metálica



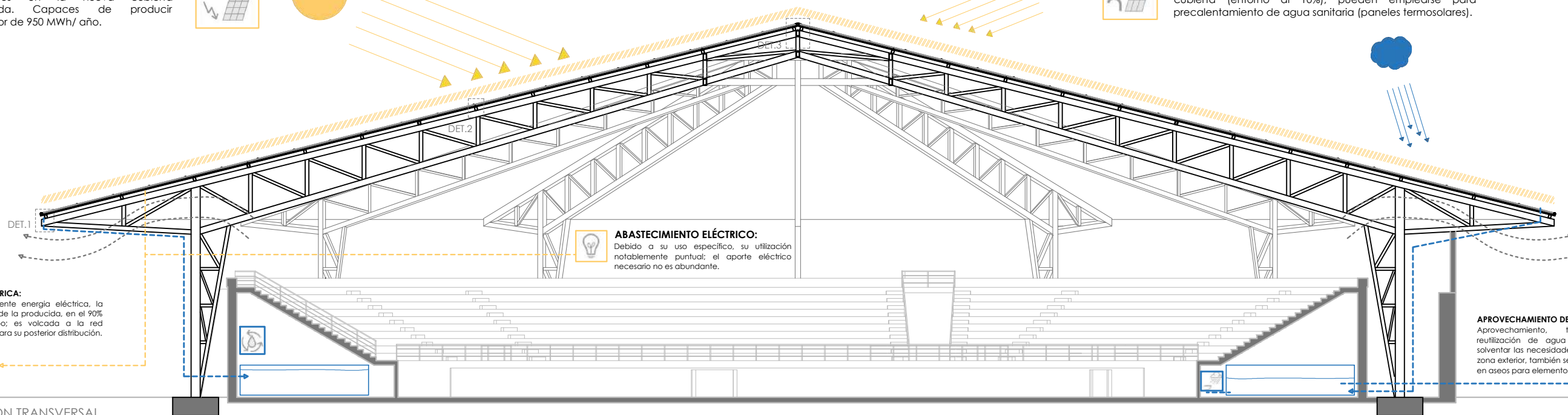
ESQUEMA ESTRUCTURAL

1/1000

CUBIERTA FOTOVOLTAICA:
Un total de 1920 paneles fotovoltaicos integrados en la nueva cubierta planteada. Capaces de producir alrededor de 950 MWh/ año.



CUBIERTA FOTOVOLTAICA:
Un porcentaje de los paneles solares que conforman la cubierta (entorno al 10%), pueden emplearse para precalentamiento de agua sanitaria (paneles termosolares).



RED ELÉCTRICA:
La remanente energía eléctrica, la totalidad de la producida, en el 90% del tiempo, es volcada a la red general, para su posterior distribución.



ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO:
Debido a su uso específico, su utilización notablemente puntual; el aporte eléctrico necesario no es abundante.



VENTILACIÓN DE LOS PANELES:
La cubierta permite una correcta ventilación de la zona correspondiente a la cara interior de las placas fotovoltaicas. Con esto se consigue un funcionamiento óptimo de dichos elementos.

APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL:
Aprovechamiento, tratamiento y reutilización de agua pluviales; para solventar las necesidades de riego de la zona exterior, también se puede emplear en aseos para elementos sanitarios.



