

# SEXY NZEB

Análisis y comparación de la arquitectura NZEB en Europa

**ALUMNA** López Bayarri, Macarena

**TUTOR** Tuset Davó , Juan José

**CURSO ACADÉMICO** 2020/2021

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Universidad Politécnica de Valencia



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

## RESUMEN

Medioambiente y arquitectura, dos conceptos dispares pero íntimamente relacionados. La arquitectura está en constante desarrollo buscando nuevas formas de adaptarse y solucionar los problemas actuales, ya que es un reflejo de la sociedad.

Ahí en donde nace el concepto de edificios NZEB ( Nearly Zero Energy Building), cuyo objetivo es llevar la arquitectura hacia un mundo mucho más sensible con el planeta. La arquitectura medioambiental habla de la capacidad que tiene un edificio en emplear los parámetros ambientales y climáticos para aprovecharlos de tal modo que se generen espacios de calidad, tanto en confort y bienestar como en diseño y construcción.

El presente trabajo pretende indagar en que características asociadas a la arquitectura NZEB son atractiva y poder así, fomentar su aplicación y desarrollo.

## PALABRAS CLAVE

NZEB  
Consumo nulo  
Sostenibilidad  
Eficiencia energética  
Diseño arquitectónico  
Arquitectura atractiva  
Estrategias de diseño

## ABSTRACT

Environment and architecture are two disparate but closely related concepts. Architecture is constantly developing, looking for new ways to adapt and solve current problems, as it is a reflection of society.

This is where the concept of NZEB (Nearly Zero Energy Building) was born, which aims to bring architecture to a world that is much more sensitive to the planet. Environmental architecture speaks of the capacity of a building to use environmental and climatic parameters to take advantage of them in order to generate quality spaces in terms of comfort and wellbeing as well as in design and construction.

This paper aims to investigate which features associated with NZEB architecture are attractive and to encourage its application and development.

## KEY WORDS

NZEB  
Zero energy  
Sustainability  
Energy efficiency  
Architectural design  
Attractive architecture  
Design strategies

# AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que me dieron la oportunidad de poder cumplir mi sueño y estudiar la carrera que desde bien pequeña tanto ansiaba, y me dieron la dosis perfecta de cariño y disciplina para lograrlo.

A mi hermano, por sus consejos y su ayuda siempre que la he necesitado.

A Irene, por crecer juntas, desde el primer día hasta el último, ayudándonos durante todos estos años.

A Óscar, por darme su luz, su cariño incondicional y su alegría diaria.

A Salva, por las largas noches de estudio juntos, por sus valores y su fuerza.

A Celia, por estar ahí cada día apoyándome y escuchándome.

A Albert, por regalarme cada minuto a su lado, por sacarme las fuerzas y las ganas cuando ni yo misma creía que podía, gracias por no soltar nunca mi mano.

Por último, a mi tutor, por guiarme, y asesorarme.

Gracias por acompañarme en este largo y difícil camino, he reído, he llorado, he aprendido y he disfrutado cada instante gracias a vosotros.

## 01

# INTRODUCCIÓN

El reto de la arquitectura medioambiental.....	10
Objetivos del trabajo.....	14
Metodología.....	14

## 02

# LA ARQUITECTURA DE LOS EDIFICIOS NZEB

La nueva revolución de la arquitectura.....	16
Parametrización de los edificios NZEB.....	18
Casos de estudio.....	20
ZEB Pilot House.....	21
Home for Life.....	35
Haus am see.....	49
P-House.....	63
Comparación y estrategias de diseño y sostenibilidad.....	77
Leyenda de estrategias de diseño y sostenibilidad.....	79
Tabla estrategias de diseño y sostenibilidad.....	83

## 03

# CONCLUSIONES

Conclusión.....	85
-----------------	----

## 04

# BIBLIOGRAFÍA

Libros.....	88
Páginas web.....	88
Revistas.....	90
Trabajos académicos.....	91
Vídeos.....	91
Procedencia de imágenes.....	92

# INTRODUCCIÓN



## EL RETO DE LA ARQUITECTURA MEDIOAMBIENTAL

La crisis climática es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la sociedad actual. Todos los sectores tienen una gran responsabilidad para reducir la huella de carbono, pero el sector de la construcción se convierte en el que más contribuye negativamente al medio ambiente. Los edificios son los responsables del 40% del consumo de energía y del 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea. Por ello, la arquitectura toma un papel tan importante para poder combatir el cambio climático.

A raíz del imparable deterioro del medioambiente, el tema de la sostenibilidad y de los criterios bioclimáticos en la arquitectura, está tomando cada vez más fuerza. La sostenibilidad en la arquitectura implica el desarrollo de una construcción pensada para el futuro, no simplemente desde la durabilidad del edificio en el tiempo, sino de la durabilidad del planeta y de los recursos energéticos que éste nos ofrece.

La arquitectura medioambiental trata de la capacidad que tiene un edificio en emplear los parámetros ambientales y climáticos que se disponen y aprovecharlos de tal modo que se generen espacios de calidad, tanto en confort y bienestar como en diseño y construcción de los edificios.

Cuando se habla de arquitectura y sostenibilidad se habla de la fusión de arte y ciencia, de forma y función; conceptos aparentemente divergentes pero claramente entrelazados, el primero de ellos trata de la creación y de la creatividad, el segundo directamente se relaciona con la racionalidad y la lógica.

La arquitectura tiene una naturaleza de desarrollo constante, cada vez abarcando nuevos caminos y retos. La arquitectura está arraigada a la sociedad, a la calidad de vida actual y futura, por esta razón el ejercicio de la arquitectura tiene una dimensión política, tiene ese poder que da lugar al cambio y a la mejora del mundo. El arquitecto es la persona más influyente para reducir el impacto ambiental en los edificios, son los que se enfrentan a los nuevos desafíos que se plantean según avanza la sociedad, cada decisión que toma manda un mensaje de cómo debe ser la arquitectura. Diseñan el mundo del que se quiere formar parte, y por eso tienen la responsabilidad de construir un mundo que tenga sensibilidad hacia los edificios de consumo responsable, nulo o incluso de edificios activos, es decir los que generan más energía de la que consumen.

Tomando como base el diseño arquitectónico óptimo de los edificios, aprovechando los recursos y las condiciones climáticas y el buen uso del edificio por parte del usuario, es posible reducir el impacto ambiental de una manera notable e incluso alcanzar edificios de consumo nulo y de balance positivo.

*Figura 1 | Vivienda Energy Zero | Stijn Bollaert | Lokeren, Bélgica.*



El ahorro energético no es el fin, es el medio para conseguir una arquitectura comprometida con su impacto medioambiental.

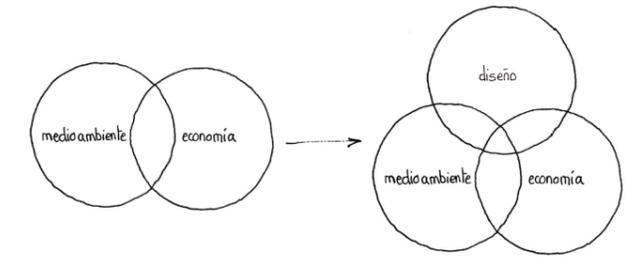
Desde hace décadas arquitectos como Norman Foster, Renzo Piano o Glenn Murcutt, ya se empezaron a preocupar por el tema medioambiental y comenzaron a estudiar y desarrollar posibles soluciones en sus propios proyectos. Renzo Piano en el premio Pritzker de 1998 destaca que *“La sostenibilidad se preocupa por el futuro, tratando de asegurar el mantenimiento de materias primas, riquezas y energías del planeta. Desde que comencé a preocuparme por la luz y la energía, mis trabajos han evolucionado, el sentido ecológico y sostenible de mis edificios se ha desarrollado. No solo he cambiado yo, lo ha hecho la industria, los políticos y la gente. La sostenibilidad es tan necesaria como peligrosa porque afecta tanto al planeta como a la economía.”*<sup>1</sup>

La creciente sensibilidad social con respecto al medioambiente y el entorno, han propiciado una lectura crítica de la arquitectura en la que estos aspectos han tomado tal importancia que en algunos casos se ha olvidado el valor del diseño y se ha llegado a justificar una baja calidad arquitectónica. A consecuencia de esto, el planteamiento de la arquitectura medioambiental perjudicó la imagen de esta arquitectura porque solo tenía en cuenta los factores ecológicos, llegando a proyectar obras antiestéticas y mucho más costosas. Como consecuencia de

<sup>1</sup> Renzo Piano Comunicado de Prensa | Premio Pritzker de Arquitectura | 1998

<sup>2</sup> Ignacio Bosh Reig | Arquitectura y sostenibilidad II | 2006

esto, en la arquitectura actual surge un equilibrio entre estos factores: diseño, medioambiente y economía.



Como sugirió Ignacio Bosh Reig, antiguo director de la ETSAV *“La tecnología puede presentarse como punto de partida de la arquitectura y como medio para actualizar el proyecto y hacerlo más sostenible.”*<sup>2</sup>

Este tipo de arquitectura surgió y se desarrolló en Alemania, actualmente está en pleno auge y en desarrollo rotundo por todo el mundo. Conforme pasa el tiempo, la toma de conciencia que surgió hace ya varios años, se está convirtiendo en un factor igual de importante como la funcionalidad o el diseño. Los edificios de consumo casi nulo y los edificios autónomos cada vez son viables económicamente, y por ello se están empezando a abrir un hueco en los programas de las promotoras y constructoras formando parte del mercado cada vez mayor.

Asimismo, la sostenibilidad en el ámbito de la vida comunitaria se está abriendo camino. La ciudad también se empieza a sensibilizar en el tema ecológico, en las relaciones con los servicios básicos, tratando de optimizar los recursos y buscando el impacto ambiental mínimo.

Figura 2 | TVZEB Zero Energy Building | Francesco Castagna | Vicenza, Italia.

Figura 3 | Esquema gráfico circular de criterios de la arquitectura actual.



Cambiar la mentalidad de una sociedad es algo lento, ya que conlleva un cambio en la educación y en la forma de hacer las cosas, pero cada pequeña iniciativa impregna las nuevas generaciones de esa nueva mentalidad. Pese a que muchos proyectos todavía se reducen solo a la cuestión ecológica, cada vez hay más que conciben la arquitectura medioambiental como un proceso global, que debe plantearse como una arquitectura que profundiza en la relación con el ciclo de vida natural, del sol, la lluvia, el viento, la tierra, el agua, etc. Una arquitectura que genere una conexión entre los materiales, la adecuación energética; analizando cada caso y cada proyecto como un tema atractivo y sugerente creando así, una arquitectura de calidad, eficiente y sexy.

Según Ignacio Bosh Reig, nuevamente en el libro *Arquitectura y Sostenibilidad II*, *"Hay que apoyar las iniciativas que vinculan la arquitectura con el trabajo minucioso en la elección de materiales, el establecimiento de los diseños de unión entre ellos, el conocimiento del proceso de producción industrial y de su transformación, apostando por la modernidad, haciendo que la idea de sostenibilidad se convierte en un reto, en un continuo proceso de innovación. Para ello, cabe pensar en el establecimiento de un compromiso entre el "arte de construir" y el "arte de proyectar" de forma que se plantee un equilibrio entre los diferentes componentes de la arquitectura, la cultura en la que se desarrolla y la sociedad a la que sirve."*<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ignacio Bosh Reig | *Arquitectura y sostenibilidad II* | 2006

## OBJETIVOS DEL TRABAJO

Contextualizar la situación actual del medio ambiente y la responsabilidad ética y moral de los arquitectos.

Identificar las características de los edificios NZEB y su arquitectura.

Estudio, análisis y comparación de la arquitectura NZEB en distintos países europeos.

Establecer las conclusiones por las que la arquitectura NZEB es sexy.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolla en dos partes con el fin de responder a la pregunta: ¿Qué hace sexy a la arquitectura NZEB?

En la primera parte, se realiza una investigación sobre los problemas medioambientales y como los arquitectos contribuyen a su desarrollo o solución. Después, haciendo un barrido por Europa, para contar con climas diferentes; se selecciona cuatro viviendas aparentemente atractivas para su posterior estudio y análisis, utilizando bocetos, esquemas e imágenes para su mejor comprensión. En la segunda parte, se extraen las estrategias de diseño que han utilizado los arquitectos para conseguir viviendas NZEB, mediante el recurso visual de la iconografía, asociando un icono a cada estrategia para poder comparar las viviendas y responder la pregunta antes mencionada.

Figura 4 | Haus B | Brígida González | Stuttgart, Alemania.

# LA ARQUITECTURA DE LOS EDIFICIOS NZEB

## LA NUEVA REVOLUCIÓN DE LA ARQUITECTURA

La arquitectura se desarrolla, evoluciona y se adapta conforme avanza el mundo. El papel del arquitecto toma un rol muy importante para llevar a cabo esos cambios. La profesión debe hacer un uso correcto de las nuevas herramientas y conocimientos para lograr ese nuevo objetivo, ser parte de la solución y no del problema al que se enfrenta el mundo actualmente, hay que demostrar lo que la arquitectura es capaz de lograr.

La arquitectura contemporánea está repleta de una complejidad artificial, dando lugar a edificios con geometrías irracionales y arbitrarias que carecen de fundamento teórico, desperdician los recursos y dañan el medio ambiente. Por eso, es tan importante trasladar a la arquitectura todos los conocimientos e investigaciones actuales pudiendo así realizar una arquitectura amigable con el planeta sin renunciar a un diseño atractivo.

*“Muévase Le Corbusier, ha llegado la nueva revolución de la arquitectura.”<sup>4</sup> Architect magazine 2017*

Este nuevo concepto ha venido para quedarse, trabajando desde del diseño, la forma, la función y la eficiencia energética. En los últimos años, el sector de la construcción se ha vuelto mucho más eficiente energéticamente pero sigue yendo demasiado lento para la situación tan

precaria en la que se encuentra el mundo en la actualidad.

Es por ello que están surgiendo estas nuevas tipologías de edificios, en los que se unen la eficiencia energética y las energías renovables.

Estas tipologías corresponden al nombre de edificios NZEB o ZEB, cuyas siglas que provienen del inglés significan Nearly Zero Energy Buildings o Zero Net Energy Buildings, que puede traducirse como edificios de consumo de energía casi nulo.

En el siglo XIX, el ejercicio de la arquitectura se basaba en protegerse completamente del exterior, utilizando los pocos recursos fósiles de los que podía abastecerse y generando unas formas muy básicas y poco atractivas. Sin embargo, en el siglo XX con el avance de la tecnología y las necesidades de la sociedad, se implementaron nuevos recursos a las viviendas que mejoraban la vida de las personas. El problema era la forma de conseguir esos recursos, tan poco respetables con el medio generando así, los problemas a los que hay que enfrentarse hoy en día. Actualmente, se han corregido esos errores y han surgido soluciones, que con el avance de las nuevas tecnologías y el aprendizaje, se ha conseguido llegar a una arquitectura atractiva, con un diseño muy estudiado y ser lo más eficiente posible.

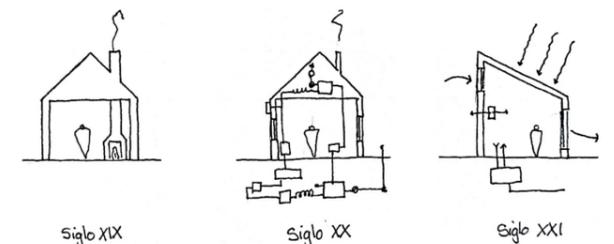


Figura 5 | Primera casa activa en Rusia | Alexander Leonov | Moscú, Rusia.

Figura 6 | Evolución de la arquitectura sostenible.

<sup>4</sup> Architect magazine | La arquitectura es un antídoto | 2017

## PARAMETRIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS NZEB

La Unión Europea podría alcanzar fácilmente sus objetivos de descarbonizar los edificios al mejorar su eficiencia energética. Por ello, la Directiva sobre rendimiento energético de los edificios, exige que todos los edificios nuevos sean NZEB (Near Zero Energy Building) desde finales de 2020.

Según la Comisión Europea, los edificios de consumo energético casi nulo se caracterizan porque tienen un rendimiento energético muy alto, y que la poca energía necesaria para estos edificios proviene de fuentes de energía renovables, como pueden ser la energía solar o la energía eólica.

Para lograr que un edificio sea de consumo casi nulo, nulo o de balance positivo hay que considerar varios aspectos fundamentales que garanticen una buena eficiencia energética, desde la fase de diseño hasta que la vida útil del edificio llega a su fin.

Entre las estrategias de dicha arquitectura destacan en primer lugar, la realización de un buen diseño arquitectónico, como la optimización de las formas arquitectónicas, considerándose las condiciones climáticas de su ubicación, como la orientación, luz solar, sombras, viento, lluvia etc.

y los recursos que dispone el lugar, como la topografía, vegetación, etc. Para así requerir menos energía para calentar, enfriar e iluminar.

En segundo lugar, la importancia de una buena envolvente del edificio que garantice el aprovechamiento de la energía solar pasiva y la inercia de los materiales. Un buen aislamiento puede reducir el consumo de energía en un 60%.

En tercer lugar, el uso de unas instalaciones eficientes y optimizadas, que permitan un buen confort higrotérmico a partir de la incorporación de las energías renovables, como la energía solar, geotérmica o la eólica.

En cuarto lugar, una buena calidad constructiva que de lugar al mejor resultado posible del edificio, y la importancia de la utilización de materiales naturales, reciclados o reciclables para que se lleve a cabo la continuación del ciclo de vida natural, como por ejemplo la madera, de este modo se asegura la máxima eficiencia energética posible.

La construcción sostenible no es una moda ni un capricho pasajero, supone una nueva mentalidad y un nuevo modo de construir y organizar que nunca antes se había planteado y cuando algo es tan novedoso y tan diferente a lo que había, en muchas ocasiones crea rechazo hasta que se demuestra su viabilidad y rentabilidad a corto y largo plazo.

