

# TRABAJO FINAL DE GRADO ETSAV – UPV 2015

LA CUBIERTA INCLINADA EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA.

AUTOR: JUANES ARNAL, ROSA.

TUTOR: BLASCO GARCÍA, VICENTE.

## ÍNDICE

RESUMEN

OBJETIVOS Y METODOLGÍA

INTRODUCCIÓN

DESARROLLO

<b>1. Antecedentes</b> .....	<b>6</b>
El concepto de refugio.....	6
<b>2. Evolución</b> .....	<b>9</b>
Arquitectura vernácula.....	9
Arquitectura “culta” .....	9
<b>3. Clasificación</b> .....	<b>11</b>
3.1. Según su forma .....	11
3.2. Según su uso .....	12
3.3. Según su comportamiento higrotérmico.....	12
<b>4. Componentes y materiales</b> .....	<b>13</b>
4.1. Cobertura.....	13
4.2. Aislamiento térmico.....	16
4.3. Soportes de cobertura .....	17
4.4. Estructura resistente.....	19
<b>5. Exigencias</b> .....	<b>21</b>
5.1. Resistencia mecánica .....	21
5.2. Estanquidad .....	21
5.3. Aislamiento térmico.....	22
5.4. Aislamiento acústico .....	22
5.5. Protección contra incendios .....	23
5.6. Durabilidad.....	23
<b>6. Cubierta inclinada no ventilada. Cubierta caliente</b> .....	<b>24</b>
6.1. Convencional .....	25
6.2. Invertida.....	25
<b>7. Cubierta inclinada ventilada</b> .....	<b>28</b>
Métodos de ventilación de la cámara de aire .....	28
7.1. Sobre forjado plano. ....	29
7.2. Sobre forjado inclinado.....	29
<b>8. Uso en la arquitectura contemporánea</b> .....	<b>32</b>
Precedentes.....	32
Contemporaneidad.....	34
8.1. Envolverte continua. ....	37
<b>9. Ejemplos</b> .....	<b>39</b>
9.1. La Casa Huarte, Corrales y Molezún .....	39
9.2. Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo. (1991 – 1998).....	45
9.3. Casa para un fotógrafo 2 en el Delta del Ebro, Carlos Ferrater. ....	50

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE IMÁGENES

## RESUMEN

La cubierta nace como la respuesta del hombre a la necesidad de protegerse del ambiente, de los agentes climatológicos... Es, pues, el gesto más primitivo de la arquitectura, el de techar un espacio. Además, la inclinación de la misma responde a un problema meramente funcional, ya que supone la forma más fácil y directa de evacuar las aguas e impedir que se estanquen en ella, originando problemas de filtraciones. La cubierta inclinada ha estado siempre presente en la historia de la arquitectura. Sin embargo, con la llegada del Movimiento Moderno, se produce una ruptura con la tradicionalidad que se verá reflejada también en la cubierta, apostando por formas cúbicas y cubierta plana. Hoy en día se cuenta con la suficiente tecnología como para impedir la entrada de agua sin necesidad de recurrir a la inclinación de la cubierta. No obstante, el uso de la misma ha experimentado un nuevo auge, a pesar de la pretendida ruptura del Movimiento Moderno.

## RESUM

La coberta naix com a resposta de l'home a la necessitat de protegir-se de l'ambient, dels agents climatològics... És, doncs, el gest més primitiu de l'arquitectura, el d'ensostrar un espai. A més, la inclinació de la mateixa respon a un problema merament funcional, ja que suposa la forma més fàcil i directa d'evacuar les aigües i impedir que s'estanquen en ella, originant problemes de filtracions. La coberta inclinada ha estat sempre present en la història de l'arquitectura. No obstant això, amb l'arribada del Moviment Modern, es produeix una ruptura amb la tradició que es veurà reflectida també en la coberta, apostant per formes cúbiques i coberta plana. Hui en dia es compta amb la suficient tecnologia com per a impedir l'entrada d'aigua sense necessitat de recórrer a la inclinació de la coberta. No obstant això, l'ús de la mateixa ha experimentat un nou auge, malgrat la pretesa ruptura del Moviment Modern.