SECCIÓN TRANSVERSAL

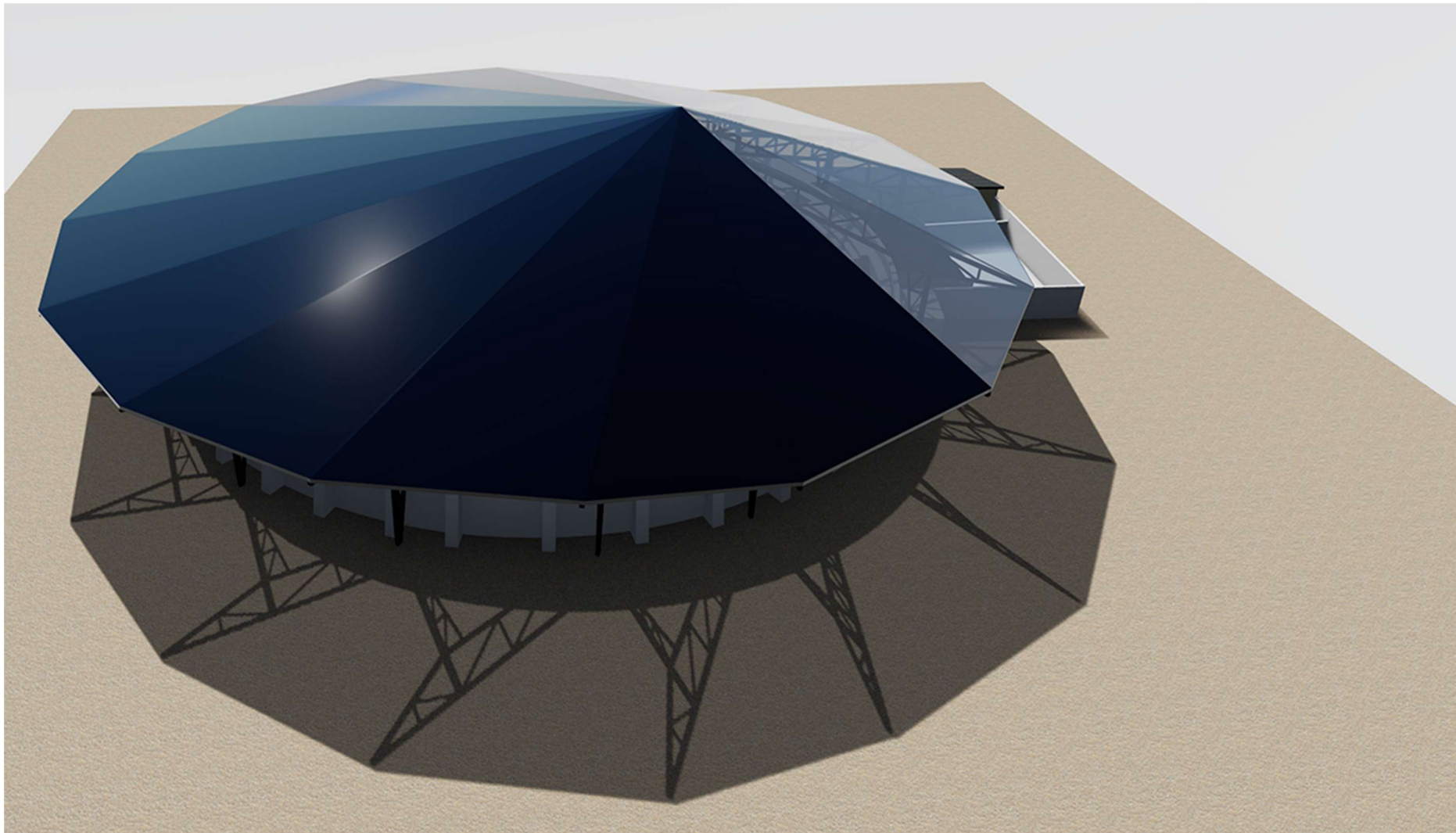


IMAGEN 1

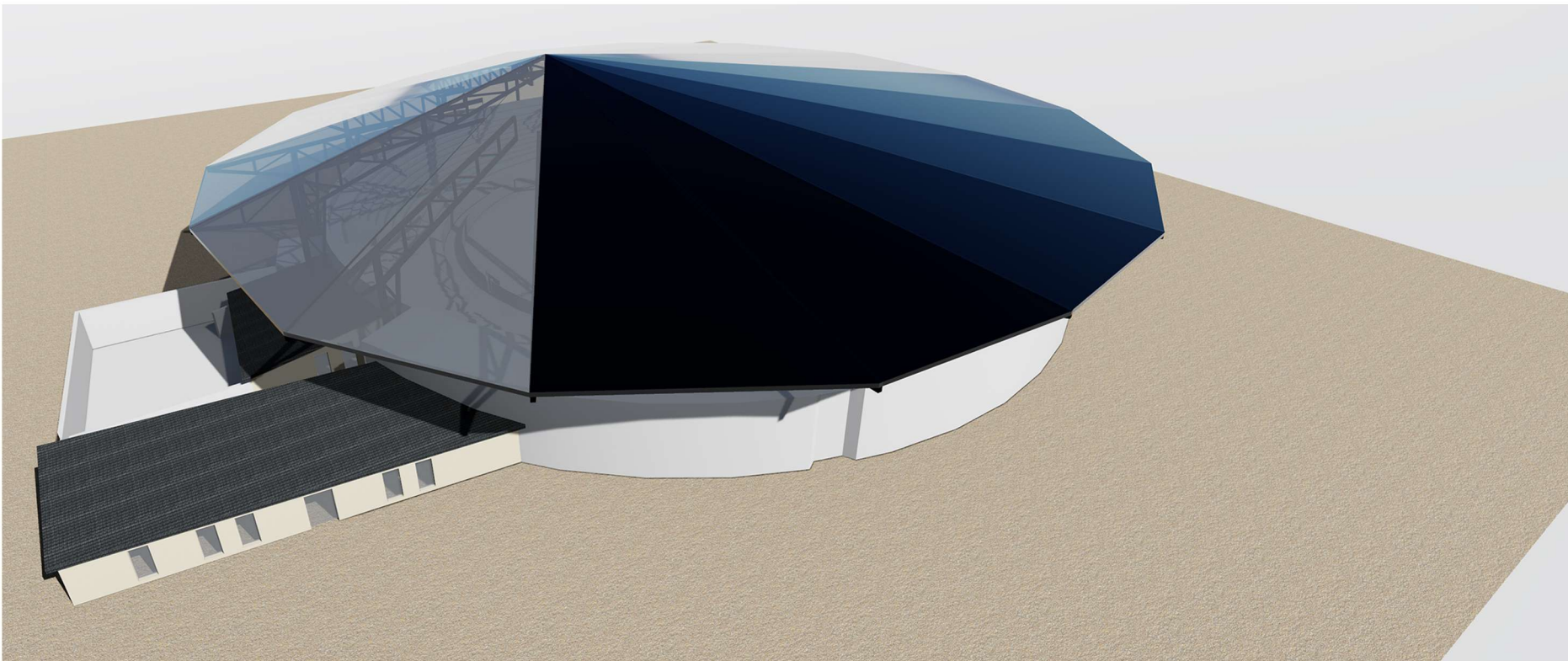


IMAGEN 2

6.4.4 MEMORIA DESCRIPTIVA:

Como se puede apreciar en la documentación gráfica, se plantea una propuesta cuyo objetivo principal es mejorar el conjunto que compone la plaza de toros; introduciendo también una serie de estrategias integradas, que consigan un funcionamiento sostenible. Dicha propuesta se compone de 2 partes fundamentales:

- La creación de una zona destinada a oficinas municipales, y la reubicación (nueva construcción) de las dependencias destinadas a servicios taurinos. Ambas construcciones se realizarán bajo los estándares y estrategias que marcan los distintos estándares y certificaciones investigados a lo largo de este trabajo.
- Una solución para resolver el tema de la cubierta, y al mismo tiempo dotarla con una instalación de aprovechamiento solar para su posterior producción eléctrica. De esta forma se consigue abastecer la demanda del propio edificio, y volcar a la red general la energía no utilizada.