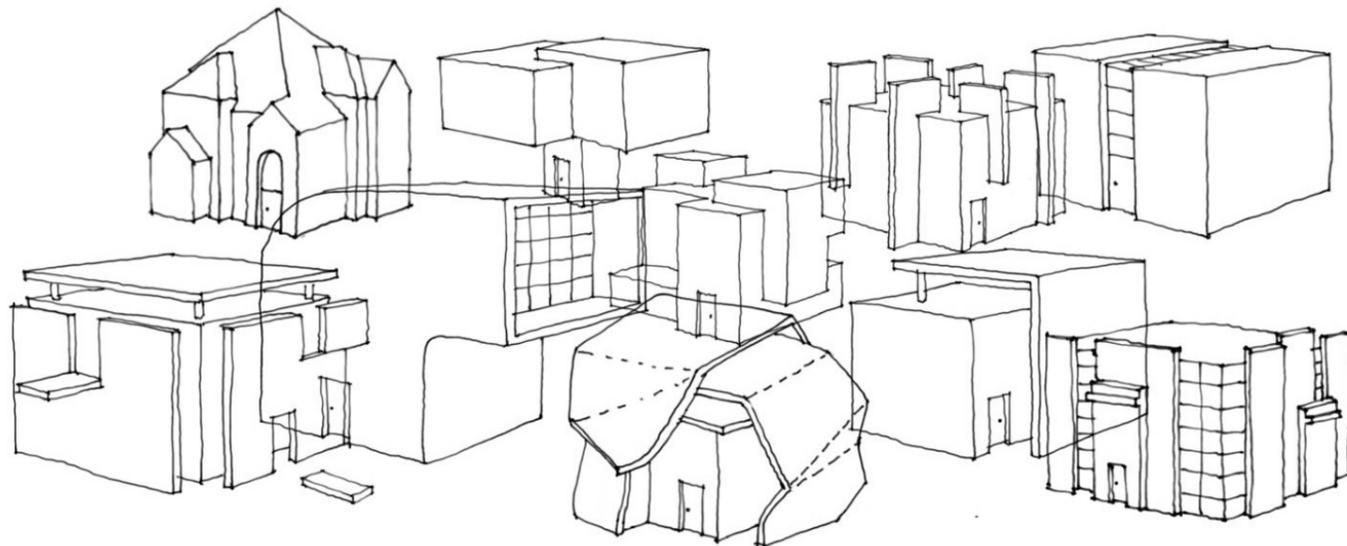


Figura 7 | Complejidad artificial | Michael Huston.



Por último, la instalación de sistemas inteligentes como la domótica, para la optimización y rentabilidad de los recursos cuando el edificio entre en servicio, como la automatización y monitorización, control de todas las instalaciones, detectores de presencia, temperatura o humedad, acceso remoto, etc.

Con el cumplimiento de estos criterios básicos a la hora de diseñar, construir y utilizar el edificio, queda garantizado que el edificio sea NZEB.

Cabe destacar que la creación de un estándar es muy importante cuando surge un concepto nuevo, ya que éste asegura su cumplimiento, crea unos pasos a seguir para llegar a ese objetivo. Es por ello que aparecen ciertas certificaciones oficiales que ayudan a conseguir y verificar los objetivos de los edificios NZEB, como son los certificados de Passivhaus, BREEAM, LEED o WELL.

Hoy día tras el deterioro del medioambiente y el enrarecimiento de los recursos que nos ofrece el planeta, es de suma importancia adoptar una actitud sensible con la naturaleza, ya que de nada sirve conseguir un edificio de consumo nulo pero que para llevarlo a cabo se haya destruido parte del paisaje y naturaleza donde se va a llevar a cabo. Es necesario saber como utilizar los recursos disponibles y ser coherentes con los valores de diseño y sostenibilidad, ya que la arquitectura del paisaje forma parte del edificio y de su interacción con él.

<sup>5</sup> Renzo Piano | Comunicado de prensa | Premio Pritzker de Arquitectura | 1998

El edificio establece una relación con la naturaleza, convirtiéndolo en un elemento más, como puede ser la topografía, el clima o la vegetación, haciendo que se integre y no creando un límite entre ambos. Al fin y al cabo, actualmente la arquitectura y el medioambiente son dos conceptos inseparables.

Como dijo Renzo Piano en el premio Pritzker en 1998, *“El vínculo entre naturaleza y construcción debe de ser tan estrecho que ambos deberán transpirar conjuntamente los mismo olores, respirar el mismo aire, ser un solo y único espacio semiconstruido.”*<sup>5</sup>

## CASOS DE ESTUDIO

La vivienda unifamiliar aislada ha sido siempre el escenario ideal en el que el arquitecto goza de ciertas libertades en el proceso de ideación y diseño. Al poseer dicha libertad creativa, el diseño no está tan condicionado por unas formas, materiales y acabados ya estipulados.

Es por ello, que en el presente trabajo se va a proceder a realizar un análisis en profundidad de la arquitectura de cuatro viviendas NZEB europeas, para así poder realizar una posterior comparación, centrandolo en los criterios de diseño arquitectónico.

Figura 8 | Berkshire Residence | Rory Gardiner | Massachusetts, USA.



## ZEB Pilot House

Este proyecto es un prototipo de vivienda unifamiliar de dos plantas ubicada en la ciudad de Larvik, Noruega. Construida en el año 2014 por el estudio de arquitectura y diseño Snøhetta con la colaboración del organismo de investigación SINTEF, el socio de Zero Emission Building (ZEB) Brødrene Dahl y Optimera.



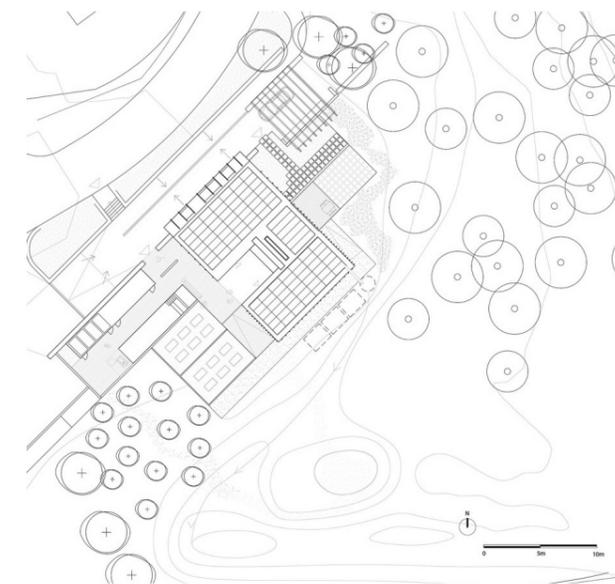
Dada la grave situación del cambio climático y la contribución tan negativa que realiza el sector de la construcción, se realizó una vivienda ZEB (Zero Emission Building) cuya finalidad fue crear una plataforma de aprendizaje que hiciera más sencilla la metodología y construcción de viviendas con soluciones sostenibles integradas.

Larvik es una ciudad situada al sur de Noruega, a 47 metros sobre el nivel del mar. Es una ciudad con los inviernos muy largos y heladas de gran envergadura, además de estar nublado gran parte del tiempo,

por lo que las horas de sol varían extremadamente durante el año. Las temperaturas son bastante variables a lo largo del año, pero por lo general es una ciudad fría, tiene una temperatura media aproximadamente de 7,8 °C.

Teniendo en cuenta estas condiciones climáticas, es muy importante una orientación favorable de la vivienda en la fase de diseño para así optimizar y rentabilizar al máximo la energía solar.

La vivienda y el jardín tienen una orientación hacia el suroeste, la cual contribuye a una buena captación de la luz del día, vistas al exterior, y el contacto con el paisaje exterior.

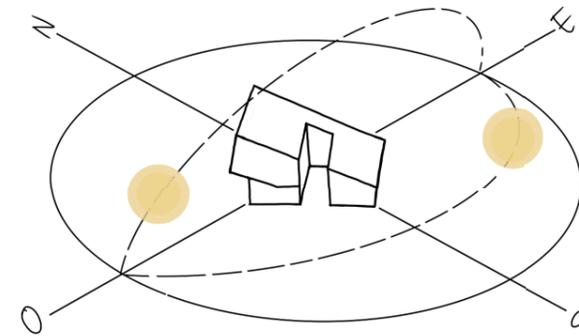


Esta orientación hacia el suroeste está cuidadosamente medida para favorecer la relación con el sol, tanto en verano como en invierno, creando de esta manera el diseño de la volumetría de la casa.

Figura 9 | ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega.

Figura 10 | Mapa mudo Europa.

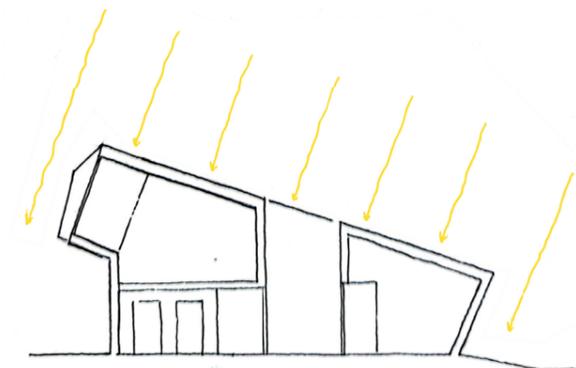
Figura 11 | Plano de situación ZEB Pilot House | Snøhetta.



Además de la orientación de la vivienda, otro factor que influye notablemente en las decisiones del diseño, son los recursos de los que dispone el lugar, es decir su topografía y vegetación.

La forma que tiene el terreno condiciona de manera importante el diseño de la vivienda.

En este caso, se contaba con un terreno muy uniforme y con una inclinación prácticamente nula en la zona donde quería proyectarse la vivienda, lo cual hizo muy sencillo el trabajo con el plano del suelo.



La vivienda cuenta con unos alrededores con muchos espacios de uso y disfrute durante el año, además incluye una vegetación que permite la producción de alimentos a la familia que reside en la casa.

Estos aspectos son los que condicionan mayoritariamente la volumetría de la casa, tanto el diseño exterior como el del interior.

En lo que al diseño exterior se refiere, la vivienda cuenta con una cubierta inclinada  $19^\circ$  desde el eje horizontal para favorecer la captación de energía solar, mediante los paneles solares fotovoltaicos y los paneles solares térmicos de los que está revestida, estos paneles transforman esa radiación en energía eléctrica o energía térmica para así abastecer la vivienda durante todo el año.

La fachada sureste también cuenta con la inclinación de  $19^\circ$ , en este caso desde el eje vertical, para así evitar la incidencia directa del sol más agresivo, además de estar revestida por un sistema exterior pasivo de protección solar.

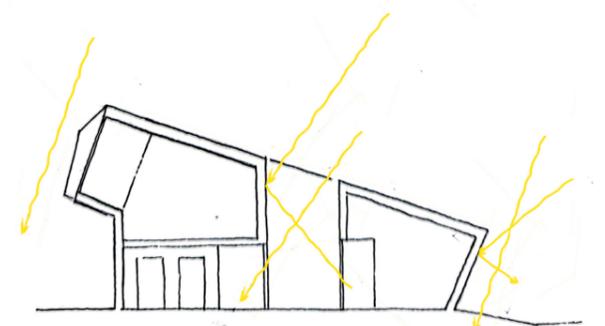
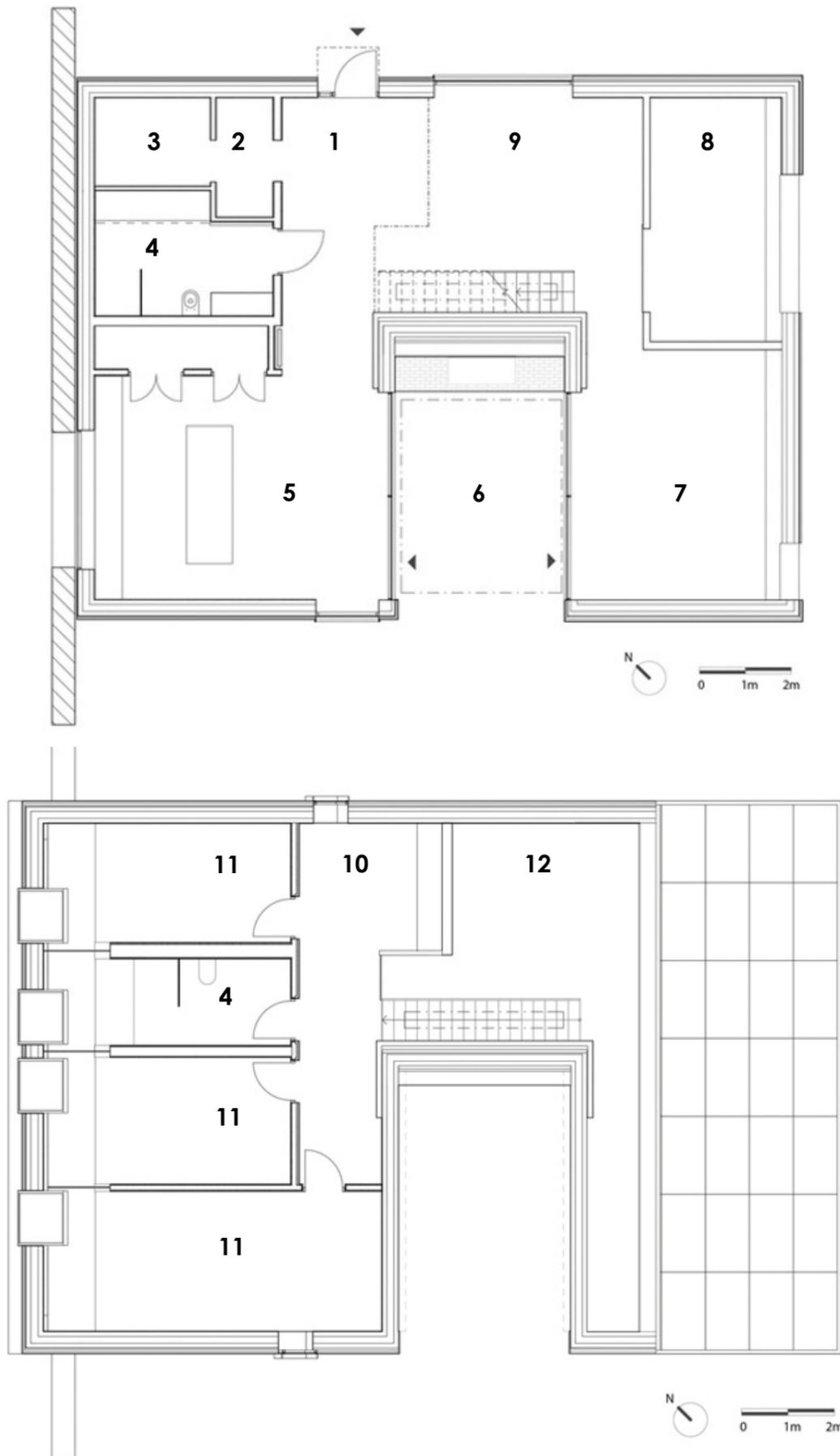


Figura 12 | ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega.

Figura 13 | Axonometría recorrido solar.

Figura 14 | Sección con la inclinación del sol.

Figura 15 | Sección sol incidente.



Las aberturas en las fachadas están meticulosamente diseñadas, calculadas y posicionadas de manera que se optimiza al máximo la luz del día. El diseño también considera el proceso de enfriamiento y calentamiento de las superficies de vidrio, además de contar con unas ventanas con una transmitancia térmica muy baja.

La fachada Noroeste tiene unas grandes aberturas, que cuentan con una protección solar colocada de modo muy inteligente, que impide el paso del sol directo al interior.

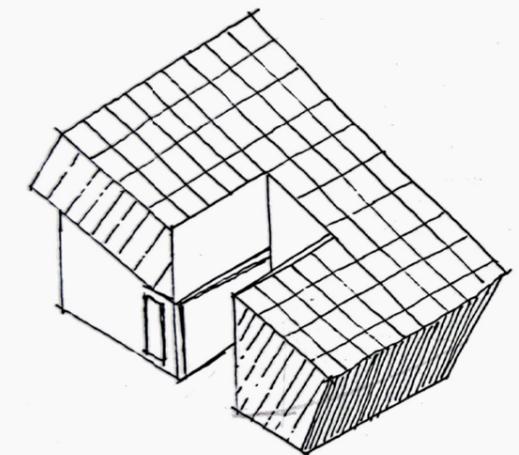
En el resto de fachadas las ventanas se colocan fuera del alcance del sol. De este modo son capaces de captar la luz pero se protegen del sol incidente.

La vivienda esta organizada en dos plantas, aproximadamente 200m<sup>2</sup>. Separando las plantas en zona de día en la planta baja y zona de noche en la primera planta.

En planta baja encontramos el salón, el comedor con cocina abierta y las habitaciones de servicio como el baño, la oficina, habitación multimedia etc. La oficina y el salón cuentan con una doble altura donde se encuentra la escalera que accede a la planta de arriba, esta doble altura cuenta con unos lucernarios que dotan de gran iluminación a las estancias.

La vivienda en planta constituye un rectángulo y en él aparece un patio descubierto entre el salón y el comedor, generando una estancia al aire libre protegida y que favorece la relación interior-exterior de la vivienda, ya que se abre completamente permitiendo su uso desde primavera hasta otoño.

En la planta de arriba se encuentra un baño y las tres habitaciones que están interconectadas entre ellas mediante una superficie de vidrio en altura, lo que permite el paso de luz entre ellas pero que mantiene la privacidad.



LEYENDA DE USOS

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1. Recibidor       | 7. Salón           |
| 2. Armario         | 8. Oficina         |
| 3. Almacén         | 9. Sala multimedia |
| 4. Baño            | 10. Distribuidor   |
| 5. Comedor- cocina | 11. Dormitorio     |
| 6. Patio           | 12. Doble altura   |

Figura 16 | Plantas distribución ZEB Pilot House I Snøhetta.

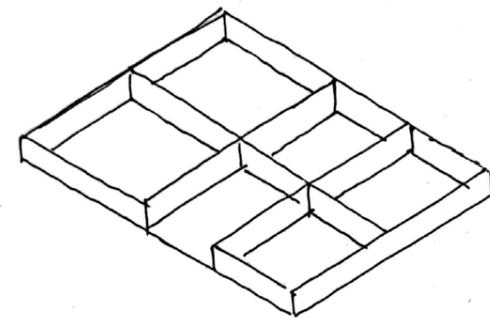
Figura 17 | Axonometría.



Los materiales empleados tanto en el interior como en el exterior establecen la calidad de la vivienda, una buena envolvente térmica es un factor determinante en una vivienda NZEB.

Los materiales de construcción utilizados son la madera de noruega, para la estructura portante; hormigón de bajo contenido en carbono para la cimentación, que se realizó en tiras para minimizar el uso del hormigón, ya que una característica fundamental de la arquitectura NZEB es la construcción sostenible y por tanto había que utilizar la cantidad mínima posible de hormigón.

Una de las mayores ventajas de la realización de una estructura de madera, es la rapidez en la que se construye la vivienda, ya que es un montaje en seco.



La elección de los materiales de la envolvente exterior han sido elegidos para contribuir a la conservación de la temperatura en el interior, el bajo impacto ambiental y el aspecto estético.

Existen dos materiales principales en las fachadas de la vivienda, ambos perfectamente aislados con lana de vidrio. El primer revestimiento exterior está compuesto por paneles de madera de abeto reciclada de color gris, colocados verticalmente. En los paneles se incluyen unos huecos en los laterales largos que permiten que vayan encajando unos con otros.

El segundo revestimiento también está compuesto por paneles de madera de abeto, pero pintados en negro y orientados con la inclinación de la cubierta. Estos paneles cuentan con unos salientes entre ellos que proyectan sombras en la misma fachada.

El uso tan acertado de ambos materiales en las diferentes zonas aporta una apariencia estética y moderna a la fachada.