## SUMMARY

The roof is born as the response given by men to the need of protection from the environment, the weather conditions, the elements... Roofing a space is, therefore, the most primitive architectural gesture. Moreover, the inclination of the same responds to a merely functional problem, that of finding the easiest and straightest way to evacuate the waters and prevent them causing filtrations problems. The sloping roof has always been present in the history of architecture. However, with the advent of the Modern Movement, a rupture occurs with traditionality which will also be reflected in the cover, backing cubic forms and flat roof. Nowadays, we have enough technology to prevent the entry of water without resorting to the slope of the roof. However, the use thereof has experienced a new revival, despite the alleged breaking of the Modern Movement.

## **OBJETIVOS Y METODOLOGÍA**

Con esta memoria se pretende estudiar el uso que se realiza en la arquitectura contemporánea de la cubierta inclinada.

El trabajo se inicia con la búsqueda de los antecedentes de la cubierta inclinada, así como un breve resumen de su evolución hasta la actualidad.

A continuación, se estudia la clasificación de los distintos tipos de cubiertas, y se realiza un repaso de los principales componentes de una cubierta, así como los materiales más habitualmente usados. También se establecen las exigencias básicas que ha de cumplir una cubierta, completándolas con las exigencias que impone la norma.

La metodología de trabajo consiste en realizar un desarrollo teórico de las diversas tipologías constructivas de cubierta inclinada que existen, acompañadas de secciones y axonometrías constructivas, que permitirán ver con mayor claridad las diferentes soluciones, y sus detalles de encuentros con el canalón, la cumbrera.

A continuación, se realiza un repaso del uso de esta cubierta en la arquitectura contemporánea, ilustrándolo con una serie de ejemplos.

Po último, se escogen una serie de obras por su interés arquitectónico y constructivo, y se explican en mayor profundidad, acompañándolas también de secciones y axonometrías constructivas.

La memoria finaliza con un apartado de conclusiones.

## INTRODUCCIÓN

La cubierta nace como la respuesta del hombre a la necesidad de protegerse del ambiente, de los agentes climatológicos, la lluvia, el viento, la temperatura... Es, pues, el gesto más primitivo de la arquitectura, el de techar un espacio. Al hablar de la historia de la cubierta podríamos estar hablando de la historia de la arquitectura. Además, la inclinación de la misma responde a un problema meramente funcional. Su fundamento, completamente racional, se basa en que la misma geometría de la cubierta es la que permite la evacuación de las aguas. Se produce así de la forma más fácil y rápida, impidiendo que se estanquen en ella, con los consiguientes problemas de filtraciones.

La cubierta inclinada ha estado siempre presente en la historia de la arquitectura. Sin embargo, con la llegada del Movimiento Moderno, se produce una ruptura con la tradición que se verá reflejada también en la cubierta, apostando por formas cúbicas y cubierta plana. El llamado "Estilo Internacional" propone un modo de construir basado en la homogeneidad tanto material, como formal y constructiva. Una nueva forma de proyectar dentro de un mundo que se estaba universalizando. No obstante, como comprobaremos en el desarrollo del trabajo, esta ruptura es tan sólo aparente. Siempre existen figuras que apuestan por una humanización de la arquitectura moderna, como es el caso de Alvar Aalto.