Se plantean también diversos mecanismos o estrategias, cuya finalidad es idéntica; buscar un desarrollo y funcionamiento orientado a la máxima sostenibilidad. Dando lugar a un conjunto que se organiza de manera simbiótica, complementándose unas partes a otras.

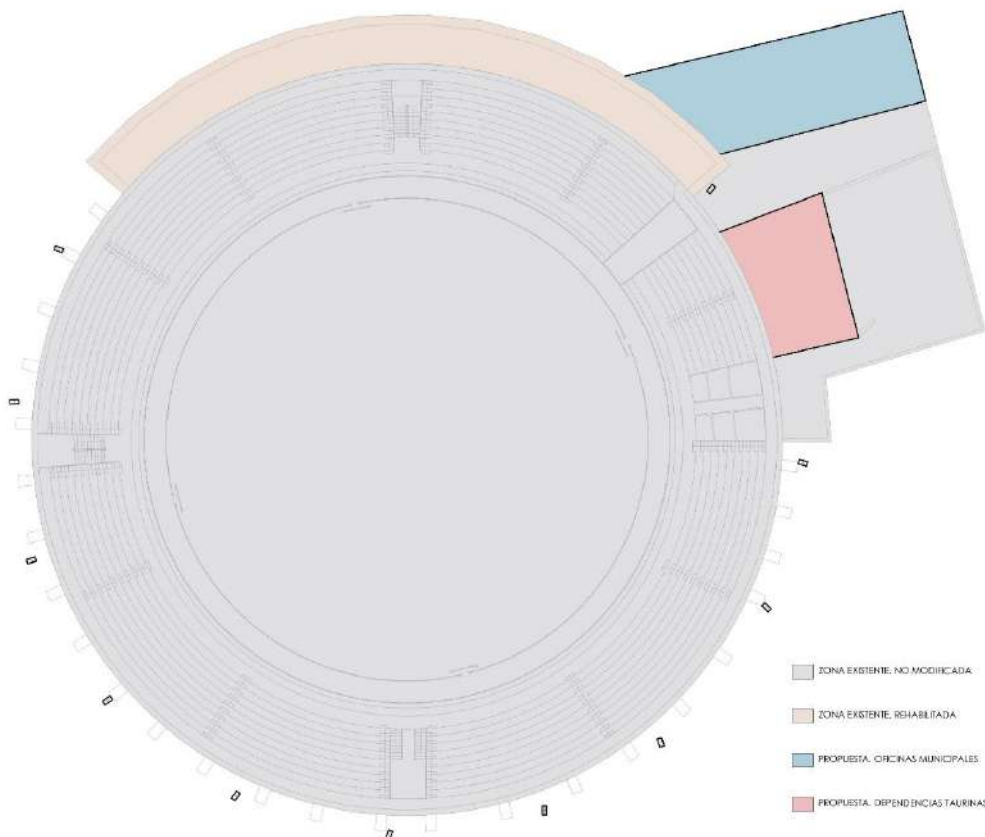


Figura 51. Esquema zonas existentes, creadas e intervenidas. Fuente: *Elaboración propia.*

6.4.5 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA BASADAS EN DICHS ESTANDARES Y CERTIFICACIONES:

A continuación, se describen una serie de medidas de eficiencia energética, aplicadas a las diferentes certificaciones y estándares estudiados en puntos anteriores (algunas son comunes a diferentes certificaciones). Estas medidas tienen como finalidad lograr los resultados exigidos por cada certificación, así como unas medidas de confort y bienestar adecuadas.

ESTANDAR PASSIVHAUS:

- **Orientación y radiación solar:** Una orientación idónea, junto con un correcto control de tipología y posición de huecos; puede reducir de manera sustancial la demanda energética.
- **Protección solar:** Relacionado con el punto anterior, aunque de manera opuesta en este caso. Es necesario una correcta protección frente a radiaciones excesivas o sobrecalentamientos, que se traducirán en demandas elevadas en cuanto a refrigeración se refiere.
- **Compacidad elevada:** Una relación apropiada entre la superficie de envolvente y el volumen del edificio. A mayor compacidad, mejor comportamiento energético.
- **Reflectividad y absortividad térmica de materiales:** Valores característicos de cada material, han de ser tenidos muy en cuenta. Se optará por la solución más adecuada, en función de cada ubicación, clima, tipología, etc.
- **Envolvente hermética:** Resulta esencial, para conseguir los resultados adecuados, una hermeticidad continua en la envolvente del edificio.
- **Aislamiento térmico:** Dota a la envolvente del edificio del grado de aislamiento necesario, y así garantizar la diferencia térmica entre espacios interiores (acondicionados) y exteriores.
- **Ausencia de puentes térmicos:** Relacionado con el punto anterior, no solo influye el espesor de aislamiento colocado, sino su continuidad. Al darle continuidad total al material aislante, se evitan los puentes térmicos, así como las patologías derivadas de los mismos.
- **Carpinterías adecuadas:** Al igual que en la parte opaca del cerramiento, es necesario un correcto control de las zonas de hueco. Estos deben tener una posición, tamaño y lección del tipo de carpintería adecuado a cada situación particular.
- **Recuperación de calor:** Para conseguir un aprovechamiento del calor y las refrigeraciones, que en situaciones convencionales se perderían. De esta forma se produce una reducción de la demanda energética en calefacción o refrigeración.