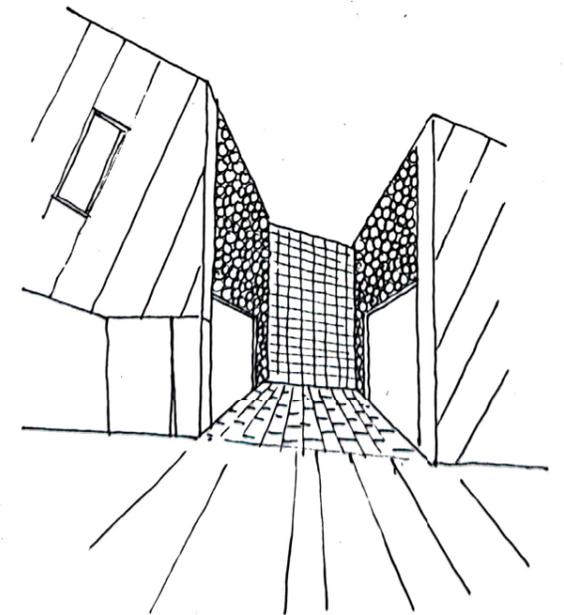


Figura 18 | ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega.

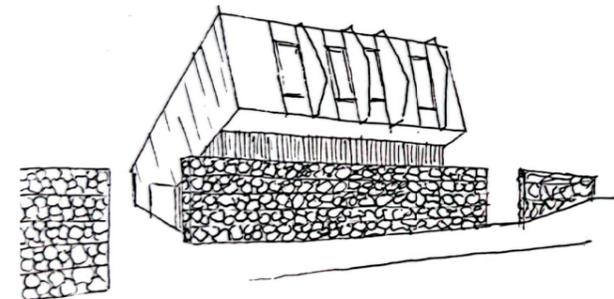
Figura 19 | Cimentación a tiras.

Figura 20 | Definición material exterior.



La zona del patio descubierta consta de tres paredes, la primera es una pared de ladrillos reutilizados que da a la escalera del interior de la vivienda, se decidió utilizar ladrillos para añadir masa térmica. Los ladrillos reutilizados minimizan las emisiones de CO2 en comparación con el uso de ladrillos nuevos. Las otras dos paredes están compuestas por pilas de maderas, el pavimento de esa zona también es del mismo ladrillo reutilizado, lo que da a esta zona un efecto de masa térmica que ayuda a regular la temperatura interior. El resto de suelo de la terraza es de madera.

La parcela de la vivienda esta delimitada en uno de sus lados por pilas de piedra.

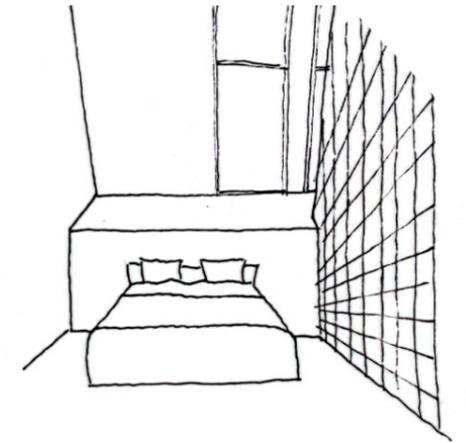


El interior de la vivienda cuenta con suelos de madera de roble, creando una combinación perfecta con el suelo radiante. El techo de la planta baja es de madera de abeto con unas grandes cualidades acústicas y estéticas. El techo inclinado de la planta alta cuenta con paneles acústicos.

Hay varios revestimientos en las particiones interiores, el primero es placa de yeso con aislamiento térmico, también hay varias paredes con madera contrachapada de abedul.

En la planta baja está la pared de ladrillos reutilizados que da al patio, atraviesa las dos plantas y está situada junto a la escalera.

En la segunda planta, se utilizó madera de álamo sin tratar como parte del revestimiento de las paredes. El álamo puede almacenar la humedad y estabilizarla.



Los materiales del interior de la vivienda han sido cuidadosamente elegidos para garantizar confort térmico, una buena calidad del aire y un buen acabado estético.

Gracias a una iluminación adecuada, el color de los materiales y la selección del mobiliario, se crea un ambiente cálido y acogedor, lo que dota a la vivienda de una sensación de bienestar a quienes están en ella.

Figura 21 | ZEB Pilot House | EVE | Larvik, Noruega.

Figura 22 | Muros de pilas de piedra reutilizada.

Figura 23 | Partición de madera de álamo.

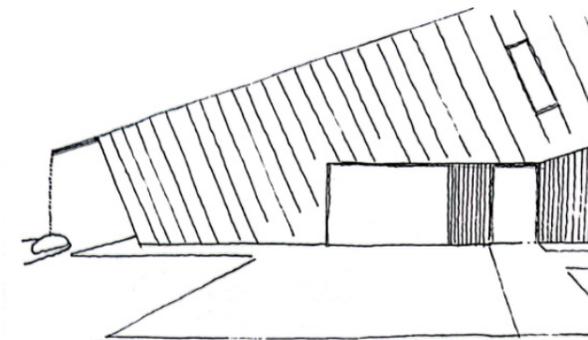


Además de todos los criterios de diseño anteriormente expuestos, para lograr una vivienda NZEB también hay que considerar las instalaciones de la vivienda y una construcción eficiente.

Por un lado, en lo que a las instalaciones se refiere, el proyecto se basa en la utilización de energías renovables, condición indispensable para que una vivienda sea categorizada como NZEB.

En primer lugar, la generación de energía se basa en paneles solares fotovoltaicos montados en el tejado para generación de electricidad. La vivienda cuenta con un sistema de calefacción por suelo radiante a base de agua, conectado a una bomba de calor geotérmica y los paneles solares térmicos.

Este sistema también sirve para calentar el agua de lluvia que se recoge por medio de un dispositivo exterior para abastecer toda la vivienda.



También se instalaron sistemas de recuperación de calor de las aguas grises. La luz y el aire están controlados automáticamente según la necesidad en cada momento.

El sistema de ventilación es un sistema mecánico equilibrado con flujos de aire constantes, conectado al intercambiador de calor y a la bomba. Esta bomba puede suministrar calefacción o refrigeración según la necesidad. Además, todas las habitaciones principales cuentan con al menos una ventana practicable al exterior, lo que permite una ventilación natural si se desea.

El edificio está diseñado para aprovechar todo lo posible la luz natural y no desperdiciar energía, además de contar con un sistema de iluminación de bajo consumo.

Por otro lado, cabe destacar la preocupación de un sistema de construcción sostenible, minimizando al máximo los residuos, la utilización de materiales reciclados, como la madera y los ladrillos de las fachadas, así como el uso de hormigón con baja emisividad.

En este tipo de proyectos en los que la sostenibilidad es una prioridad, la fase de diseño es especialmente importante para optimizar al máximo los recursos y el tiempo en el periodo de construcción.

El proyecto contaba con un equipo interdisciplinar desde el principio, que facilitó todas las fases de diseño y construcción.

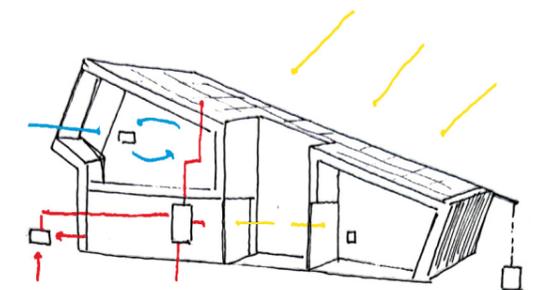


Figura 24 | ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega.

Figura 25 | Sistema de recogida de lluvia.

Figura 26 | Esquema de las instalaciones.



El concepto de la vivienda se basa tanto en las cuestiones de confort, la calidad del aire interior, la iluminación natural como en el rendimiento medioambiental.

Para todos los participantes en el diseño de ZEB Pilot House, era muy importante ofrecer una alta calidad de vida, la sensación de bienestar generada por unos espacios perfectamente diseñados, tanto en el interior como en el exterior. Es por eso que se enfatizó tanto en la selección de los materiales para crear esa atmósfera de vida en una cabaña, pero en una de las viviendas más avanzadas que existían en ese momento.

La vivienda fue una gran reto para la arquitectura, ya que contaba con grandes ambiciones medioambientales que condicionaron por completo el proceso de diseño. Gracias a esto, aparecieron nuevas herramientas de trabajo y múltiples disciplinas que se unieron para lograr el mejor diseño arquitectónico posible.

Al finalizar la obra, todos los participantes se mostraron muy satisfechos con los resultados del diseño arquitectónico, en especial con la experiencia espacial dentro de la casa.

Para su diseño, la simulación y el cálculo de la ZEB Pilot House se utilizaron los programas BIM, Simien y Rhinoceros, que permitieron un meticuloso diseño de la vivienda. Pese a eso, la vivienda fue un proyecto de aprendizaje, muchos detalles del diseño se realizaron durante el proceso de construcción, aunque la fase de diseño

fuese muy exhaustiva y cuidada, por eso fue de suma importancia contar con un equipo interdisciplinar.

Gracias al buen diseño arquitectónico, las instalaciones de energía renovables y la construcción eficiente, se genera una vivienda sin emisiones de CO<sub>2</sub>, completamente sostenible y preparada para abastecerse de energía durante todo el año.

La arquitectura y la tecnología siempre han ido de la mano, pero ahora más que nunca deben unirse de tal modo que se optimice la comodidad y el uso de la energía.

ZEB Pilot House fue un proyecto de investigación en el diseño y la construcción de viviendas NZEB.

Esta vivienda fue uno de los primeros pasos hacia las viviendas productivas energéticamente, dando pie a la creación de proyectos de más envergadura con estas características, una buena arquitectura con una eficiencia energética prácticamente inmejorable.

A raíz de este proyecto piloto fue surgiendo atracción e interés hacia las viviendas de consumo nulo, esto dio lugar a una nueva arquitectura, una arquitectura con una base de diseño muy estudiada y organizada, para así conseguir una solución óptima y con unas ambiciones de eficiencia energética muy altas, que no solo abasteciera la propia vivienda, si no que pudiera abastecer otras edificaciones con la energía sobrante.

Figura 27 | ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega.



## HOME FOR LIFE

El proyecto Home for Life está situado en Lystrup, Dinamarca. Diseñada por el estudio AART Architects y construida en el año 2009. Esta vivienda ha sido catalogada como la primera casa activa del mundo, por tanto además de ser una vivienda NZEB es una vivienda que genera más energía de la que consume.

Dado que los edificios generan un gran porcentaje de las emisiones de carbono mundial, AART Architects tenía como objetivo crear un edificio neutro en carbono que se beneficiara de la energía solar, tanto de forma activa como de forma pasiva.



Lystrup es una localidad situada en el municipio de Aarhus, Dinamarca; a 48 metros sobre el nivel del mar. En Lystrup los inviernos son largos y muy fríos, normalmente la mayor parte del tiempo está nublado y con fuertes vientos. En cambio, los veranos son bastante cómodos,

la temperatura no suele sobrepasar de los 26°C ni bajar más de -9°C. Lystrup tiene la típica temperatura de una ciudad centro europea. Es por ello que la arquitectura europea tiene bastantes similitudes en cuanto al diseño se refiere.

La orientación de la vivienda no es caprichosa ni aleatoria, está orientada de tal forma que se aproveche al máximo la energía solar y la luz del natural.

La estancias con mayores aberturas están orientadas a Sur, lo que facilita la captación de luz y calor. El área de ventanas representan más del 40% de la superficie de la vivienda, lo que la convierte en una vivienda permeable a la luz pero con la tecnología de un vidrio que ahorra energía. Además, esta orientación está pensada para que la vivienda genere una sensación de conexión con el exterior pero a su vez brinde de privacidad cuando esta sea requerida por los usuarios.



Figura 28 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.

Figura 29 | Mapa mudo Europa.

Figura 30 | Plano de situación Home for life | Aart architects.

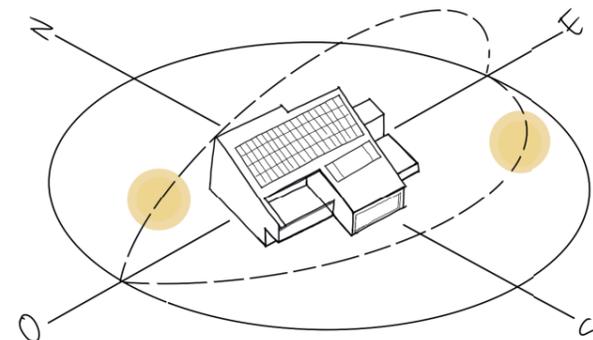


Este proyecto es cuenta con una volumetría muy peculiar y estudiada, cada forma, cada inclinación tiene su razón de ser, para así poder lograr el objetivo de ser una vivienda sin emisiones de CO<sub>2</sub> utilizando fuentes de energía renovable, en definitiva una vivienda nzeb con un diseño atractivo.

En primer lugar, lo que más llama la atención volumetricamente hablando es la inclinación de la cubierta. Dicha inclinación se calculó para que pudiera adaptarse perfectamente a la exposición óptima de los paneles solares.

La cubierta tiene unos 7m<sup>2</sup> de placas térmicas solares y 50m<sup>2</sup> de paneles fotovoltaicos, lo que abarca gran parte de la superficie de la cubierta.

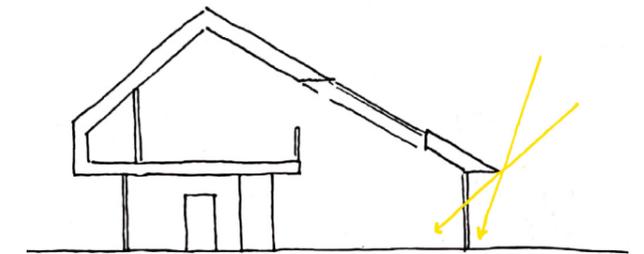
Gracias a esa gran cantidad de placas y paneles es posible abastecer a la vivienda y además se exceden 9Kwh/m<sup>2</sup> al año, esto hace que además de ser una vivienda NZEB, sin emisiones, sea una vivienda que genera energía de más convirtiéndola así en una vivienda activa.



La otra parte de la cubierta también tiene una inclinación que evita completamente la entrada directa del sol por las ventanas de techo.

Las ventanas tienen un tamaño y una ubicación perfectamente calculadas en función de la posición solar, el clima de cada estación y por supuesto la optimización energética. A cada estancia le entra la luz natural desde al menos dos ángulos.

Asimismo, las aberturas que dan a Sur están retranqueadas respecto del eje de la fachada, para así evitar la incidencia directa del sol más agresivo en verano pero dejando pasar el sol en invierno.

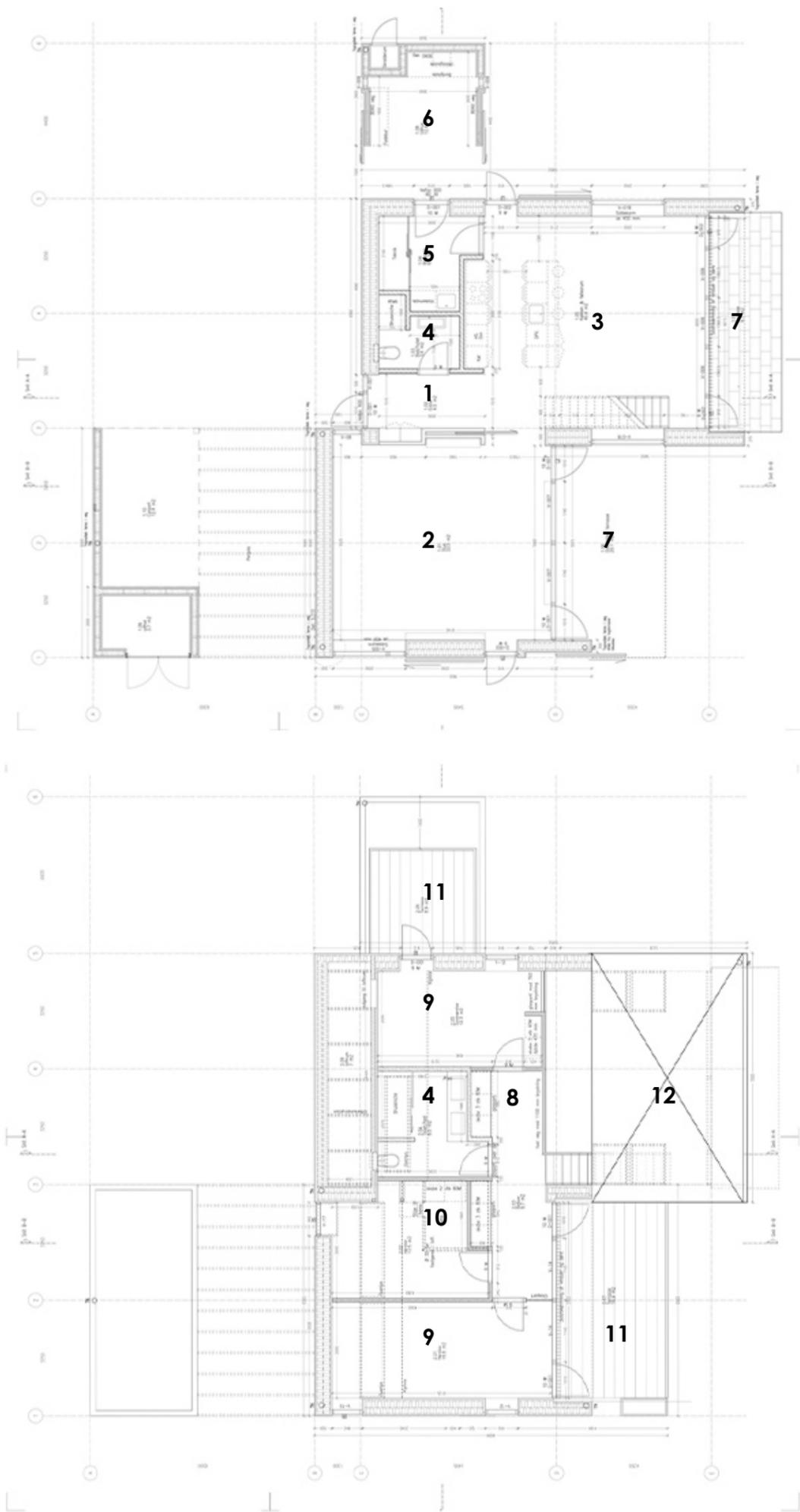


Una consecuencia buscada de la gran dimensión de las ventanas es que estas dejan entrar la naturaleza y fortalecen el vínculo con ella, generan un flujo óptimo de aire que crea una agradable sensación de bienestar dentro de cada estancia, e inundan cada habitación de luz natural durante la mayor horas de sol posible.

Figura 31 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.

Figura 32 | Axonometría recorrido solar.

Figura 33 | Esquema sol incidente.