Hoy en día se cuenta con la suficiente tecnología como para impedir la entrada de agua sin necesidad de recurrir a la inclinación de la cubierta. No obstante, el uso de la misma ha experimentado un nuevo auge, a pesar de la pretendida ruptura del Movimiento Moderno. Parte de este desarrollo ha tenido que ver con la posibilidad de aprovechamiento del espacio bajo cubierta, que antiguamente se utilizaba principalmente como cámara de aire ventilada. La posibilidad de ocupación de este lugar ofrece un mayor abanico de posibilidades espaciales en el interior del edificio. La cubierta inclinada, en definitiva, aunque no permite el aprovechamiento del espacio exterior, aporta numerosas ventajas, que desarrollaremos en el estudio de su uso en la arquitectura contemporánea.



Imagen 1: Centro de la comunidad judía en Trenton, Louis Kahn.

## DESARROLLO

### 1. Antecedentes.

#### El concepto de refugio

La arquitectura nace con el hábitat, y éste, con la cubierta. El primer problema al que se enfrenta cualquier muestra de arquitectura primitiva es la necesidad de techar para la protección frente a los agentes meteorológicos, condiciones climáticas... La construcción antigua y espontánea, sea iglú, cabaña de viña, tienda mongol, etc., es básicamente una cubierta.

Sin embargo, el refugio, en su concepción más básica, no es una invención humana; sino algo que buscamos instintivamente, como lo hacen todos los animales. Desde el principio de los tiempos el hombre ha tenido la necesidad de refugiarse y protegerse del medio, de los agentes climatológicos, de los animales, de otros hombres, etc.

Así pues, resulta imposible entre historiadores e investigadores llegar a un acuerdo sobre cuál sea el origen y la esencia misma de la arquitectura: el menhir, la cueva o la cabaña, cada uno de ellos representando el arte, el cobijo y la racionalidad construida.

#### **El menhir**

Se denomina menhir a todo monolito hincado verticalmente en el suelo. Si bien normalmente nos referimos a un producto de la obra del hombre, en un sentido más amplio podríamos incluir el árbol como menhir natural.

En cuanto al menhir propiamente dicho, tuvo su desarrollo en la Prehistoria. Éste se relaciona a su vez con el dolmen, monumento megalítico formado por una gran losa horizontal que se apoya sobre grandes piedras verticales. Un gran ejemplo de dolmen, cuya función arquitectónica seguimos percibiendo hoy en día, Stonehenge (en Salisbury, Gran Bretaña). Su círculo megalítico sigue representando todo cuanto de signo mitopoético puede contener la arquitectura. Aquí podemos establecer una primera voluntad de resguardo, un gesto sencillo con un gran trasfondo.

El menhir, con su voluntad comunicativa, forma parte intrínsecamente de la historia del hombre, y de la arquitectura. Uno de los ejemplos más importantes en la cultura oriental es la pirámide y el obelisco egipcios, monumentos funerarios o religiosos cuya forma y simbología siguen planteando importantes cuestiones al hombre contemporáneo. Por su parte, en la cultura occidental el obelisco también ha mantenido constante su presencia, desde el Imperio romano, la Roma barroca, o las grandes capitales de París, Londres, Madrid Washington.

#### **La cueva**

Como contraposición al menhir, encontramos la cueva. Mientras que el primero poseía capacidad comunicativa, lejos de poder ser habitado, la cueva representa la necesidad de protección, de cobijo, pero carente de significado a priori.

Dentro de la cueva podemos distinguir dos tipos. En primer lugar, la cueva natural, que al igual que ocurría con el árbol, por sí misma no es arquitectura, pero según las circunstancias puede trascender su condición geológica. El hombre siente la necesidad de apropiarse de los muros de las cuevas, mediante pinturas u otros recursos, y de esta manera humaniza la naturaleza.

En segundo lugar, encontramos la cueva funeraria. En este caso, interviene ya el hombre de manera directa, para la construcción de monumentos o espacios funerarios, tumbas, de gran importancia en la época por la fe en la vida más allá de la muerte.

Uno de los ejemplos más importantes de este tipo de cueva es la *Tumba de Atreo*, también conocida como el *Tesoro de Atreo*, en Micenas, Grecia.