CERTIFICACIÓN LEED:

- **Localización:** Minimizar el impacto en el entorno, junto con un desarrollo sostenible de la parcela.
- **Diseño y materiales adecuados:** Un diseño adaptado a cada situación particular, así como la elección de los materiales más idóneos.
- **Uso eficiente del agua:** Introduciendo elementos de reducción, aprovechamiento y recuperación de agua (no potable), etc. Esto se traduce, de manera directa, en una reducción de la demanda existente.
- **Utilización de energías alternativas:** Aplicación de sistemas de producción energética sostenibles. Reduciendo el impacto ambiental y la demanda de energía convencional.

CERTIFICACIÓN BREEAM:

- **Uso del suelo y ecología:** Ubicación y tipología de suelo en el que se va a intervenir. Proteger los recursos naturales y la biodiversidad existentes. Se busca una reducción del impacto ambiental.
- **Minimización de consumos energéticos:** Medidas de ahorro energético, implementación de energías renovables, innovación tecnológica, et.
- **Materiales adecuados:** Utilización de materiales comprometidos con el medio ambiente (mínimo impacto ambiental), que favorezcan el reciclaje y reutilización de los mismo.
- **Innovación de la edificación:** Tanto en el proceso constructivo, como en los sistemas utilizados para el funcionamiento de la edificación. Permitiendo así alcanzar niveles de sostenibilidad adecuados.

6.4.6 JUSTIFICACIÓN Y CÁLCULOS:

CTE-DB-HE:

El edificio elegido para la propuesta, se encuentra dentro del ámbito de aplicación de la sección HE 5 (contribución mínima de energía eléctrica) del CTE-DB-HE. Dicha exigencia establece: *“En los edificios que así se establezca en esta sección se incorporarán sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red”*. Fuente: CTE-DB-HE 5 (pag.29).

-Justificación del apartado 3:

. Potencia mínima a instalar:

$$P_{\min} = 0,01 \times S$$

$$P_{\min} = 0,01 \times 4580 \text{ m}^2$$

$$P_{\min} = \mathbf{45,8 \text{ kW}}$$

. Potencia límite:

$$P_{lim} = 0,05 \times S_c$$

$$P_{lim} = 0,05 \times 5933$$

$$P_{lim} = \mathbf{296,65 \text{ kW}}$$

Siendo "S" la superficie construida del edificio (m²).

Siendo "Sc" la superficie de cubierta del edificio (m²).

Según indica el documento básico la potencia obligatoria a instalar, no será inferior a **30 kW**, ni superior a **100 kW**.

-Justificación del apartado 4:

. Potencia de generación eléctrica alcanzada: **2595,5 kWh/día.**

. Potencia a instalar mínima exigible: **45,8 kW.**

Ficha técnica del tipo de panel fotovoltaico utilizado, panel solar 280W policristalino:

ESPMC

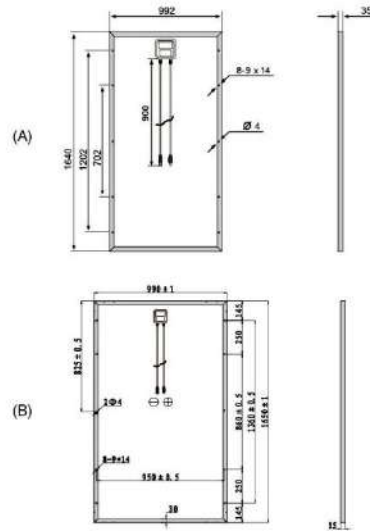
Polycrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS	
Dimensions	1640 x 992 x 35 mm(A) 1650 x 990 x 35 mm(B)
Weight	17.75 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	60 pcs multicrystalline Si-cells (156 x 156 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET / FEVE / TPE
Junction Box	TÜV certified
Cable	4 mm ² solar cable 2 x 900 mm
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	2400 Pa(IEC 61215), 35mm 5400 Pa(IEC 61215), 45mm
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product Warranty	10 years
Power	10 years 90%
Guarantee	25 years 80%

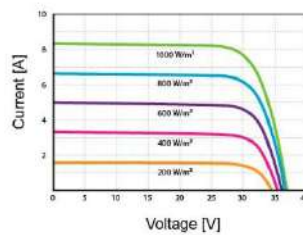
CHARACTERISTICS	
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient I_{sc}	+0.08558%/°K
Temperature-Coefficient V_{oc}	-0.29506%/°K
Temperature-Coefficient P_{mp}	-0.38001%/°K
NOCT***	45°C