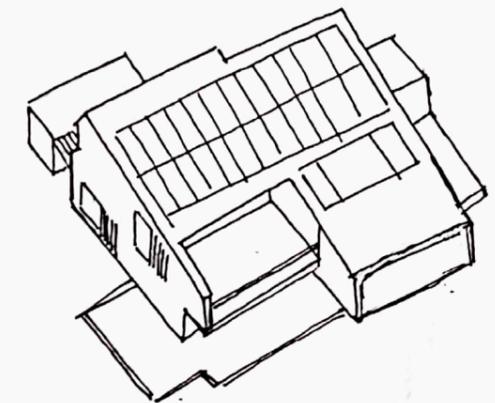
La vivienda cuenta con unos 190m<sup>2</sup> distribuidos en dos plantas. La distribución es muy sencilla, siguiendo el esquema típico de vivienda unifamiliar repartido en dos plantas, contando con la zona de día en la planta inferior y la zona de noche en la planta superior.

En primer lugar, en planta baja se ubica el salón y la cocina-comedor como estancia compartida, ambas cuentan con un porche que sirve de transición con el exterior, para que la vivienda se funda con la naturaleza además de beneficiarse de vistas al jardín y la luz natural. También cuenta con una zona húmeda compuesta por el baño, con entrada desde el recibidor y el lavadero, con entrada desde la cocina y la habitación auxiliar anexa a la vivienda. La zona del comedor goza de una doble altura que dota a toda la planta inferior de luz y ventilación, convirtiendo este espacio en una zona con una sensación de bienestar y calidad.

El acceso a la planta superior se realiza por la escalera situada en la zona del comedor. Lo primero que se encuentra es un pasillo distribuidor relativamente estrecho pero que al disponer de la doble altura se origina una sensación de amplitud. En esta planta se ubican las tres habitaciones con las que cuenta la vivienda y el baño, las habitaciones de los extremos se utilizan como dormitorios y la restante como sala de juegos de los niños. Ambos dormitorios gozan de una terraza cada uno completamente privadas, la terraza de la habitación de

los niños con acceso exclusivo desde la habitación y la terraza de la habitación principal con acceso desde la misma y desde el pasillo distribuidor.

En definitiva, la vivienda tiene un diseño muy simple y lógico, una conexión coherente entre las diferentes estancias generando unas circulaciones fáciles para los usuarios que residen en ella. Además, el diseño de la vivienda es muy ortogonal y está bien proporcionado y pese a que los espacios no estén completamente alineados, es una vivienda ordenada y pensada para que la arquitectura y el lugar esté optimizada al máximo, que es el objetivo fundamental que querían lograr los arquitectos y los usuarios.



LEYENDA DE USOS

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1. Recibidor           | 7. Porche        |
| 2. Salón               | 8. Distribuidor  |
| 3. Comedor-cocina      | 9. Dormitorio    |
| 4. Baño                | 10. Sala juegos  |
| 5. Lavadero            | 11. Terraza      |
| 6. Habitación auxiliar | 12. Doble altura |

Figura 34 | Plantas de distribución Home for Life | Aart Architects.

Figura 35 | Axonometría.



La elección de materiales esta cuidadosamente pensada tanto en el interior como en el exterior de la vivienda, estos materiales están elegidos en base a su calidad de diseño y bajo impacto medioambiental, ya que es una característica fundamental de la arquitectura NZEB.

La estructura de Home for Life está hecha de un entramado de madera en su totalidad sobre una losa continua de hormigón. En lo que a los materiales de la envolvente exterior se refiere podemos distinguir tres materiales.

En primer lugar, la pizarra natural que reviste tanto la cubierta como parte de la fachada. El revestimiento consiste en listones fijos de pizarra. Este material ha sido elegido por su gran durabilidad, su bajo impacto de Co2 y porque prácticamente no necesita mantenimiento. Además, el color de la pizarra ayuda a disimular las superficies oscuras de las placas solares, los paneles fotovoltaicos y las ventanas que se ubican en la cubierta inclinada, quedando completamente integrados en la ella.

El segundo material utilizado es un revestimiento de madera de lamas horizontales. La madera tienen unas grandes prestaciones aunque requieran de más mantenimiento que otros materiales la madera es una buena opción en viviendas de este tipo, además es un material abundante en la zona.

La calidez del revestimiento y el suelo de madera contrastan con la expresión industrial y fría de la pizarra.

Por último, cubriendo gran parte de la superficie de la fachada, concretamente un 40% como se ha mencionado anteriormente, encontramos el vidrio que cuenta con la última tecnología de eficiencia energética y ahorro. Todas las ventanas cuentan con este vidrio y con un pequeño porcentaje de marco metálico de color negro. Las ventanas en la planta inferior de las fachadas Este y Oeste, quedan completamente alineadas a la fachada, a diferencia de las de fachada Norte y Sur, que quedan retranqueadas generando una pequeña sombra en ellas. Por esta razón, fue necesario la colocación de unas protecciones solares, estas protecciones son lamas verticales correderas de madera en las ventanas para protegerlas de la incidencia directa del sol.

Una característica fundamental de la arquitectura NZEB es la utilización de materiales reciclados o reciclables, es por ello que se decidió utilizar un suelo compuesto por una baldosas de mosaicos hechos con vidrio reciclado tanto en el pavimento exterior como en parte del interior.

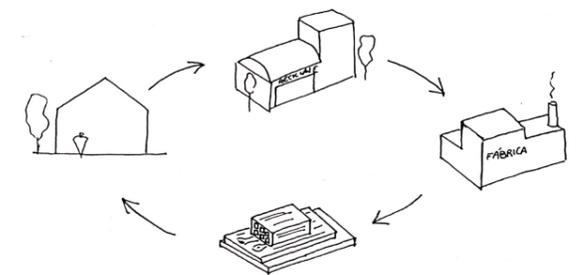


Figura 36 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.

Figura 37 | Esquema reciclaje de materiales.



Para la materialización del interior de la vivienda, siguiendo con la armonía de una distribución sencilla; se optaron por unos acabados sencillos que dotaran a la vivienda de luz, calidez y una sensación acogedora.

La utilización del color blanco tanto en los techos como gran parte de los paramentos verticales, aportan luz, elegancia y sencillez a las estancias. Para crear contraste en algunos puntos de la vivienda, como en la zona de la cocina, los tabiques se revistieron de lamas de madera horizontal que además, proporcionan a la vivienda calidez y una sensación de más proximidad a la naturaleza.

En todos los suelos de la planta inferior se utilizaron las mismas baldosas de vidrio reciclado que en el exterior, este tipo de pavimento oscuro hace que no refleje la luz del sol cuando su entrada es directa hacia la vivienda. En el único punto que se decidió utilizar otro tipo de pavimento fue en el comedor, que se optó por una pavimento de madera, el mismo pavimento que cubre toda la planta superior incluyendo las terrazas.

Todos los paramentos verticales de la planta superior están revestidos de yeso de color blanco y liso exactamente igual que en la planta inferior.

Cabe destacar que las ventanas cuentan con una doble materialidad, por el

exterior el marco es de color negro para fundirse con el color de la pizarra natural que reviste la fachada, pero por el interior la carpintería metálica es de color blanco para integrarse completamente con la materialidad clara que posee el interior de la vivienda.

La materialidad es un aspecto fundamental en la arquitectura, un espacio puede tener interés arquitectónico de muchas maneras, como puede ser su volumetría, la distribución, el mobiliario, etc. Pero sin duda un espacio sin una materialidad pensada y justificada pierde ese interés, ya que es esta la que dota a un espacio de una experiencia, esas sensaciones que percibe el usuario son las que generan la fusión de arquitectura y la escala humana. Simplemente por la materialidad se puede distinguir que tipo de arquitectura se está envolviendo, que tipo de sensación busca dar ese espacio.

En la vivienda Home for life, la materialidad juega un papel muy importante ya que una vivienda NZEB busca el consumo nulo de energía o en este caso en concreto la ganancia de la misma, pero nunca hay que olvidar el diseño, lo atractivo que tiene este tipo de arquitectura, el objetivo que tenían los arquitectos era buscar una vivienda completamente sostenible pero con un diseño y valor arquitectónico que generase una sensación máxima de bienestar a quienes fueran a residir en ella.

Figura 38 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.



Para que una vivienda cumpla las condiciones de la arquitectura NZEB, es necesario realizar unas estrategias para reducir todo lo posible la demanda energética. En este caso en concreto y como se ha comentado anteriormente, la vivienda está optimizada de tal forma que utiliza la mínima energía posible, y cuya energía utilizada ha sido generada por fuentes renovables.

El sol es un factor clave en la creación de un hogar sano y un consumo mínimo de energía. Por esta razón, la vivienda cubre por completo sus requisitos energéticos gracias a la recolecta de energía solar, convirtiéndola en electricidad y calor. Además de las placas solares y los paneles fotovoltaicos la casa dispone de una bomba de calor que ayuda a generar esa electricidad, agua caliente y calor necesarios para abastecer la vivienda.

Para el abastecimiento de agua se dispone de un sistema de recogida de agua de lluvia que sirve tanto para abastecer la vivienda, como si fuera necesario el riego por goteo de la vegetación.

Home for life cuenta con un sistema inteligente de domótica que programa y regula todas las funciones básicas de la vivienda.

En primer lugar, tiene una fachada inteligente, esta fachada activa regula la entrada de luz y calor y cambia según las estaciones y las necesidades, abriéndose para dejar entrar la luz y el calor o cerrándose para protegerse del sol y retener el calor por la noche.

Además, la tecnología de la que están dotadas las ventanas hace que incluso en días de poco sol sirvan como fuente de calor, ya que más de la mitad de los requisitos de calefacción de la vivienda proviene del calor solar pasivo de los vidrios. Las ventanas disponen de apertura inteligente, lo que permite la ventilación natural controlada, de este modo entra la cantidad de aire necesario en cada momento, de forma autónoma o permitiendo a los usuarios su programación según sus preferencias. Este control inteligente también regula las protecciones solares exteriores y las de cubierta.

En los meses más cálidos, la ventilación natural sustituye al sistema mecánico, reduciendo así el consumo energético. En cambio, durante los meses de invierno el aire es conducido al interior mecánicamente con recuperación de calor para que este aire se caliente sin usar energía extra. La ventilación inteligente está programada para adaptarse en cada habitación y en cada época del año según las necesidades a cubrir. La circulación del aire comienza en las estancias de mayor uso como son los dormitorios y la sala de estar y se extrae por las habitaciones de servicio, es decir la cocina, baños y el lavadero; de esta forma se garantiza un flujo de aire limpio constante.

La vivienda también cuenta con sensores de calor, humedad y CO<sub>2</sub> en cada habitación, según estos datos y los recogidos del exterior, el sistema inteligente mantiene en el interior una temperatura y sensación cómoda y adecuada a los usuarios.

Figura 39 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.



El proyecto Home for life fue muy ambicioso desde la fase de ideación. El objeto del proyecto fue la reinterpretación de una casa típica danesa con cubierta a dos aguas, pero que fuera completamente neutra en emisiones de carbono.

Las expectativas eran muy altas en cuanto a la fusión de diseño y sostenibilidad, se buscaba una estética concreta además de que fuera sostenible. La vivienda no se planteó únicamente como una vivienda pasiva y autosuficiente, se quiso ir más allá y generar una vivienda activa con un excedente de energía renovable para así, devolver a la naturaleza la energía que fue utilizada durante la fase constructiva, ya que el proceso de construcción de una vivienda tiene un impacto muy significativo en el medioambiente.

Gracias a ese excedente de energía, en aproximadamente 40 años la casa habrá devuelto a la naturaleza lo que consumió y desde ese momento en adelante estará contribuyendo en ella.

El diseño de la arquitectura NZEB siempre viene condicionado por varios factores ya comentados anteriormente, como son la orientación, el lugar, el clima, etc. Pero para los arquitectos es un punto fundamental en el desarrollo de cualquier tipo de arquitectura, por esta razón es tan importante contar con un equipo interdisciplinar en el que cada especialista del equipo este sensibilizado con el objetivo del proyecto.

Para el diseño y cálculo de Home for life se utilizaron los programas AutoCAD, Revit y Daylight Visualizer.

Los proyectos de AART Architects se caracterizan por una fuerte conciencia ambiental y social. Es por ello, que cada detalle esta perfectamente estudiado para llevar a cabo la mejor solución posible, centrándose en sus valores como arquitectos. El propio arquitecto en su página web AART Architects destaca que *"La arquitectura duradera surge de una comprensión profunda de las cualidades únicas del sitio específico, el contexto cultural y la visión del cliente. Por eso estudiamos las posibilidades estéticas, sociales y tecnológicas de cada proyecto de una manera totalmente holística, en el afán de desarrollar el concepto de sostenibilidad y satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Un enfoque basado en el valor que impregna nuestro proceso de diseño y asegura una economía de ciclo de vida beneficiosa"*.<sup>6</sup>

Al ser una de las viviendas pioneras en este tipo de arquitectura, su desarrollo también significó un aprendizaje en el sector. A raíz de este proyecto, se demostró que la arquitectura es algo en constante desarrollo, que es posible abordar los desafíos climáticos a los que se enfrenta la sociedad actualmente a través de un diseño arquitectónico de calidad y fuentes de energía renovables.

<sup>6</sup> Anders Strange | Página web AART architects.

Figura 40 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.



## HAUS AM SEE

La vivienda Haus am See, que traducido al español significa Casa junto al lago, se ubica en la ciudad de Potsdam, Alemania. Construida en el año 2020 por el estudio Carlos Zwick Architekten BDA. Se realizó una vivienda pasiva siguiendo los principios de la arquitectura NZEB.

La naturaleza se reconoce como parte integral de su arquitectura, la casa se situaba frente al lago Jungfernsee, un entorno privilegiado; dotando al arquitecto de una inmensa responsabilidad al tratar la naturaleza tan de cerca.



Potsdam es una ciudad situada muy cerca de Berlín, a 35 metros sobre el nivel del mar. En esta ciudad se goza de unos veranos bastante cómodos, aunque la mayor parte del tiempo esté nublado. En cambio, los

inviernos son muy largos, mucho frío y viento además de estar mayormente nublado. La temperatura en Potsdam habitualmente se comprende entre  $-2^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$  y rara vez baja a menos de  $-10^{\circ}\text{C}$  o sube a más de  $31^{\circ}\text{C}$ . No es una ciudad excesivamente fría pero es muy gris.

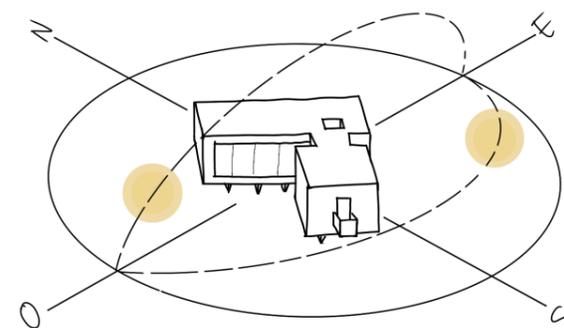
La propiedad pertenecía al mismo arquitecto que quería construir la vivienda para su familia. A priori la propiedad carecía de atractivo, ya que allí habían dos casas en un estado deplorable con entramado de madera, ambas cercanas a un bosque de más de  $4000\text{ m}^2$  que se derrumbó, y una carretera estatal muy transitada. Pero esta propiedad tenía un encanto peculiar, su ubicación tan cerca del lago hizo que la naturaleza fuera la base del proyecto, la búsqueda del diálogo entre la casa y el lugar fue el punto de partida. Carlos Zwick admitió que *“Era obvio para mí que había mucho trabajo por delante, pero el agua me cautivó y pensé, ¿Cómo puedo colocar el interior y el exterior lo más cerca posible del lago?”*<sup>7</sup>

La vivienda se orientó de tal modo que la fachada principal tuviera vistas directas al lago, dicha orientación es Noreste, no es la mejor orientación para captar luz y calor, pero se pensó de tal manera que se aprovechara el mayor número de horas de luz natural y captación de calor del sol que fuese posible, sin perder las vistas al lago.

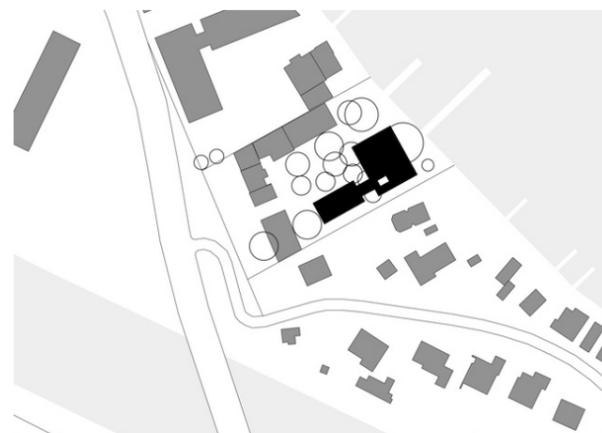
Figura 41 | Haus am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

<sup>7</sup> Carlos Zwick | Premios Architizer A+Awards 2021

Figura 42 | Mapa mudo Europa.



El volumen de la vivienda se diseñó de tal manera que respetara por completo el entorno natural, integrándolo en la naturaleza. El entorno contaba con varios árboles centenarios y el volumen fue un diseño en base a ellos, de manera que permanecieran intactos.



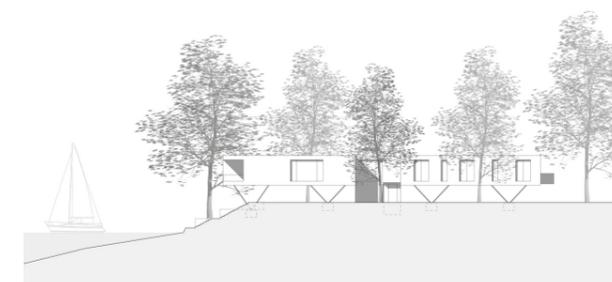
El arquitecto utilizó la misma tipología que Mies Van Der Roe en la Casa Farnsworth, un pabellón en elevado sobre pilotes. Zwick quiso ir más allá y propuso elevar la casa 3 metros sobre el suelo, de esta manera se consigue preservar la naturaleza del entorno, la historia del lugar, maximizar las vistas al lago y otorgar una flexibilidad para ajustar el diseño a los árboles existentes, como el gran arce que

Figura 43 | Haus am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

Figura 44 | Axonometría recorrido solar.

Figura 45 | Plano situación Haus am see | Carlos Zwick Architekten BDA.

aparece dentro de la volumetría de la vivienda. La casa se eleva sobre 10 cimientos individuales y cada uno está compuesto por cuatro postes en diagonal, lo que hace un total de 40 postes. Haus am see se compone de dos volúmenes rectangulares en forma de L de una sola planta elevada, permitiendo que la estructura se fusione con las copas de los grandes árboles de alrededor. El primero está prácticamente paralelo al agua y el otro en la parte Sur de la propiedad. Un pequeño bloque entre los dos volúmenes hace de nexo entre ambos, ubicando allí las escaleras y ascensor de acceso desde el nivel del terreno hasta la casa.