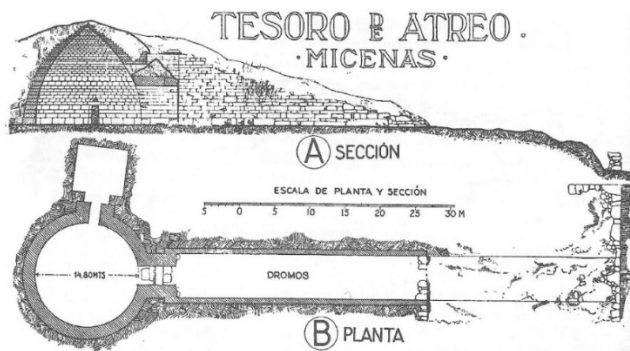


Imagen 2: Tumba de Atreo, en Micenas.

## La cabaña

La cabaña representa la conjunción de estos dos ejemplos anteriores. Proporciona refugio, pero es construida por el hombre, lo que le otorga significado.

El paso de la cueva a la cabaña se realiza a comienzos del Neolítico, cuando remite el clima glacial. El hombre busca volcar su actividad hacia el exterior, cambia su forma de vida. De esta manera, frente a la cueva que lo enterraba en la oscuridad, la cabaña emerge sobre el terreno, lo edifica. Para la construcción de la cabaña el hombre recurre a elementos que encuentra en su medio natural: ramas, troncos, paja, pieles de animales o incluso piedras que va colocando de manera solapada. Pronto se da cuenta, asimismo, de la importancia de colocar dichos elementos en pendiente, para evitar la acumulación de agua y la mayor facilidad de paso de ésta al interior de la cabaña.

Ejemplos de esta cabaña primitiva abundan en la historia de la arquitectura. Uno de ellos son los poblados construidos en el primer milenio a.C., con viviendas de planta circular y techo de paja sostenido por vigas de madera. Restos muy bien conservados de estas viviendas encontramos en el norte de España, en Coaña, Asturias, o los de Santa Tecla y La Coruña en Galicia.

El descubrimiento de la agricultura y la ganadería propician el paso del nomadismo al sedentarismo, y los refugios temporales van ganando en calidad constructiva para convertirse poco a poco en construcciones más duraderas. Así pues, en este largo proceso que lleva de la

prehistoria a la civilización, van apareciendo las primeras edificaciones ideadas por el hombre: viviendas, cuadras, murallas...

Numerosos autores han hablado del origen de la arquitectura como el origen de la cabaña. Una de las teorías más importantes, y que mayor trascendencia tuvo, fue la de Marc-Antoine Laugier, a pesar de la falta de conocimientos técnicos del autor.

*«Consideremos al hombre en su primer origen y sin ningún auxilio; sin otra guía que el instinto natural de sus necesidades. Precisa un lugar de reposo. Al borde de un tranquilo riachuelo ve un prado; su naciente verdor complace a sus ojos, su tierno césped lo invita; acude allí y, blandamente tendido sobre esta alfombra esmaltada, no se cuida sino de gozar en paz de los dones de la naturaleza; nada le falta y no desea nada. Pero pronto el ardor del sol, que le quema, le obliga a buscar un abrigo. Ve un bosque que le ofrece el frescor de su sombra; corre a ocultarse en su espesura, y helo de nuevo contento. Sin embargo, mil vapores elevados al azar se encuentran y se reúnen, espesas nubes cubren el aire y una lluvia espantosa se precipita como un torrente sobre este bosque delicioso. El hombre, mal cubierto al abrigo de sus hojas, no sabe cómo defenderse de una humedad incómoda que le penetra por todas partes. Aparece una caverna y se introduce en ella, encontrándose a resguardo. Pero nuevas desazones le disgustan también en este refugio. Se encuentra en tinieblas y respira un aire malsano y se decide, por ello, a suplir con su industria la falta de atención y las negligencias de la naturaleza. El hombre quiere hacerse un alojamiento que le cubra sin sepultarlo. Algunas ramas caídas en el bosque son los materiales propios para su designio. Escoge cuatro de las más fuertes y las alza perpendicularmente disponiéndolas en un cuadrado. Encima coloca otras cuatro de través, y sobre éstas coloca otras inclinadas que se unan en punta por dos lados. Esta especie de tejado está cubierto de hojas los bastante apretadas entre sí como para que ni el sol ni la lluvia puedan penetrar a través de él; y he ahí al hombre ya alojado. Es cierto que el frío y el calor le harán sentir su incomodidad en esta casa abierta por todas partes, pero entonces llenará los espacios comprendidos entre los pilares y se encontrará guarnecido».*