CERTIFICATES	
IEC 61215 edition 2 (TÜV Nord) (TÜV Rheinland)	
IEC 61730 MCS INMETRO	
CE CEC SALT-MIST	
PID Resistant	
CCC	

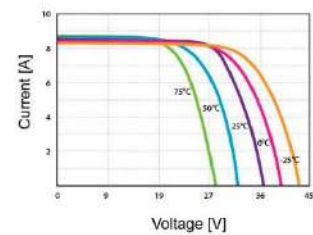
INSURANCE	
Chubb	



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance



Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1.000 W/m²

ESPMC TYPE	250	260	265	270	275	280
Power Class	250W	260W	265W	270W	275W	280W
Max. Power Voltage (V_{mp})* at STC**	30.9V	31.35V	31.6V	31.8V	32V	32.2V
Max. Power Current (I_{mp}) at STC	8.1A	8.3A	8.4A	8.5A	8.6A	8.7A
Open Circuit Voltage (V_{oc}) at STC	36.6V	37V	37.2V	37.4V	37.6V	37.8V
Short Circuit Current (I_{sc}) at STC	8.75A	8.92A	9.03A	9.14A	9.25A	9.36A
Module Efficiency	15.3 %	16 %	16.2%	16.5%	16.9%	17.2%

* MPP: Maximum Power Point

** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5



*** Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© October 2018 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

108/


Figura 52. Ficha técnica de panel solar 280W policristalino. Fuente: <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-280w-policristalino>

ESPMC
Polycrystalline Solar Module

- Q High-quality**
With 60 cells and 3 bypass diodes in power classes from 250 to 280 Wp for grid connected systems.
- \$ Reliable**
The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.
- kg Solid**
An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.
- Wp Performance guarantee**
ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.

+	WATTS POSITIVE TOLERANCE	10	YEARS PRODUCT WARRANTY	10	YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%	25	YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%
----------	--------------------------	-----------	------------------------	-----------	---------------------------------	-----------	---------------------------------

/07/  Zhejiang ERA Solar Technology Co., Ltd.
www.erasolar.com.cn




Figura 53. Ficha técnica de panel solar 280W policristalino. Fuente: <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-solar-280w-policristalino>

CÁLCULOS SOLARES:

A continuación, se muestran unos valores obtenidos correspondientes a la hora solar pico²⁵ en la ubicación en la que se encuentra el edificio en cuestión:

MES	E (mes)	H(mes)	SD (mes)	H (l) /DIA (kWh/m2)
ENERO	79.7	93.5	17.1	3.12
FEBRERO	102.3	121.5	19.6	4.05
MARZO	133.3	162.4	19.7	5.41
ABRIL	139.7	174.9	11.2	5.83
MAYO	154.1	197.3	16.6	6.58
JUNIO	156.2	205.8	7.8	6.86
JULIO	172.3	229.7	6.3	7.66
AGOSTO	166.3	221.7	7.5	7.39
SEPTIEMBRE	144.3	187.5	9.8	6.25
OCTUBRE	112.5	140.3	14.1	4.68
NOVIEMBRE	86	102.5	19.2	3.42
DICIEMBRE	79.3	93.1	15.4	3.10
MEDIA ANUAL	127.17	160.85	13.69	5.36

Figura 54. Valores de hora solar pico en la provincia de León. Fuente: Elaboración propia.

INFORMACIÓN PANEL:

- . Potencia (w): 280
- . Tensión máxima "Vmpp" (V): 32.2
- . Corriente máxima "Impp" (A): 8.7
- . Tensión de circuito abierto "Voc" (V): 37.8
- . Corriente de cortocircuito "Isc" (A): 9.36
- . M.Eficiencia (%): 17.2

INFORMACIÓN DE LA INSTALACIÓN:

- . Nº de placas/grupo: 5
- . Nº de series: 2
- . Nº total de grupos: 192

²⁵ Hora solar pico: Unidad que sirve para medir la irradiación solar. Se puede definir como la energía por unidad de superficie, suponiendo una irradiancia solar de 1000 W/m2. Fuente: <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico/>

. N° total de placas; 1920

El sistema planteado consta de grupos formados por 10 paneles; conectados en 2 ramas en paralelo, con 5 paneles conectados en serie por cada una de las ramas.

ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA:

Obtenemos la energía generada (Wh/día) a partir de la siguiente expresión:

$$E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot V_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot \text{HSP} \cdot 0,9$$

Donde:

. $I_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Corriente máxima panel} \cdot \text{N}^\circ \text{ de ramas en paralelo} =$

$$I_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{mpp}} \cdot 2 = 8,7 \cdot 2 = 17,4 \text{ A}$$

. $V_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Tensión máxima panel} \cdot \text{N}^\circ \text{ paneles en serie / rama} =$

$$V_{\text{generador-fotovoltaico}} = V_{\text{mpp}} \cdot 5 = 32,2 \cdot 5 = 161 \text{ V}$$

. HSP: Hora solar pico, según valores obtenidos; 5,36.

. Utilizamos el valor 0,9, como coeficiente de rendimiento de los paneles (suele estar comprendido entre el 85-90%).