La vivienda está pensada de tal modo que sea flexible y se adapte a la vida de la familia conforme transcurra el tiempo, de tal modo que pueda dividirse fácilmente en tres unidades con todo lo necesario para vivir en el futuro si las circunstancias de la familia cambiaran.

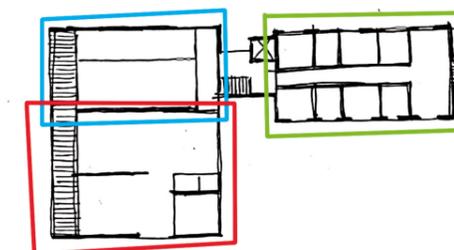
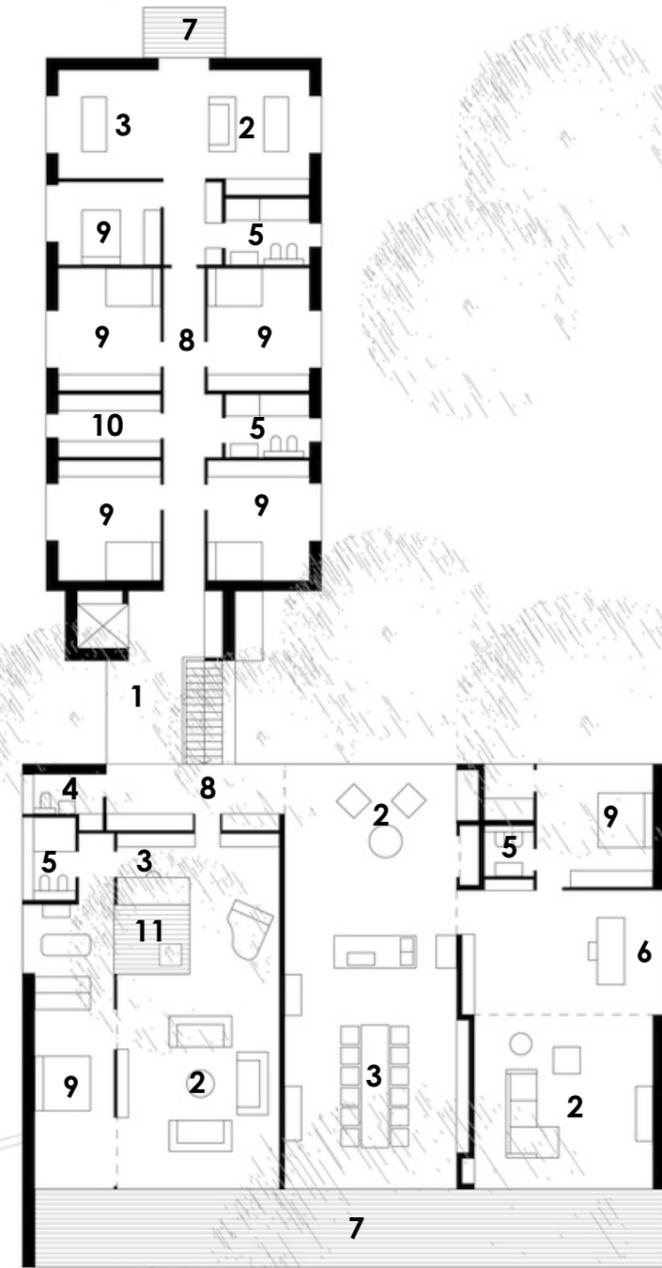


Figura 46 | Alzado Haus am see | Carlos Zwick Architekten BDA

Figura 47 | Esquema flexibilidad.



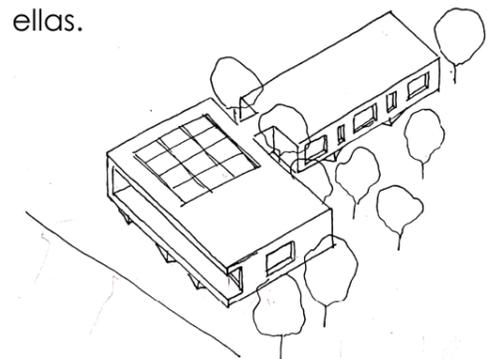
Haus am see se sitúa a 8 metros de la orilla del lago, lo que da una sensación de estar flotando siempre sobre él gracias a su elevación. Cuenta con una cubierta plana para integrarse más cómodamente en el entorno, además de unos paneles fotovoltaicos en ella.

La fachada principal esta completamente acristalada para facilitar la entrada de luz a las estancias principales, además cuenta con una terraza cubierta a lo largo de toda esta fachada para así evitar la incidencia del sol de verano más agresivo dentro de toda la casa, pero permitiendo la entrada en invierno para calentar la vivienda de forma pasiva.

La casa está organizada en una planta elevada como se ha comentado anteriormente, esta planta cuenta con aproximadamente unos 700m<sup>2</sup>. Otra ventaja de elevar la planta es que permite estacionar los vehículos debajo de la vivienda.

La altura libre útil del interior de la vivienda es de tres metros. El acceso a la vivienda se realiza por el bloque central situado al nivel del terreno, este bloque cuenta con las escaleras y el ascensor. Desde ese punto se accede a las demás estancias de la casa, el volumen Sur cuenta con la zona de dormitorios y una sala de estar y una cocina independiente. El otro volumen tiene otros dos dormitorios, además de contar con dos salas de estar de

grandes dimensiones y el corazón de la casa, la sala de estar con una gran mesa de casi ocho metros de largo, esta sala es completamente permeable, ya que cuenta con toda la fachada acristalada por delante y por detrás. Todas las estancias de este volumen tienen acceso a la terraza con vistas al lago. Esta terraza genera una transición entre el interior y el exterior. Era de vital importancia para el arquitecto meter la sensación de estar en la naturaleza dentro de la vivienda. Este volumen también tiene una sala de música con paredes blancas llenas de obras de arte, además de incluir un estudio de arte con vistas a los árboles. Por último, cabe destacar el gran arce que interfería en el camino de la casa y permaneció en su sitio atravesando el salón. Haus am see tiene una distribución muy sencilla pese a sus grandes dimensiones, Todas las estancias están perfectamente proporcionadas y alineadas entre ellas.



LEYENDA DE USOS

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Entrada        | 7. Porche         |
| 2. Sala de estar  | 8. Distribuidor   |
| 3. Comedor-cocina | 9. Dormitorio     |
| 4. Aseo           | 10. Almacenaje    |
| 5. Baño           | 11.Árbol interior |
| 6. Estudio        |                   |

Figura 48 | Planta Haus am see | Carlos Zwick Architekten BDA

Figura 49 | Axonometría



La materialización de la vivienda está elegida con esmero para conseguir que se integrara con la naturaleza.

Los materiales utilizados para la estructura de la vivienda fueron la madera y el acero. Los postes de acero sujetan el resto de la estructura, estos postes en ángulo se mezclan con los troncos de los árboles del entorno, haciendo que la vivienda se mimetice aún más. Los elementos que sujetan mas carga, como son las vigas y los pilares, también son de acero y el resto de la estructura es íntegramente de madera.

El revestimiento exterior de la fachada se realiza únicamente con listones verticales de madera de alerce, haciendo que la estructura simule una casa en un árbol. Se empleó este tipo de revestimiento por su buena calidad, ya que es una madera duradera; sus prestaciones, es una madera que resiste al agua, a la humedad, a los hongos y sobre todo a condiciones climáticas adversas, como el frío y por su acabado semejante al color de los árboles que aparecen en las proximidades de la vivienda.

El volumen situado en planta baja, que sirve de acceso a la vivienda, esta revestido de enlucido en tono amarillento.

Las carpinterías de las ventanas también son de madera para no contrastar demasiado con la fachada, ya que se buscaba un aspecto de unidad de material y color, la madera utilizada en las carpinterías es roble. Las ventanas destacan por su gran calidad y estanquidad, requisitos indispensables por la cercanía que tiene la vivienda al agua. Los vidrios con cámara garantizan la mayor eficiencia energética posible. Estas ventanas correderas de madera cuentan con unas dimensiones muy grandes, sobretudo la de la fachada principal con vistas panorámicas al agua.

La vivienda utiliza materiales reciclados para la creación del pavimento exterior, se utilizaron las piedras de la antigua propiedad. La mayoría de los materiales que se emplearon son reciclables en el futuro. Además, se utilizó una construcción sostenible, optimizando el uso del agua y generando la menor cantidad posible de residuos con lo que contribuye al equilibrio ecológico.

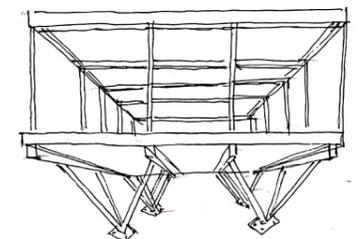
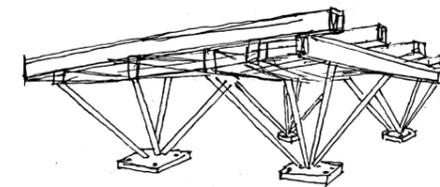
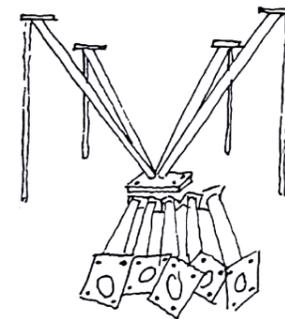


Figura 50 | Haus am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

Figura 51 | Boceto construcción estructura.



En lo que al interior de Haus am see respecta, se utilizaron materiales muy sencillos. Las paredes se pintaron de blanco para dotar a la vivienda de luz, elegancia y limpieza, aspecto fundamental para el confort de los usuarios que iban a residir en ella. En ciertas paredes se colocó un color diferentes, como verde agua o amarillo, para dotar a esas estancias de una personalidad propia y contrastar con el color blanco del resto de la casa.

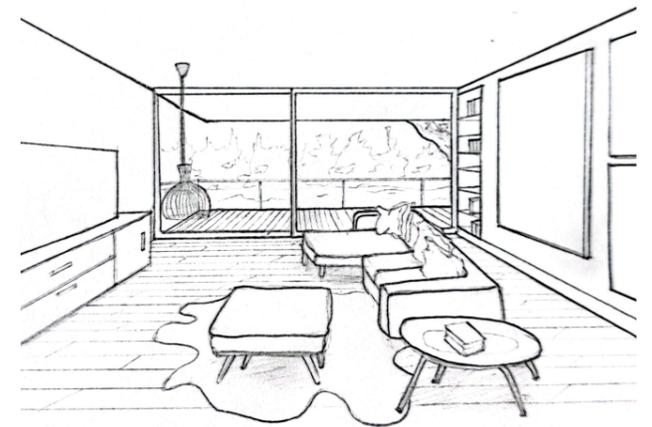
Los techos también se pintaron en color blanco para reflejar y aportar la máxima luz posible a todas las estancias.

En contraposición, para los pavimentos interiores se utilizó un acabado de madera, que aporta calidez a la vivienda y que garantiza una sensación de confort y bienestar, además de proximidad a la naturaleza que es el objetivo primordial de Haus am see.

El mobiliario fue el toque de color que se utilizó para destacar en el interior de la vivienda. Pese a ser una distribución de muebles muy sencilla se emplearon colores y formas muy vivas en todos los muebles de las estancias, además de la colocación de numerosas obras de arte por todas las paredes de la casa, dándole estilo y un carácter singular y único. Como dato curioso cabe destacar que la mayoría de las obras de arte de la vivienda fueron realizadas por la esposa del arquitecto. La funcionalidad de la vivienda era muy

importante en el proyecto, ya que se trataba de una familia numerosa y la distribución y uso del mobiliario debía estar estudiado y optimizado al máximo.

La materialidad es un aspecto fundamental en la arquitectura de la vivienda, esta se utilizó con la finalidad de dar sensaciones a las personas que van a vivirla. Se buscaba una sensación de calma y sosiego una vez entraras dentro de la casa, por eso la utilización de colores y texturas adecuadas dotaron de calidez y bienestar al proyecto.



Con la materialización utilizada tanto en el interior como en el exterior, se consigue una envolvente térmica de muy buena calidad, con aislamientos de grandes espesores, criterio fundamental en la arquitectura NZEB ya que garantiza la estanquidad total de la vivienda, el confort térmico, la ausencia de puentes térmicos y por ende, alta eficiencia energética.

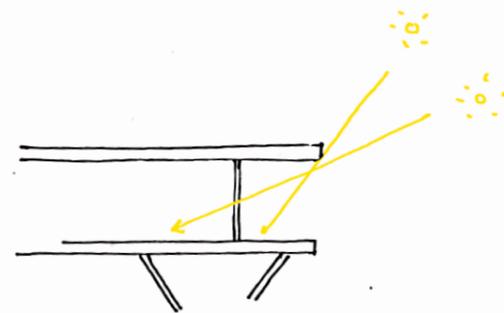
Figura 52 | Haus am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

Figura 53 | Boceto interior vivienda.



Otra estrategia utilizada para que la vivienda sea de consumo nulo, es la utilización de un sistema de energía solar térmica en la cubierta. Se decidió hacer una cubierta plana aunque la captación del sol no fuera la más óptima, se prefirió que la estructura del proyecto se mimetizara en la naturaleza que realizar una cubierta con la inclinación solar idónea, ya que la vivienda con el resto de estrategias, consiguió reducir al máximo su demanda de eficiencia energética, de tal modo que Hauss am see está categorizada como Passivhouse.

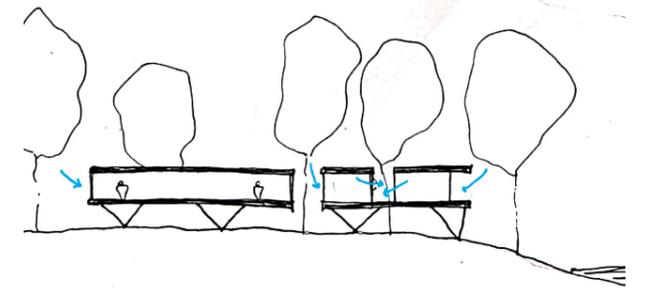
La gran terraza de la fachada principal (que está completamente acristalada) esta diseñada para que no deje pasar los rayos del sol directos y agresivos del verano al interior, cuenta con un voladizo de dimensiones calculadas según la inclinación del sol en la posición más desfavorable, pero en invierno como la inclinación del sol es más baja permite que se caliente la vivienda de forma pasiva.



Además la carpinterías de todas las ventanas están colocadas en la parte interior del hueco, quedando más protegidas de la incidencia del sol más agresivo.

La ventilación de la vivienda se realiza tanto de forma natural como mecánica. La vivienda es completamente permeable a la luz y al viento, puesto que cuenta con huecos en todas sus direcciones facilitando de esta manera la ventilación natural.

Además, esta dotada de ventilación mecánica para garantizar un flujo de aire fresco y continuo en todo momento, dando una calidad de vida óptima a los usuarios. El uso de la ventilación natural reduce el consumo energético.



Además, ya que la vivienda es muy reciente, se utilizó la última tecnología de viviendas inteligentes que ayuda aún más a la eficiencia energética de la casa.

Gracias a ella, el control de la ventilación mecánica se optimiza, ya que se regula automáticamente en función de la necesidad o manualmente en función de las preferencias de los usuarios. Lo mismo pasa con el control de la temperatura, humedad y el sol, garantizando el mínimo consumo de energía y máxima eficiencia energética.

Figura 54 | Hauss am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

Figura 55 | Sección del sol incidente.

Figura 56 | Esquema ventilación cruzada.



Haus am See fue un proyecto muy especial para el arquitecto Carlos Zwick, un proyecto en el cual la naturaleza fue la protagonista, buscando la integración de la arquitectura y el entorno como concepto fundamental.

Como dijo Renzo Piano en el comunicado de prensa en el Premio Pritzker de arquitectura en 1998 *“El vínculo entre naturaleza y construcción debe de ser tan estrecho que ambos deberán transpirar conjuntamente los mismo olores, respirar el mismo aire, ser un solo y único espacio semiconstruido.”*<sup>8</sup>

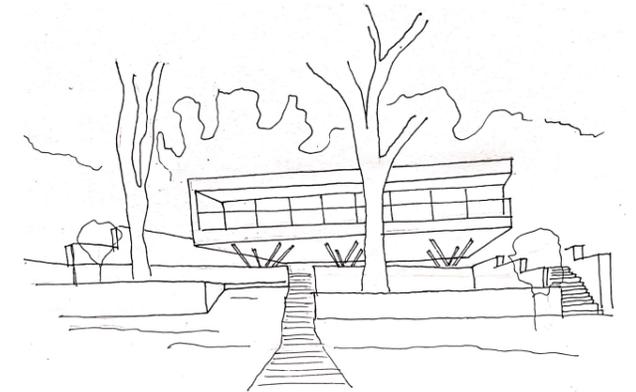
Este proyecto fue extremadamente meticuloso a la hora de ejecutarlo, fueron necesarios muchos especialistas en cada fase de la ejecución para llevar a cabo una construcción impecable, característica básica de la arquitectura NZEB. La vivienda fue perfectamente diseñada, adoptando las mejores soluciones posibles en la fase de proyecto para que a la hora de ejecutarla se evitasen todos los contratiempos posibles.

Aun así la construcción no fue fácil dada la situación en la que se encontraba el entorno. No pudieron utilizarse grúas por la cantidad de árboles frondosos que rodeaban el proyecto, la vivienda se construyó íntegramente utilizando una carretilla telescópica elevadora, fue todo un reto a la hora de la ejecución.

La vivienda fue diseñada alrededor de un arce existente, lo que complicó todavía

<sup>8</sup> Renzo Piano | Comunicado de Prensa | Premio Pritzker de Arquitectura | 1998

más la construcción. Además, la parcela contaba con las antiguas terrazas que salvaban el desnivel hasta la orilla del lago, estas no se podían tocar por lo que el diseño de Haus am See tenía que dialogar con ellas para conservar el carácter histórico y emblemático del lugar.



Por esta y varias razones de normativa, se demoró demasiado tiempo en conseguir la licencia que permitía empezar la ejecución de la obra. Aunque se tardó mucho en empezar la construcción, esta fue bastante rápida ya que el uso de una estructura de acero y madera conlleva un montaje sencillo y rápido, a diferencia de estructuras como el hormigón in-situ, que es mucho más lento en tiempo de espera y mucho más contaminante.

Gracias a todas estas estrategias la vivienda contribuye a un equilibrio ecológico y cubre su demanda de eficiencia energética, categorizada como una vivienda NZEB, consiguió el estándar alemán Passivhaus y cumplió por completo las expectativas de diseño y confort que exigían los usuarios que iban a vivir en ella.

Figura 57 | Haus am see | José Campos | Potsdam, Alemania.

Figura 58 | Boceto desniveles parcela.