Por lo tanto, la energía generada diariamente sería:

$$E_{\text{generador-fotovoltaico}} = 17,4 \text{ (A)} \cdot 161 \text{ (V)} \cdot 5,36 \cdot 0,9 = 13513,95 \text{ Wh/día}$$

$$E_{\text{generada}} = 13513,95 \cdot 192 \text{ (grupos)} = 2594678,4 \text{ Wh/día}$$

$$E_{\text{generada}} = 2594,70 \text{ kWh/día}$$

-Obteniendo valores medios mensuales de: $2594,7 \cdot 30 = 77841 \text{ kWh/mes.}$

-Valor medio anual: **934082 kWh/año.** Entorno a los **394 MWh/año.**

ELEMENTO	POTENCIA (w)	Nº DE UNIDADES	TIEMPO DE USO(h/mes)	CONSUMO MENSUAL (w/h)	CONSUMO MENSUAL (kW/h)
LÁMPARA LED	14	30	80	33600	33.6
PANEL LED	42	34	180	257040	257.04
FOCO LED	1000	20	8	160000	160
ORDENADOR PORT.	200	4	24	19200	19.2
ORDENADOR MESA	420	10	160	672000	672
IMPRESORA	150	6	60	54000	54
SECAMANOS	600	8	14	67200	67.2
CAFETERA	750	1	30	22500	22.5
TELEVISOR	220	1	160	35200	35.2
BOMBA DE AGUA	1500	2	10	30000	30
INTERCAMBIADOR (VENT.)	25	6	720	108000	108
				TOTAL	1458.74

Figura 55. Valores de consumo estimado del edificio. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los valores anteriores, realizamos los cálculos necesarios para elegir el inversor y las baterías más idóneos.

CÁLCULO DE BATERÍAS:

- . Consumo diario (Wh/día): 48624,60
- . Días de autonomía: 3 (se pueden usar valores comprendidos entre 2 y 4 días).
- . Profundidad de descarga: 0,7 (70%).
- . Tensión: 48 V

$$\text{Capacidad de acumulación} = \frac{\text{consumo diario} \cdot \text{días de autonomía}}{\text{profundidad de descarga} \cdot \text{tensión}}$$

*Se considera un 15% de reducción en el rendimiento de los equipos, por pérdidas de temperatura.

$$\text{Capacidad} = \frac{48624,60 \cdot 3}{0,7 \cdot 48} \cdot 1,15 = 4992,70 \text{ Ah (AmperiosHora)}$$

Por lo tanto, tendremos que elegir un sistema de baterías acorde al valor obtenido; 4992,70 Ah (c100). El valor c100, nos indica la capacidad de acumulación de la batería será la suministrado por periodos de carga de 100 horas.

CÁLCULO INVERSOR O CONVERTIDOR ELÉCTRICO:

. Potencia diaria: 8068 W/día

*Se considera un factor de simultaneidad de 0,7, por lo tanto:

$$\text{Potencia diaria (factor simul.)} = 8068 \cdot 0,7 = 5647,6 \text{ W/día}$$

Debemos elegir un inversor cuya potencia nominal, sea igual o superior a la potencia de suministro a las cargas existentes. La tensión de entrada será de 48 V, y la tensión de salida 220V.

*Se aplica un coeficiente de mayoración del 25% para equipos con motores, en algunas ocasiones pueden tener picos de corriente en la etapa de arranque.

$$\text{Potencia} = 5647,6 \cdot 1,25 = 7059,5 \text{ W}$$

Se opta por un inversor de 7200 W, con tensión de entrada de 48V y de salida a 220 V.

Apert MAX Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Apert MAX 3600-24-230	Apert MAX 3600-24-120	Apert MAX 7200-48-230	Apert MAX-7200-48-120
Rated Power	3600VA/3600W		7200VA/7200W*	
PARALLEL CAPABILITY	NO		Yes, up to 8 units	
INPUT				
Voltage	230 VAC	120 VAC	230 VAC	120 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)	90-140 VAC (For Personal Computers) 80-140 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)			
OUTPUT				
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%	230VAC ± 5%	120VAC ± 5%
Surge Power	7500VA	7500VA	15000VA	15000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%			
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)			
Waveform	Pure sine wave			
No Load Power Consumption	< 45W		< 70W	
BATTERY				
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC	
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC	
Overcharge Protection	33 VDC		86 VDC	
SOLAR CHARGER & AC CHARGER				
Solar Charger Type	MPPT			
Maximum PV Array Power	4000 W		8000W (4000W x 2)	
MPPT Range @ Operating Voltage	120 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC	90 ~ 450 VDC	90 ~ 230 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC	250 VDC	500 VDC	250 VDC
Maximum Solar Charge Current	80 A			
Maximum AC Charge Current	80 A			
Maximum Charge Current	80 A			
PHYSICAL				
Dimension, D x W x H (mm)	147.4 x 432.5 x 553.6			
Net Weight (kgs)	14.1		18.4	
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Wifi/Dry-contact			
OPERATING ENVIRONMENT				
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)			
Operating Temperature	-10°C to 50°C			
Storage Temperature	-15°C to 60°C			
STANDARD				
Compliance Safety	CE	UL	CE	UL

* 120 VAC model rated as 5000VA when unit operated under inverte mode
Product specifications are subject to change without further notice.



Figura 56. Ficha especificaciones inversor eléctrico elegido. Fuente: <https://autosolar.es/inversores>

VIABILIDAD ECONÓMICA:

En primer lugar, estableciendo los datos de consumo mensual estimado del conjunto (1458 kWh/mes), y los datos de producción mensual (77841 kWh/mes); obtenemos un remanente de energía eléctrica:

$$\text{Remanente} = \text{Producción} - \text{Consumo} = 77841 - 1458 = 76383 \text{ kWh/mes}$$

Resulta significativo, ya que la energía eléctrica sobrante (**916596 kWh/año**), se podría volcar a la red general de distribución. A continuación, se muestran los datos de consumos eléctricos medios (anuales) en España. (Fuente: <https://www.tarifasdeluz.com/faqs/consumo-medio-electricidad-en-hogares-de-espana/>).

Tipo de Vivienda	Zona Mediterránea	Zona Continental	Zona Atlántica	Toda España
Unifamiliares	14.598 KWH	21.445 KWH	21.670 KWH	17.011 KWH
Pisos	6.386 KWH	10.044 KWH	9.981 KWH	7.859 KWH

Por lo tanto, con la energía eléctrica producida y no gastada se podrían abastecer:

- En torno a 54 viviendas unifamiliares.
- En torno a 116 pisos.

*Del mismo modo, se podría destinar a complementar la demanda energética de edificios correspondientes a otras tipologías.

Desde el punto de vista económico, la propuesta de intervención supondría una elevada inversión. A continuación, se establecen unos valores (con elevado grado de estimación) para obtener conclusiones.

-Gastos de construcción (incluye estructura metálica, cobertura metálica y de vidrio, subestructura para paneles solares, etc.): 261.515 € (Doscientos sesenta y un mil quinientos quince euros).

- Coste paneles solares: 88€/unid. X 1920 unidades = 168.960 € (Ciento sesenta y ocho mil novecientos sesenta euros).

- **COSTE TOTAL ESTIMADO: 430.475 € (Cuatrocientos treinta mil cuatrocientos setenta y cinco euros).**

A priori se trata de una cifra bastante elevada. Si bien es cierto que la instalación propuesta (con una vida útil teórica de 25 años) supondría un ahorro directo de 2.099 € anuales, referidos al consumo propio del complejo; estipulando el precio del kWh en 0,12 €. Si bien este dato puede parecer de poco interés, la energía sobrante que se volcaría a la red establecería un "ahorro indirecto" de 109.992€/año. Por lo tanto, si se destinase este remanente energético a edificios municipales; o directamente se volcase a la red general, recibiendo un pago por parte de la empresa encargada, se podría obtener una buena rentabilidad de la inversión. Incluyendo el coste total, gastos indirectos, gastos de mantenimiento, etc. Se podría obtener rentabilidad a partir del 8º-10º año, posterior a la puesta en funcionamiento de dicha instalación.

CONCLUSIONES:

Tras la lectura de este trabajo de investigación, debe de generarse (con carácter impositivo) una cuestión fundamental; la situación actual del ámbito energético (a nivel mundial, europeo, nacional, etc.) y la concienciación (o falta de ella) por nuestra parte como consumidores, ante dicha situación. Según fuentes oficiales, el pasado 27 de mayo de 2020, España agotó los recursos que la tierra es capaz de producir en un año (de manera sostenible). Es decir, la media establecida en años anteriores indica que España necesitaría 2,3 planetas para satisfacer su demanda de recursos. Pueden parecer datos chocantes, si bien es cierto que las demandas por parte de la humanidad son un 50% mayores de lo que la naturaleza puede generar (regenerar más concretamente), es decir, serían necesarios 1,5 planetas tierra. A pesar de todo, existen datos aún más alarmantes como por ejemplo Bélgica con un 3,9 o los Emiratos Árabes cuyos valores superan con creces los anteriores.

En base a afirmaciones de algunos expertos, o por lo menos entendidos en el tema, definen nuestra sociedad actual como "sociedad del titular". Esto se traduce en preocupaciones vinculadas a titulares de cierta importancia y que afectan a un periodo relativamente corto de tiempo; olvidando las anteriores con bastante facilidad. Si extrapolamos esta afirmación a la situación actual que se está viviendo simultáneamente a la redacción de este texto, podemos observar cómo algunos (por no decir la gran mayoría) de los problemas que existían, han pasado a un segundo, tercer o cuarto plano (incluso han desaparecido, realmente no lo han hecho, pero si han caído en el olvido). Si es cierto que en la mayoría de los casos ha sido por fuerza mayor, pero lejos de entrar en debates, hay una cosa bastante clara; sino se toman medidas al respecto con intención de mejora, van a seguir existiendo y aumentando.

Bajo mi punto de vista, existe una gran problemática vinculada al abandono de la búsqueda de un modelo de vida con cierto carácter sostenible. Extrapolable a todos los ámbitos vitales, y más concretamente al de la edificación y construcción, por alusiones y porque supone un porcentaje elevado de la carga contaminante existente en la actualidad. Aun existiendo ciertas facilidades por parte de instituciones o gobiernos, traducidas en ayudas económicas vinculadas a la mejora o eficiencia de elementos energéticos, adquisición de equipos menos contaminantes, etc. Pienso que ya se ha prorrogado bastante los plazos impuesto por esas mismas instituciones, y que gran parte de los casos se distan bastante de los valores idóneos que tendrían que haberse alcanzado. Siguiendo con el hilo conductor de la situación actual y los resultados obtenidos, considero que la manera más adecuada para llegar los valores adecuados; está en manos de los comités institucionales y la posibilidad que tienen para aplicar, con carácter impositivo, una serie de directrices y normativas orientadas a un desarrollo y funcionamiento comprometido con el entorno y el medio

ambiente. Es cierto que existen un gran número de directrices reguladoras, pero o bien no son aplicadas con toda la exigencia necesaria; o por el contrario presentan un ámbito de aplicación reducido. Quizás sería apropiado, aplicar de manera proporcional, pero con un claro carácter de obligatoriedad, una serie de imposiciones energéticas, de sostenibilidad, etc.; en cada una de las tipologías edificatorias existentes.