## P-HOUSE

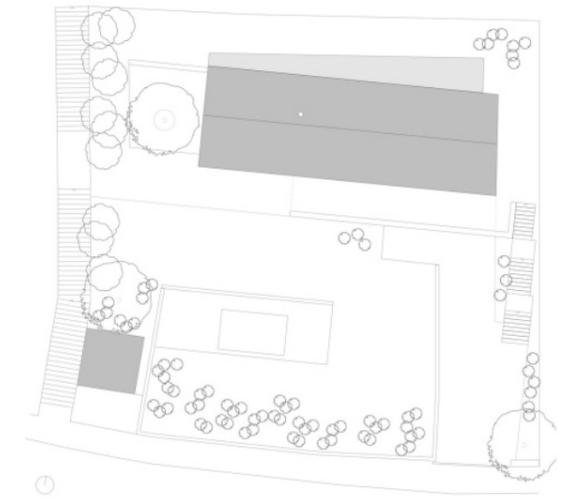
La vivienda unifamiliar P-House se sitúa en Girona, España. Ubicada en lo alto de una montaña ofrece un entorno natural y las vistas al Valle Sant Daniel y Montseny. Construida en el año 2017 por la colaboración del pionero en España de casas pasivas Energiehaus y el estudio Tigges Architekt. El proyecto cuenta con los criterios de una vivienda NZEB, además de haber conseguido el estándar de Passivhaus.



La vivienda se encuentra en la montaña de Montjuïc, a 215 metros sobre el nivel del mar. Pese a la altitud en la que se ubica esta vivienda, el clima en la ciudad de Girona es un clima mediterráneo con las ventajas y desventajas que ello supone. En Girona los veranos son cortos, calientes, secos y la mayor parte del tiempo hace sol, en cambio los inviernos son largos, fríos y parcialmente nublados. Aun así, durante el transcurso del año, la temperatura

generalmente varía de 2°C a 31°C por lo que se puede decir que Girona, pese a estar en el Norte de España, es una ciudad cálida en comparación con el resto de viviendas analizadas.

El objetivo de este proyecto se basa en la creación de una vivienda 100% eficiente y ecológica, es por esto que los usuarios de la vivienda contaron con un equipo especializado en las casas pasivas y la construcción sostenible, para lograr este objetivo se siguieron los criterios fundamentales de la arquitectura NZEB.



La orientación solar y la alta compacidad de la vivienda jugó un papel primordial en el momento de proyectarla. La fachada principal cuenta con unas aperturas de dimensiones extremadamente grandes con orientación Sur, para así poder aprovechar la luz y el calor del sol el mayor número de horas al día, en cambio la fachada Norte que apenas tiene huecos (y los que hay son de pequeñas dimensiones), es prácticamente hermética.

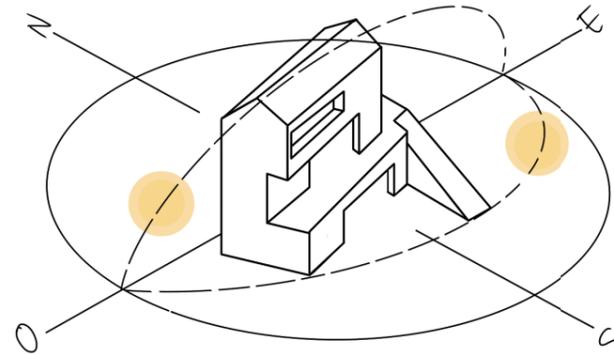
Figura 59 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.

Figura 60 | Mapa mudo Europa

Figura 61 | Plano situación P-House | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España.



De este modo en invierno se capta al máximo la radiación solar para poder calentar el interior de forma pasiva.



Algo que destaca notablemente de este proyecto es la peculiar topografía del lugar. El terreno en el que se encuentra la vivienda tiene una inclinación considerable, esto condicionó a la hora de proyectar el diseño.

La ventaja de este terreno es que la inclinación está orientada hacia el sur, esto facilita que la casa reciba la luz del sol a cualquier hora del día, y brinda a la vivienda de unas vistas privilegiadas. La desventaja es que la pendiente suele dificultar la construcción (colocación maquinaria, traslado de materiales, etc) y más si el objetivo era realizar una construcción sostenible.



Las tres plantas de la vivienda están adaptada a la forma del terreno, integrándose por completo en él. A raíz de todos estos factores surge la volumetría de la casa. La cubierta a dos aguas, cuenta con una inclinación que facilita a los paneles fotovoltaicos, que se ubican en ella; captar la radiación solar.

Además, se pretendía potenciar la relación exterior-interior, por eso se crearon espacios anexos a cada espacio del interior como el porche, los balcones y terrazas alrededor de toda la vivienda, generando de esta manera una transición hacia la naturaleza. El porche tiene una doble altura que enfatiza la verticalidad de la vivienda, es una de las partes más características, ya que es un espacio grande y alto que crea continuidad del interior hacia el exterior.

A raíz de los balcones y las terrazas se crea un juego de retranqueos y voladizos perfectamente estudiados que evitan el sol más incidente en verano, pero que deja pasarlo en invierno para calentar la vivienda de forma pasiva. Igualmente se colocaron las carpinterías en la parte interior de los muros de fachada para protegerlos aún más de la incidencia del sol.

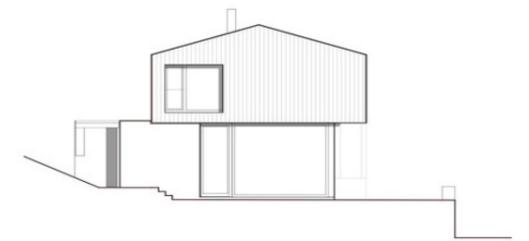
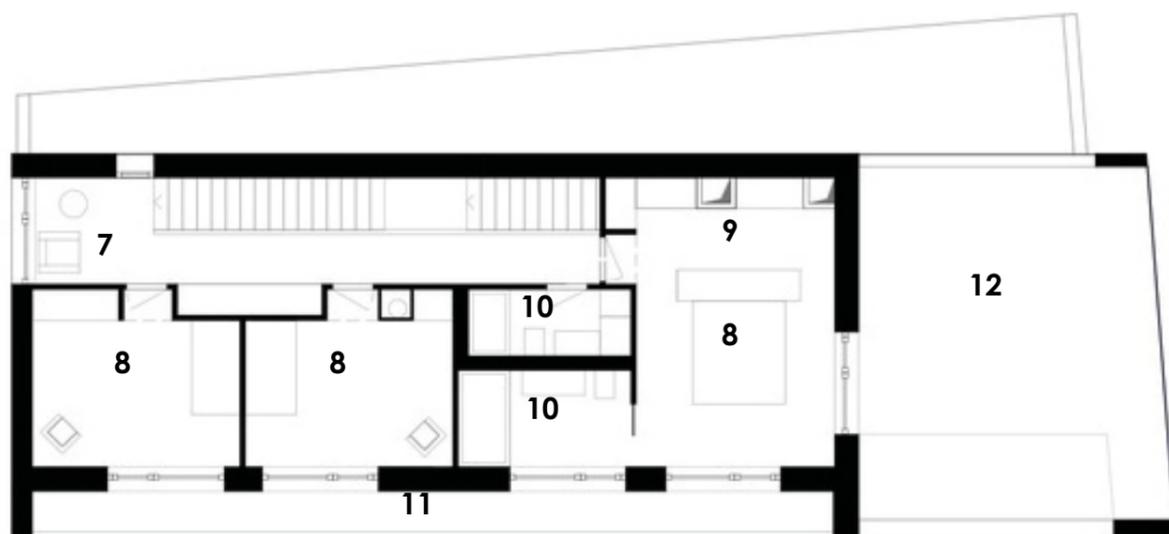


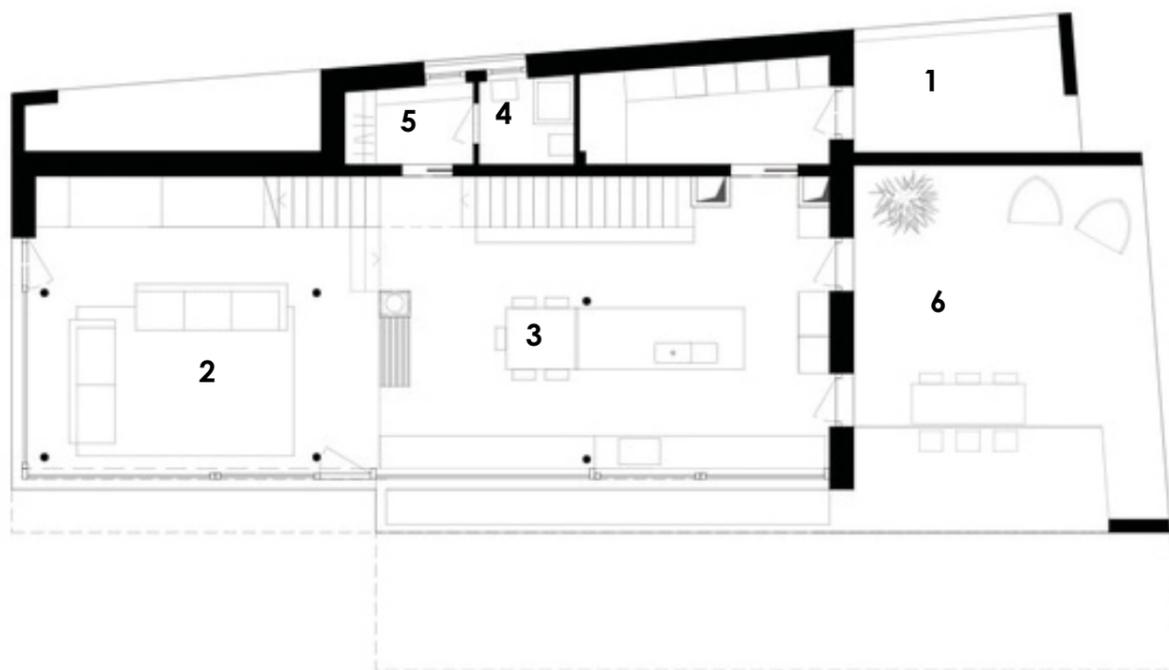
Figura 62 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.

Figura 63 | Axonometría recorrido solar.

Figura 64 | Fachadas Este y Oeste P-House | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España.



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAIXA

La vivienda P-House está organizada en tres plantas con un total de 470m<sup>2</sup>. En general toda la vivienda tiene un esquema de distribución muy sencilla, pese a que la volumetría y el terreno parezca bastante más compleja.

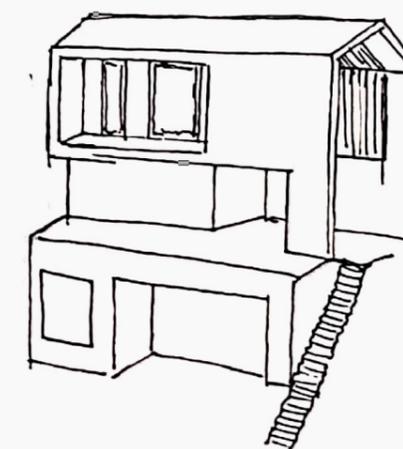
Las zonas comunes se encuentran en la planta baja y las zonas más privadas se ubican en la planta de arriba, dejando la planta semi-sótano al garaje y a una sala multiusos con acceso al jardín.

La planta baja se configura como un espacio totalmente diáfano que permite la entrada de luz natural y la relación visual entre los diferentes usos de los espacios. En esta planta encontramos la sala de estar separada del comedor y la cocina por la chimenea y un juego dinámico de diferentes alturas libres que dotan al espacio de interés arquitectónico y singularidad.

Asimismo, en esta planta también se encuentra el recibidor, un baño y una pequeña habitación de almacenaje. En la planta baja también presenta la dinámica de alturas en la escalera en cascada que une las dos plantas de la vivienda y se extiende hacia el porche de doble altura, que promueve el diálogo visual entre el interior y el exterior.

Como se ha comentado anteriormente, en la planta superior se sitúan las estancias más privadas, en este caso, lo primero que se encuentra al acceder a la planta superior, es un pequeña estancia con

un largo pasillo que distribuye todas las habitaciones. Encontramos el dormitorio principal con su baño privado y los otros dos dormitorios, además de otro baño. Todos los dormitorios de esta planta cuentan con acceso a la terraza Sur de la fachada principal, dotando a las habitaciones de luz y ventilación natural, además de unas vistas únicas al valle, que era una de las preocupaciones principales de los usuarios de P-House.



LEYENDA DE USOS

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. Recibidor      | 7. Pasillo       |
| 2. Sala de estar  | 8. Dormitorio    |
| 3. Comedor-cocina | 9. Vestidor      |
| 4. Aseo           | 10. Baño         |
| 5. Almacenaje     | 11. Terraza      |
| 6. Porche         | 12. Doble altura |

Figura 65 | Plano situación P-House | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España.  
Figura 66 | Axonometría.



Para la materialización exterior se utilizaron dos materiales principalmente, la madera y el hormigón.

Los criterios constructivos y los materiales varían en cada planta, la planta semi-sótano y la planta baja tienen una estructura de hormigón que sirve de base a la estructura de la planta superior, que está hecha completamente de madera.

El material base de cada estructura se exterioriza para el tratamiento del material de las fachadas, pero jugando con los colores y las texturas propias. El hormigón de la fachada de la planta semi-sótano y la planta baja iba a quedar completamente visto, por ello se le añadieron unos pigmentos marrones que buscaba simular el envejecimiento natural del hormigón. Para la planta superior se utilizó un revestimiento de paneles de madera orientados verticalmente, a estos se les hizo un tratamiento para aparentar el envejecimiento al igual que se hizo con el hormigón, de este modo se reduce el mantenimiento de los mismos.

Ambos materiales empleados en la fachada están elegidos por sus buenas características y calidades, además de contar con un aislamiento interior de gran espesor para colaborar en el confort higrotérmico del interior de la P-House.

El porche cuenta con una doble altura muy significativa, esta doble altura crea una

transición entre el espacio interior y el exterior. Al tener una altura libre tan pronunciada, se decidió dejar vista la madera de la estructura en su color natural, dando así una sensación más acogedora y más en contacto con la naturaleza.

El acabado de la cubierta inclinada a dos aguas se ha realizado con una chapa metálica ondulada en la que se fijan los paneles fotovoltaicos.

En relación con los pavimentos exteriores, cabe destacar las losas de hormigón en todo su perímetro y la incorporación de toques de madera reciclada en forma de listones para unir las diferentes estancias exteriores y para realizar la escalera exterior que une la planta semi-sótano con el porche de la planta baja.

El vidrio también forma parte de los materiales predominantes en la envolvente de la vivienda, ya que una gran parte de la fachada está compuesta por grandes ventanales. Las carpinterías son metálicas y pese a tener un porcentaje de marco bastante bajo, los arquitectos jugaron con los colores de estas, tanto en el exterior e interior, como en las diferentes estancias interiores, dotando a cada espacio de una singularidad propia.

El uso de estos materiales en su conjunto y ubicaciones específicas, caracterizan a la vivienda de una estética moderna y de calidad arquitectónica y constructiva.

Figura 67 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.



Los materiales empleados en el interior de la vivienda han sido elegidos con mucha delicadeza y estudio, ya que a través de ellos se pretendía dar al usuario la sensación de tranquilidad, calma y sosiego.

En la planta superior es donde más se enfatizó la búsqueda de esas sensaciones, pues las áreas de privacidad y descanso, como son los dormitorios, precisan de esa imagen de ligereza, comodidad y paz. Por esa razón, en ellos se utilizó un revestimiento en paredes y techos de madera a la que se le aplicó una tinta transparente que suaviza el tono de la madera, de ese modo y a conjunto con el tono del suelo de hormigón fratasado y el mobiliario de las estancias, se consiguieron unos tonos claros pero acogedores que dotaban a los espacios de un carácter tranquilizador. En el pasillo distribuidor solo se aplicó la técnica de la veladura blanca en los techos, puesto que las paredes están revestidas de un enlucido de yeso en color blanco, dando continuidad hacia las plantas inferiores, que también cuentan con ese revestimiento en su totalidad de paredes.

En planta baja también se utilizó el hormigón fratasado en toda ella pero con un tono más amarillento, que caracteriza a este espacio y le proporciona un poco más de calidez. Esa sensación de espacio acogedor y cálido se potenció gracias al mobiliario en tonos madera empleado en toda esta planta.

Para crear un poco de contraste de colores y texturas se optó por el hormigón visto en todo el techo de esta planta, que le daba un toque industrial junto con los pilares metálicos de color negro.

En todas las estancias de la vivienda se utilizaron toques de color llamativo para crear un contraste entre todos ellos.

Por último en la planta semi-sótano, en las estancias de interior, se utilizaron los mismos materiales que en la planta baja, es decir, hormigón fratasado en tono amarillento, hormigón visto en el techo y enlucido de yeso blanco en las paredes, creando disparidad entre el hormigón visto de la zona exterior de esta planta.

Las elecciones de los materiales fueron de suma importancia para crear parte del lenguaje estilístico de la vivienda, consiguiendo un diseño atractivo y sugerente. Además fueron meticulosamente seleccionados para garantizar las mejores prestaciones, como fue un alto grado de confort térmico y un gran acabado estético y de bienestar a los usuarios que residen en la P-House.

La materialidad de esta vivienda emana naturalidad y sencillez, en contraste con el volumen de la vivienda pero consiguiendo de este modo una integración y fusión con su entorno que deja entrar completamente la naturaleza en el interior de la misma.

Figura 68 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.



Esta vivienda se basó en los criterios de la arquitectura NZEB, para ello se realizaron una estrategias para reducir al máximo la demanda energética. La P-House además de cumplir los requisitos de la arquitectura NZEB, logro ser categorizada con el estándar alemán Passivhaus.

Para cubrir la demanda energética de la vivienda, se instalaron unos paneles fotovoltaicos en la cubierta inclinada que convierten la energía solar en electricidad, además de una bomba de calor. Con la combinación de ambas estrategias se cubre por completo la demanda anual de calefacción de 9kWh/m<sup>2</sup> y de refrigeración de 1kWh/m<sup>2</sup>.

Un tema fundamental de este tipo de arquitectura es conseguir una buena envolvente térmica, hermética y con la ausencia total de puentes térmicos. Para lograrlo se utilizaron aislamientos térmicos de muy buena calidad y con espesores de entre 21cm y 31cm que han garantizado una estanquidad total,

La vivienda perfectamente orientada y pensada, cuenta con grandes ventanas orientados a Sur. Estas ventanas cuentan con grandes prestaciones como la estanqueidad al agua, reducción de ruido, ahorro energético, permeabilidad al aire y durabilidad. Además, este sistema de ventana tiene un triple acristalamiento que permite una doble cámara de aire que mejora todavía más el rendimiento de la envolvente de la vivienda.

Los arquitectos contaron una anécdota que deja ver la viabilidad económica y la calidad constructiva que tiene la vivienda *“Durante una visita al sitio, temprano en la mañana en un día de invierno, el suelo de fuera estaba cubierto de escarcha, estaba helando; cuando entramos a la casa la temperatura era perfecta y aún no se había instalado la bomba de calor.”*<sup>9</sup>

Para evitar la incidencia solar directa en los grandes huecos que tiene la vivienda, todas las ventanas tienen una protección solar inteligente mediante un sistema de domótica instalado en la casa. Este sistema permite controlar la entrada de luz y aire a raíz de unos sensores instalados por toda la casa. Asimismo, se regula la temperatura para que en todo momento la vivienda sea cómoda para su uso y disfrute.

La construcción de la P-House pretende ser una alternativa a los métodos constructivos tradicionales, que son más dañinos para el medio ambiente y mucho más costosos para sus usuarios. Por ello utiliza técnicas mucho más respetuosas.

Por último cabe destacar la elección del sistema de climatización, la vivienda dispone de un sistema de intercambio de calor de doble flujo, que además de climatizar proporciona aire fresco constante dentro de la P-House, esto garantiza un hogar limpio y saludable para las personas que van a residir en esta vivienda.

<sup>9</sup> Daniel Tigges | Revista Metalocus | 2021

Figura 69 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.



Los dueños de la privilegiada parcela en lo alto del valle tenían claro el tipo de vivienda que querían construir. Querían una vivienda con un diseño contemporáneo, atractivo y de calidad arquitectónica, combinando ese diseño con los criterios de un edificio de consumo nulo. Por esta razón los elegidos para llevarla a cabo fueron Michel Wassouf, director de Energiehaus Arquitectos, pionero de la arquitectura pasiva en España y Daniel Tigges, fundador de Tigges Architekt, es profesor en varios posgrados en arquitectura sostenible y su estudio certifica edificios de bajo consumo en España.

La vivienda cumple con todas las expectativas tanto de los usuarios como de los arquitectos.

Para llevar a cabo una vivienda de este calibre, fue necesario montar un equipo de personas especializadas en cada fase de la obra para garantizar que se cumplan todas las condiciones y requisitos estipulados en la fase de diseño.

Algo muy característico de este tipo de arquitectura es anteponerse a todos los problemas que puedan surgir, son proyectos muy pensados y estudiados para evitar cualquier problema durante su ejecución que pueda conllevar la pérdida de estanqueidad, hermeticidad, etc.

Cualquier cambio en la fase de ejecución es mucho más difícil y costoso que

en la fase de proyecto, por ello la importancia de la contratación de especialistas. Es por ello que la clave en esta vivienda fue un diseño muy pensado y una construcción perfectamente ejecutada.

La P-House representa una vivienda sostenible y de gran eficiencia energética. Ese criterio era muy importante para los propietarios ya que no querían contribuir negativamente al medio ambiente, así que se decidió hacer esta vivienda de alta eficiencia energética, con fuentes de energía renovables, materiales prefabricados, de bajo impacto o reciclados; y con una ejecución muy detallada.

La arquitectura NZEB de la P-House es llamativa y sugerente. Partiendo y tomando como base un diseño atractivo, se ha conseguido hacer una casa íntegramente eficiente, rompiendo la premisa de que las viviendas sostenibles condicionan por completo el diseño de la arquitectura y no son capaces de conseguir una arquitectura atractiva.

Gracias a que cada vez más se busca una arquitectura amistosa con el medio ambiente, los arquitectos tienen la oportunidad de fusionar la belleza de la arquitectura con la sensibilidad hacia sostenibilidad. El desarrollo y aprendizaje constante, están dando lugar a viviendas como la P-House, que funde por completo la eficiencia energética con el valor e interés arquitectónico.

Figura 70 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.



## COMPARACIÓN Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO Y SOSTENIBILIDAD

A partir de los análisis en profundidad de la arquitectura de estas cuatro viviendas Europeas, se extraen las estrategias que utilizaron los arquitectos para conseguir unas viviendas NZEB para su posterior comparación y conclusión de porqué la arquitectura NZEB es sexy.

1. Orientar a Sur las estancias principales para que gocen de la mayor luz natural y calor durante el máximo de horas.
2. Dimensiones de los huecos según la orientación para captar luz natural o protegerse del sol.
3. Aleros, voladizos y retranqueos respecto de la línea de fachada que eviten la incidencia directa del sol más agresivo en verano, pero dejando pasar el sol en invierno.
4. Carpinterías en la parte interior del muro para protegerse del sol directo.
5. Cubierta con una inclinación idónea para la captación de la radiación solar a través de los paneles fotovoltaicos.
6. Geometría adaptada según la disposición y forma de la parcela, de modo que favorezca la orientación, luz y calor según las necesidades y la adaptación a la topografía del terreno.
7. Incorporación de la arquitectura en la naturaleza preservándola para reducir el impacto medioambiental.
8. Elevación de la edificación para dar buenas vistas al usuario y evitar la topografía del terreno si interesa.

9. Creación de espacios de transición que favorezcan la interacción del exterior con el interior.
10. Producción de energías limpias para cubrir la demanda energética.
11. Protección pasiva de los huecos con protectores solares fijos o móviles.
12. Sistema inteligente de control centralizado que regula la temperatura, humedad, luz, ventilación, etc.
13. Envolvente de calidad, con un buen aislamiento térmico de gran espesor que garantice la estanquidad.
14. Ausencia de puentes térmicos que minimicen las pérdidas de energía.
15. Vidrios y marcos de altas prestaciones, cámara de aire y rotura puente térmico.
16. Utilización de colores claros en las fachadas para reflejar la luz o colores oscuros para absorberla.
17. Ventilación cruzada mecánica o natural generando un flujo de aire fresco.
18. Uso eficiente de la energía, el agua los recursos y materiales durante la construcción.
19. Ejecución precisa con un equipo de especialistas que eviten los posibles errores.
20. Estructura prefabricada que garantice un montaje rápido, sencillo y menos contaminante que las técnicas tradicionales.
21. Utilización de materiales del lugar para minimizar la contaminación.
22. Contribución al ciclo de vida de los materiales utilizando materiales reciclados o reciclables.
23. Calidad y sensación de comodidad y confort a los usuarios.

Figura 71 | Casa B en B | Klaus Dieter Weiss | Bückeberg, Alemania.



**LEYENDA DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO Y SOSTENIBILIDAD**



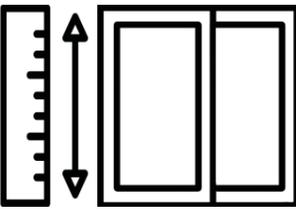
1. Orientación a Sur



5. Cubierta inclinada



9. Relación interior-exterior



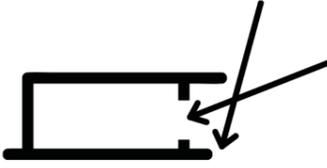
2. Dimensión huecos



6. Geometría adaptada



10. Energías renovables



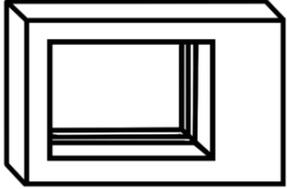
3. Aleros y voladizos



7. Mimetizarse con el entorno



11. Protecciones solares



4. Carpinterías al interior



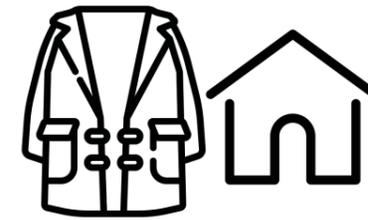
8. Elevación



12. Viviendas inteligentes

Figura 72 | Casa LLP | Adrià Goula | Barcelona, España.

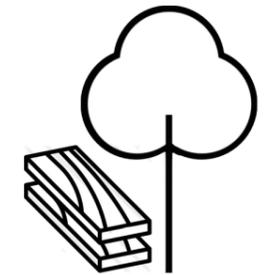
Figura 73 | Leyenda de iconos tabla estrategias.



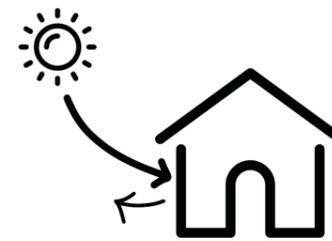
13. Envoltente térmica



17. Ventilación cruzada



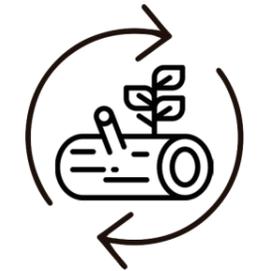
21. Materiales del lugar



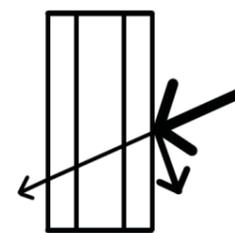
14. Puentes térmicos



18. Construcción sostenible



22. Materiales reciclados



15. Vidrios altas prestaciones



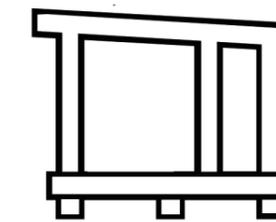
19. Ejecución precisa



23. Confort y bienestar



16. Color fachada



20. Estructura prefabricada

Figura 74 | Casa Patio EB10 | Fernando Alda | Madrid, España.

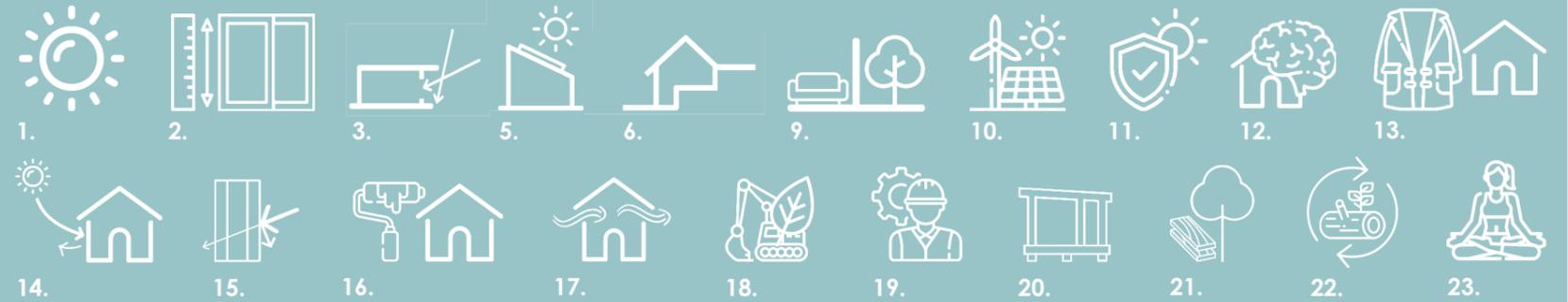
Figura 75 | Leyenda de iconos tabla estrategias.

# LAS ESTRATEGIAS -DE DISEÑO Y SOSTENIBILIDAD-



## ZEB PILOT HOUSE

Arquitectos: Snøhetta + SINTEF  
+ Brødrene Dahl + Optimera  
Ubicación: Larvik, Noruega  
Superficie: 200 m<sup>2</sup>  
Número de alturas: PB+P1  
Año de construcción: 2014



## HOME FOR LIFE

Arquitectos: AART Architects  
Ubicación: Lystrup, Dinamarca  
Superficie: 200 m<sup>2</sup>  
Número de alturas: PB+P1  
Año de construcción: 2008



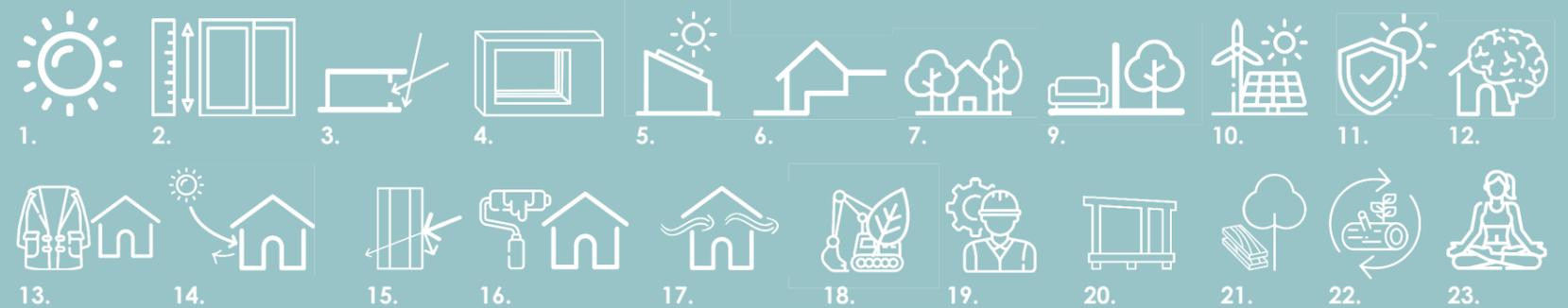
## HAUS AM SEE

Arquitectos: Carlos Zwick  
Architekten BDA  
Ubicación: Potsdam, Alemania  
Superficie: 700 m<sup>2</sup>  
Número de alturas: P1  
Año de construcción: 2020



## P-HOUSE

Arquitectos: Tigges Architekt  
+ Energiehaus  
Ubicación: Girona, España  
Superficie: 470 m<sup>2</sup>  
Número de alturas: P-1+P0+P1  
Año de construcción: 2017



# CONCLUSIONES

En la sociedad actual ha surgido una preocupación por el medioambiente, por ello ya se han empezado a tomar medidas al respecto, como los objetivos de desarrollo sostenible (ODS ) propuestos por la Unión Europea. Si en un corto periodo de tiempo se ha conseguido construir arquitectura con consumo cero e incluso generar más energía de la que se consume, solo cabe imaginar las posibilidades que se generarían con mayores recursos.

La arquitectura es el reflejo de las preocupaciones sociales latentes en cada momento, por eso actualmente la necesidad de frenar la crisis del cambio climático da lugar a que la arquitectura de consumo nulo haya adquirido tanto protagonismo. Cada vez más estudios, tanto pequeños como reconocidos mundialmente, apuesten por este tipo de arquitectura.

Esta tiene como objetivo dar respuesta a las necesidades y preferencias de las personas que van a vivirla a través de los valores del arquitecto. En consecuencia, la responsabilidad del arquitecto es tan grande que deja un eco en la sociedad, los arquitectos y su arquitectura deben ser parte de la solución y no del problema.

En base al análisis y comparación de las viviendas NZEB se observa que prácticamente los arquitectos emplean las mismas estrategias para llegar al objetivo de

*Figura 76 | ZEB Pilot House | Bruce Damonte | Larvik, Noruega.*

*Figura 77 | Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca.*

*Figura 78 | Hauss am see | José Campos | Potsdam, Alemania.*

crear una arquitectura de consumo nulo. Dichas estrategias se han acotado en los siguientes puntos: la importancia de la luz natural, la nueva forma de utilizar los materiales, la relación exterior-interior, creando espacios de transición entre la arquitectura y el entorno; facilidad de transporte y montaje gracias a materiales prefabricados, además de la precisión y calidad que ofrecen las empresas especializadas, por último se generan volumetrías con un gran interés arquitectónico.

Sin embargo, la arquitectura NZEB transgrede el concepto de estilo arquitectónico, ya que deja atrás unos fundamentos estéticos y visuales a establecer el estilo en una serie de valores e ideas que trascienden la forma. Con esto podemos concluir que lo atractivo de la arquitectura de consumo nulo, es su desvinculación de una estética en concreto, si no que su objetivo es conseguir que el diseño no se vea limitado ni condicionado por los criterios de esta arquitectura.

Pero la arquitectura no es solo eso, una buena arquitectura empieza en el momento de la primera idea, la primera línea dibujada hasta el momento de su desaparición. La arquitectura hay que vivirla y sentirla, la sensación y el bienestar que ofrece el interior de un edificio también es arquitectura. Por ello, no solo se trata de seguir dichas estrategias, si no de encontrar la sintonía entre un diseño atractivo y una arquitectura de consumo nulo.

*Figura 79 | P-House | Pol Viladoms | Girona, España.*

*Figura 80 | Casa LLP | Adrià Goula | Barcelona, España.*



# BIBLIOGRAFÍA

## LIBROS

Asensio, P., Oliveira, A., Bahamin, A., Cheviakoff, S. (1999). *Ecological architecture : tendencias bioclimáticas y arquitectura del paisaje en el año 2000*. Loft Publications, Barcelona.

Bateson, G. (1972). *Steps to an ecology of mind*. Chandler Publishing Co., New York.

Bosh, I. (2006) *Arquitectura y sostenibilidad II*. Ediciones Generales de la Construcción en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia. p. 7-8.

Candela, F. (1985). *En defensa del formalismo y otros escritos* (1ª ed.). Xarait. Ediciones, Bilbao.

Voss, K. & Musall, E. (2011). *Net Zero Energy Building*. Detail. Alemania.

## PAGINAS WEB

AART Architects. (s.f). *Bolig for Livet*. aart.dk [Online] <https://aart.dk/projekter/bolig-for-livet> [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021].

Agencia europea del medio ambiente. (2019) *El medio ambiente en Europa. Estado y perspectivas 2020*. [Online]. <https://www.eea.europa.eu/es/publications/el-medio-ambiente-en-europa> [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

ArchDaily (2018). *Home for Life / AART Architects*. Archdaily.com [Online] <https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects> [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021].

Buildings Performance Institute Europe. (2020). *On the way to a climate neutral Europe – Contributions from the building sector to a strengthened 2030 climate target*. [Online]. <https://www.bpie.eu/publication/on-the-way-to-a-climate-neutral-europe-contributions-from-the-building-sector-to-a-strengthened-2030-target/> [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

Carlos zwick architekten (s.f). *Haus am See*. carlos-zwick.de [Online] <https://www.carlos-zwick.de/portfolio/haus-am-see/> [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021].

Figura 81 | Berkshire Residence | Rory Gardiner | Massachusetts, USA.

Cedar Lake Ventures. (s.f) *The Weather Year Round Anywhere on Earth*. Weathers Park. [Online] <https://weatherspark.com/> [Fecha de consulta: 22 de Marzo de 2021].

Craner, N. (2017). *Architecture is an antidote*. Architect magazine [Revista online] [https://www.architectmagazine.com/design/editorial/architecture-is-an-antidote\\_o](https://www.architectmagazine.com/design/editorial/architecture-is-an-antidote_o) [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2021].

Energiehaus. (s.f). *Vivienda unifamiliar Passivhaus Can Xeu*. Energiehaus.es [Online] <https://www.energiehaus.es/proyecto/vivienda-passivhaus-casa-p/#1499327110643-a2e5060f-0141ab4d-bfae6604-bdefd725-a76e0835-723defd9-2f41> [Fecha de consulta: 4 de Agosto de 2021].