Centrándome en la parte de la propuesta de intervención, ya es sabido que la inversión en este tipo de intervenciones es notablemente elevada. Por consiguiente, no está al alcance de todos. A pesar de ello, y tras un análisis superficial, se puede comprobar que los beneficios son abundantes; algunos de ellos bastante inmediatos. Resulta de gran interés, la multitud de estrategias y mecanismos que existente en la actualidad para lograr un desarrollo idóneo. Esto proporciona una mayor facilidad y adaptación a cada necesidad particular buscada. Así mismo, si cada vez fuese más frecuente el uso de este tipo de elementos o mecanismo, su precio o adquisición sería más asequible, por un principio básico de oferta y demanda. Otro punto a favor, es la continua investigación que existe hoy en día, lo que proporciona una constante renovación, optimización y mejor de los componentes o sistemas que existen. Todos estos puntos mencionados con anterioridad, favorecen y facilitan en gran medida el cumplimiento y obtención de un correcto funcionamiento global.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES:

LEGISLACIÓN:

- Documento Básico HE. Ahorro de energía. (20 de diciembre 2019).
- RITE. (Consolidado septiembre 2013).
- REAL DECRETO 314/2006, (17 de marzo). Aprobación del Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 47/2007, (19 de enero). Aprobación del procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios de nueva construcción.
- Real Decreto 1027/2007, (20 de julio). Aprobación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- Real Decreto 235/2013, (5 de abril). Aprobación del procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

LIBROS, GUÍAS, PUBLICACIONES:

- “Criterios para los Estándares Casa Pasiva, EnerPHit y PHI Edificio de baja demanda energética”. Passive House Institute.
- “GUÍA DEL ESANDAR PASSIVHAUS. Edificios de consumo energético casi nulo”. Consejería de economía y hacienda. Comunidad de Madrid.
- “Estudio del estándar Passivhaus, aplicación y comparativa con el CTE”, Master en Gestión de la Edificación. Autor: Francisco Fermín Prieto García. Universidad de Alicante.
- Guía de Estudio de LEED AP Diseño y Construcción de Edificios del USGBC (USGBC LEED AP Building Design + Construction Study Guide).
- BREEAM Communities. Technical Manual. SD202-1.1:2012.
- “Certificación LEED por la excelencia sostenible”. Revista Construcción, edición especial octubre 2017

WEBGRAFIA:

- Consumo energético y emisiones asociadas al sector residencial. https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Consumo-de-vivienda-en-Europa-por-aspectos-energeticos-IDAE-2009_fig1_220002003
- Passive House Institute. <https://passivehouse.com/>
- “The Philips Experimental Energy House”. Philips Research Scientific Film. https://www.cienciatk.csic.es/Videos/LA+CASA+DE+ENERGIA+EXPERIMENTAL+DE+PHILIPS_280.html
- Casa de energía cero de Lyngby. <http://www.energyadvisoryassociates.co.uk/resources/a-short-history/>

- Trabajando sistemáticamente en Alemania: Hörster, Steinmüller y Philips experimental house. <https://www.ecocor.us/history/working-systematically-in-germany-hoerster-steinmueller-and-the-philips-experimental-house>
- La casa pasiva-revisión histórica. https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_historical_review
- El estándar Passivhaus. ¿Como funciona? <http://www.plataforma-pep.org/estandar/como-funciona>
- ¿Qué es el estándar Passivhaus? <https://climalit.es/blog/estandar-passivhaus-passive-house-ventanas/>
- Passivhaus. <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>
- Energía primaria. <https://www.smartgridsinfo.es/energia-primaria>
- Casas pasivas. <https://ecoandeco.com/casas-pasivas/>
- La casa pasiva. <http://icasasecologicas.com/la-casa-pasiva-ventajas-y-desventajas/>
- Plataforma de Edificación Passivhaus. Ejemplos de construcciones. http://www.plataforma-pep.org/estandar/ejemplos-ph?utf8=%E2%9C%93&year_of_construction=&building_type=&construction_type=&construction_kind=Obra+nueva&comunidad=&ph_example_certificate=
- ¿Qué es la CERTIFICACIÓN LEED y cómo funciona? https://www.youtube.com/watch?v=PlzsbpRFZdo&feature=emb_logo
- Conceptos básicos de la certificación LEED. <https://www.youtube.com/watch?v=zV9-d8QyaPw>
- Certificación BREEAM. <https://breeam.es/breeam-espana/>
- Certificación BREEAM. <https://ovacen.com/certificacion-breeam/>
- Concepto de inercia térmica. https://www.construmatica.com/construpedia/Inercia_T%C3%A9rmica
- Energía solar. <https://selectra.es/autoconsumo/info/energia-solar>
- Energía solar. <https://solar-energia.net/>
- Datos solares. <https://autosolar.es/>
- Hora solar pico. <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>
- Características de equipos solares. <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>
- Calculos solares. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/calculo-fotovoltaica.html>