European Comission. (2017, última actualización 2021). *Clean energy for all Europeans package*. [Online]. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en) [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

European Comission. (2019, ultima actualización 2021) *Energy performance of buildings directive*. [Online]. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en#measures-to-improve-the-building-stock](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en#measures-to-improve-the-building-stock) [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

European Comission. (s.f.). *La directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios*. [Online]. [https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/buildings\\_performance\\_factsheet\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/buildings_performance_factsheet_es.pdf) [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

European Comission. (2014, ultima actualización 2021). *Nearly zero energy buildings*. [Online]. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en) [Fecha de consulta: 4 de Agosto de 2021].

Figuerola, E. (2021). *Una ventana al sur. Casa P por Daniel Tigges y Micheel Wassouf*. Metalocus. [Revista online]. <https://www.metalocus.es/es/noticias/una-ventana-al-sur-casa-p-por-daniel-tigges-y-micheel-wassouf> [Fecha de consulta 10 de febrero de 2021].

Huston, M. (2021) *Architecture and the enviromental impact of artificial complexity*. Common Edge. [Online]. <https://commonedge.org/architecture-and-the-environmental-impact-of-artificial-complexity/> [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2021].

Patrick, N. (2019) *¿La arquitectura activista puede ayudar a combatir el cambio climático?*. Plataforma arquitectura. [Online] <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/925317/la-arquitectura-activista-puede-ayudar-a-combatir-el-cambio-climatico> [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2021].

Pedersen, M. (2021). *When it comes to climate change traditional practice is broken*. Common Edge. [Online]. <https://commonedge.org/when-it-comes-to-climate-change-traditional-practice-is-broken/> [Fecha de consulta: 21 de febrero de 2021].

Plataforma arquitectura. (2021). *Casa junto al lago / Carlos Zwick Architekten BDA*. Plataformarquitectura.com [Online]. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/961934/casa-junto-al-lago-carlos-zwick-architekten-bda> [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021].

Plataforma arquitectura. (2015). *Casa Piloto ZEB - Pilot Project / Snøhetta*. Plataformarquitectura.com [Online]. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta> [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021].

Plataforma arquitectura. (2021). *P-HOUSE / Tigges Architekt + Energiehaus*. Plataformarquitectura.com [Online] [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960573/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960573/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus?ad_source=search&ad_medium=search_result_all) [Fecha de consulta: 4 de Agosto de 2021].

Positive livings. (s.f). *¿Cómo se construye una NZEB?*. [Online]. <https://www.positivelivings.com/como-se-construye-una-nzeb> [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2021].

Snohetta Architects. (s.f). *ZEB PILOT HOUSE*. Snohetta.com [Online] <https://snohetta.com/project/188-zeb-pilot-house> [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2021].

Tigges architekt. (s.f) *Casa-P/ Single house by standard Passivhaus*. Tiggesarchitekt.ch [Online] <http://www.tiggesarchitekt.ch/> [Fecha de consulta: 4 de Agosto de 2021].

## REVISTAS

ViA Arquitectura. (2006). *Climas*. ViA Arquitectura (16.V).

ViA Arquitectura. (2004). *Ecotipos*. ViA Arquitectura (14.V).

Detail. (2011). *Proyectar la forma de un edificio en beneficio de su comportamiento energético*. Detail (Green 07/2011).

## TRABAJOS ACADÉMICOS

Albaladejo, C. (2015). *Metodología para el diseño y ejecución de una arquitectura sostenible en Madrid*. [Trabajo Final de Grado, Universidad de Alcalá, Escuela de Arquitectura de Madrid]. <http://hdl.handle.net/10017/33900>

Lillo, A. (2018). *R128 y b10, origen y meta de las aktivhaus. El futuro de la arquitectura bioclimática*. [Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia]. [https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115164/memoria\\_44525900.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115164/memoria_44525900.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

López, P. (2020). *Estrategias arquitectónicas para la edificación sostenible en el clima mediterráneo*. [Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/135355/L%C3%B3pez%20-%20Estrategias%20arquitect%C3%B3nicas%20para%20la%20edificaci%C3%B3n%20sostenible%20en%20el%20clima%20mediterr%C3%A1neo.pdf?sequence=1>

Ortega, A. (2016). *Sostenibilidad y evolución. Arquitectura contemporánea basada en estrategias bioclimáticas de la arquitectura popular*. [Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid]. <https://studylib.es/doc/1110703/tfg-andrea-ortega-prieto>

Rodríguez, E. (2019). *Hacia un desarrollo sostenible. Francis Kéré*. [Trabajo Final de Grado, Universidad Valladolid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid]. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37766>

## VÍDEOS

Plataforma Edificación Passivhaus. (2020). *Webinar PEP. Passivhaus en clima cálido*. [Vídeo]. [https://www.youtube.com/watch?v=ReEhG3yEFnw&ab\\_channel=PlataformaEdificaci%C3%B3nPassivhaus](https://www.youtube.com/watch?v=ReEhG3yEFnw&ab_channel=PlataformaEdificaci%C3%B3nPassivhaus)

Byko. (2020). *¿Qué es una vivienda PASSIVHAUS o Casa Pasiva?*. [Vídeo]. [https://www.youtube.com/watch?v=C6k5AySjeCc&t=356s&ab\\_channel=Byko](https://www.youtube.com/watch?v=C6k5AySjeCc&t=356s&ab_channel=Byko)

Pae Construcción Passivhaus-ECCN (2020). *Entrevista con los Arquitectos [Experiencia Passivhaus]*. [Vídeo]. [https://www.youtube.com/watch?v=nOGdYY1BZAQ&ab\\_channel=PaeConstrucci%C3%B3nPassivhaus-ECCN](https://www.youtube.com/watch?v=nOGdYY1BZAQ&ab_channel=PaeConstrucci%C3%B3nPassivhaus-ECCN)

Pae Construcción Passivhaus-ECCN (2020). *Entrevista con el Propietario [Experiencia Passivhaus]*. [Vídeo]. [https://www.youtube.com/watch?v=rNe\\_tMqaCYs&ab\\_channel=PaeConstrucci%C3%B3nPassivhaus-ECCN](https://www.youtube.com/watch?v=rNe_tMqaCYs&ab_channel=PaeConstrucci%C3%B3nPassivhaus-ECCN)

## PROCEDENCIA DE IMÁGENES

**Portada.** Primera casa activa en Rusia | Torben Eskerod | Moscú, Rusia. Fuente: [https://www.archdaily.com/178060/the-first-active-house-in-russia-polygon/50162a2f-28ba0d1598000f02-the-first-active-house-in-russia-polygon-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/178060/the-first-active-house-in-russia-polygon/50162a2f-28ba0d1598000f02-the-first-active-house-in-russia-polygon-photo?next_project=no)

**Figura 1.** Vivienda Energy Zero | Stijn Bollaert | Lokeren, Bélgica. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-291842/vivienda-energy-zero-en-lokeren-blaf-architecten/5225eed2e8e44e33d30000d4-zero-energy-house-lokeren-blaf-architecten-photo?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-291842/vivienda-energy-zero-en-lokeren-blaf-architecten/5225eed2e8e44e33d30000d4-zero-energy-house-lokeren-blaf-architecten-photo?next_project=no)

**Figura 2.** TVZEB Zero Energy Building | Francesco Castagna | Vicenza, Italia. Fuente: [https://www.archdaily.com/340669/tvzeb-zero-energy-building-traverso-vighy/51375f6db3fc-4b0ffc000039-tvzeb-zero-energy-building-traverso-vighy-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/340669/tvzeb-zero-energy-building-traverso-vighy/51375f6db3fc-4b0ffc000039-tvzeb-zero-energy-building-traverso-vighy-photo?next_project=no)

**Figura 3.** Esquema gráfico circular de criterios de la arquitectura actual. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.** Haus B | Brigida González | Stuttgart, Alemania. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/882120/haus-b-yonder-nil-architektur-und-design/59e05de-9b22e383285000417-haus-b-yonder-nil-architektur-und-design-photo>

**Figura 5.** Primera casa activa en Rusia | Alexander Leonov | Moscú, Rusia. Fuente: [https://www.archdaily.com/178060/the-first-active-house-in-russia-polygon/50162a-1128ba0d1598000efd-the-first-active-house-in-russia-polygon-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/178060/the-first-active-house-in-russia-polygon/50162a-1128ba0d1598000efd-the-first-active-house-in-russia-polygon-photo?next_project=no)

**Figura 6.** Evolución arquitectura sostenible. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7.** Artificial complexity | Michael Huston. Fuente: <https://www.archdaily.com/957549/architecture-and-the-environmental-impact-of-artificial-complexity/60367385f91c8122300001d2-architecture-and-the-environmental-impact-of-artificial-complexity-photo>

**Figura 8.** Berkshire Residence | Rory Gardiner | Massachusetts, USA. Fuente: <http://rory-gardiner.com/archive/americas/berkshire>

**Figura 9.** ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega. Fuente: [https://snohetta.com/uploads/project/188/0ab33cacb4f24d111c933b284b5d723e\\_500w.jpg](https://snohetta.com/uploads/project/188/0ab33cacb4f24d111c933b284b5d723e_500w.jpg)

**Figura 10.** Mapa mudo Europa. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11.** Plano de situación ZEB Pilot House | Snøhetta. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10effe58e-ce3c060000e2-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-site-plan?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10effe58e-ce3c060000e2-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-site-plan?next_project=no)

**Figura 12.** ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega. Fuente: [https://snohetta.com/uploads/project/188/f5417c1e879061c1c5da775c255ba2d5\\_2048w.jpg](https://snohetta.com/uploads/project/188/f5417c1e879061c1c5da775c255ba2d5_2048w.jpg)

**Figura 13.** Axonometría del recorrido del sol. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.** Sección con la inclinación solar incidente. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15.** Sección con sol incidente. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16.** Plantas de distribución ZEB Pilot House | Snøhetta. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10ea5e58e-ce3c060000df-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-floor-plan?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10ea5e58e-ce3c060000df-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-floor-plan?next_project=no)  
[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10ebfe58e-ce3c060000e0-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-floor-plan?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10ebfe58e-ce3c060000e0-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-floor-plan?next_project=no)

**Figura 17.** Axonometría. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18.** ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10c02e58e-ce9c4e0000ca-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-photo?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10c02e58e-ce9c4e0000ca-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-photo?next_project=no)

**Figura 19.** Cimentación a tiras. Fuente: Elaboración propia.  
Encaje de paneles de madera. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 20.** Definición material del exterior. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21.** ZEB Pilot House | EVE | Larvik, Noruega. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10b53e58e-ce9c4e0000c6-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-photo?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10b53e58e-ce9c4e0000c6-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-photo?next_project=no)

**Figura 22.** Muros de pilas de piedra reutilizada. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23.** Detalle partición interior dormitorio de madera de álamo vista. Fuente: Elaboración propia

**Figura 24.** ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega. Fuente: [https://snohetta.com/uploads/project/188/1e9272338d255390b30f6f935e304710\\_1024w.jpg](https://snohetta.com/uploads/project/188/1e9272338d255390b30f6f935e304710_1024w.jpg)

**Figura 25.** Sistema de recogida de lluvia. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 26.** Esquema de las instalaciones. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 27.** ZEB Pilot House | Paal-André Schwital | Larvik, Noruega. Fuente: [https://snohetta.com/uploads/project/188/6e7069374b71db4371793b2fc5204b8c\\_2048w.jpg](https://snohetta.com/uploads/project/188/6e7069374b71db4371793b2fc5204b8c_2048w.jpg)

**Figura 28.** Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca. Fuente: <https://aart.dk/projekter/bolig-for-livet>

**Figura 29.** Mapa mudo Europa. Fuente: Elaboración propia-

**Figura 30.** Plano de situación Home for life I Aart architects. Fuente: [https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7cdc197cc46bb000093-home-for-life-aart-architects-situation?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7cdc197cc46bb000093-home-for-life-aart-architects-situation?next_project=no)

**Figura 31.** Home for Life I Aart architects I Lystrup, Dinamarca. Fuente: [https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7d7cf197ccee4700003f-home-for-life-aart-architects-image?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7d7cf197ccee4700003f-home-for-life-aart-architects-image?next_project=no)

**Figura 32.** Axonometría del recorrido del sol. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33.** Esquema sol incidente. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 34.** Plantas de distribución Home for Life I Aart Architects. Fuente: <https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7c80f197ccee4700003a-home-for-life-aart-architects-ground-floor-plan> [https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7c59f197cc46bb000091-home-for-life-aart-architects-first-floor-plan?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7c59f197cc46bb000091-home-for-life-aart-architects-first-floor-plan?next_project=no)

**Figura 35.** Axonometría. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36.** Home for Life I Aart architects I Lystrup, Dinamarca. Fuente: [https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7e0af197cc46bb000098-home-for-life-aart-architects-image?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7e0af197cc46bb000098-home-for-life-aart-architects-image?next_project=no)

**Figura 37.** Esquema reciclaje de materiales. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 38.** Home for Life I Aart architects I Lystrup, Dinamarca. Fuente: <https://www.active-house.info/cases/home-for-life/>

**Figura 39.** Home for Life I Aart architects I Lystrup, Dinamarca. Fuente: [https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7e57f197cc46bb000099-home-for-life-aart-architects-image?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7e57f197cc46bb000099-home-for-life-aart-architects-image?next_project=no)

**Figura 40.** Home for Life I Aart architects I Lystrup, Dinamarca. Fuente: <https://aart.dk/projekter/bolig-for-livet>

**Figura 41.** Hauss am see I José Campos I Potsdam, Alemania. Fuente: <https://josecampos-photographer.com/haus-dam-see/>

**Figura 42.** Mapa mudo Europa. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 43.** Hauss am see I José Campos I Potsdam, Alemania. Fuente: <https://josecampos-photographer.com/haus-dam-see/>

**Figura 44.** Axonometría del recorrido del sol. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 45.** Plano situación Hauss am see I Carlos Zwick Architekten BDA. Fuente: <https://architizer.com/idea/3281071/>

**Figura 46.** Alzado Hauss am see I Carlos Zwick Architekten BDA. Fuente: <https://architizer.com/idea/3281069/>

**Figura 47.** Esquema flexibilidad vivienda. Elaboración propia.

**Figura 48.** Planta Hauss am see I Carlos Zwick Architekten BDA. Fuente: <https://architizer.com/idea/3281066/>

**Figura 49.** Axonometría. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 50.** Hauss am see I José Campos I Potsdam, Alemania. Fuente: [https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a445077480a61e9c58b5d3-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a445077480a61e9c58b5d3-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next_project=no)

**Figura 51.** Boceto construcción estructura. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 52.** Hauss am see I José Campos I Potsdam, Alemania. Fuente: [https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a444127480a61e9c58b5c7-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a444127480a61e9c58b5c7-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next_project=no)

**Figura 53.** Boceto del interior de la vivienda. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 54.** Hauss am see I José Campos I Potsdam, Alemania. Fuente: [https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a44598f043cc657b232350-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a44598f043cc657b232350-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next_project=no)

**Figura 55.** Sección del son incidente. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 56.** Esquema ventilación cruzada. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 57.** Hauss am see | José Campos | Potsdam, Alemania. Fuente: [https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a441d-b7480a61e9c58b5bc-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/961923/house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda/60a441d-b7480a61e9c58b5bc-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo?next_project=no)

**Figura 58.** Boceto de los desniveles de la parcela. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 59.** P-Hose | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe6bf91c813357000114-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe6bf91c813357000114-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=no)

**Figura 60.** Mapa mudo Europa. Fuente: Elaboración propia

**Figura 61.** Plano situación P-Hose | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fc85f91c81f7f5000155-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-site-plan?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fc85f91c81f7f5000155-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-site-plan?next_project=no)

**Figura 62.** P-Hose | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fd82f91c813357000100-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fd82f91c813357000100-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=no)

**Figura 63.** Axonometría del recorrido del sol. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 64.** Fachadas Este y Oeste P-Hose | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fca8f91c8133570000ef-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-facade?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fca8f91c8133570000ef-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-facade?next_project=no)

**Figura 65.** Plano situación P-Hose | Tigges Architekt + Energiehaus | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fcb1f91c81f7f5000157-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-floor-plan?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fcb1f91c81f7f5000157-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-floor-plan?next_project=no)

**Figura 66.** Axonometría. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 67.** P-House | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe91f91c813357000116-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe91f91c813357000116-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=no)

**Figura 68.** P-House | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fdeef91c81335700010c-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=yes](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fdeef91c81335700010c-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=yes)

**Figura 69.** P-House | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe0af91c81f7f5000177-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe0af91c81f7f5000177-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=no)

**Figura 70.** P-House | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe57f91c813357000112-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=yes](https://www.archdaily.com/960567/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe57f91c813357000112-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=yes)

**Figura 71.** Casa B en B | Klaus Dieter Weiss | Bückeberg, Alemania. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767257/casa-b-en-b-matti-schmalohr/552c830ee58ece-bf54000161-giebelansicht-jpg?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/767257/casa-b-en-b-matti-schmalohr/552c830ee58ece-bf54000161-giebelansicht-jpg?next_project=no)

**Figura 72.** Casa LLP | Adrià Goula | Barcelona, España. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/774089/casa-llp-alventosa-morell-arquitectes/5600c563e58ecedc57000189-house-llp-alventosa-morell-arquitectes-photo?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/774089/casa-llp-alventosa-morell-arquitectes/5600c563e58ecedc57000189-house-llp-alventosa-morell-arquitectes-photo?next_project=no)

**Figura 73.** Leyenda de iconos tabla estrategias. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 74.** Casa Patio EB10 | Fernando Alda | Madrid, España. Fuente: <http://www.fernandoalda.com/en/works/architecture/1293/casa-patio-passivhaus-eb10>

**Figura 75.** Leyenda de iconos tabla estrategias. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 76.** ZEB Pilot House | Bruce Damonte | Larvik, Noruega. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/773458/casa-piloto-zeb-pilot-project-snohetta/55f10a9ce58ece3c060000d2-zeb-pilot-house-pilot-project-snohetta-photo>

**Figura 77.** Home for Life | Aart architects | Lystrup, Dinamarca. Fuente: <https://www.archdaily.com/889593/home-for-life-aart-architects/5a8f7c9bf197cc46bb000092-home-for-life-aart-architects-image>

**Figura 78.** Hauss am see | José Campos | Potsdam, Alemania. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/961934/casa-junto-al-lago-carlos-zwick-architekten-bda/60a44263f043cc657b23233b-house-by-the-lake-carlos-zwick-architekten-bda-photo>

**Figura 79.** P-House | Pol Viladoms | Girona, España. Fuente: [https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960573/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe77f91c81f7f500017f-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next\\_project=no](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/960573/p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus/6081fe77f91c81f7f500017f-p-house-tigges-architekt-plus-energiehaus-photo?next_project=no)

**Figura 80.** Casa LLP | Adrià Goula | Barcelona, España. Fuente: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/774089/casa-llp-alventosa-morell-arquitectes/5600c60de58ecef5f00019b-house-llp-alventosa-morell-arquitectes-photo>

**Figura 81.** Berkshire Residence | Rory Gardiner | Massachusetts, USA. Fuente: <http://rory-gardiner.com/archive/americas/berkshire>