Marc-Antoine Laugier, *Teoría de la cabaña. Essai sur l'architecture, 1753.*

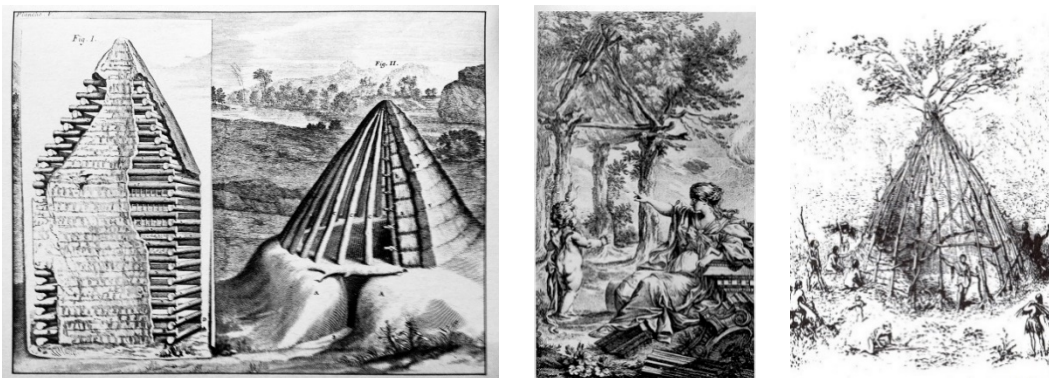


Imagen 3: Visiones de la cabaña primitiva según Claude Perrault, Laugier y Viollet respectivamente.



## 2. Evolución.

Para poder abordar el tema de la cubierta inclinada, se va a realizar un breve recorrido por la historia de la arquitectura, desde sus inicios hasta la actualidad, ejemplificando el tipo de construcción propia del lugar y tiempo.

En primer lugar, y dado que no tiene tiempo propio, trataremos la arquitectura vernácula. En segundo lugar, y solapándose temporalmente con la primera, trataremos la arquitectura "cultura", que sí sigue un orden cronológico.

### Arquitectura vernácula

### Arquitectura "cultura"

En **Mesopotamia** podemos empezar a hablar de la cubierta habitada, con los famosos Jardines Colgantes de Babilonia, de los que sin embargo no existe ninguna prueba arqueológica. Hablamos pues, también, de cubierta plana.

El emperador Nabucodonosor VII mandó construir, cerca de su palacio, un enorme promontorio de piedra que recreara una montaña artificial, para paliar la nostalgia que sentía su esposa por la vegetación propia de su lugar de origen. Se trataba de un sistema de construcción muy especial en el que se usaba como material básico el adobe, ya que en esta región la piedra es muy escasa. Para la ejecución de dichos Jardines se construyeron unas terrazas escalonadas sobre pilares impermeabilizadas con betún, que era un material abundante en estas tierras, en las que se plantaron árboles y otras especies vegetales. El agua de riego se subía por unas norias a los distintos niveles. Podemos hablar también de la primera cubierta ajardinada.

Tanto los palacios como las casas se articulaban en torno a un patio al que se abrían, mientras que los exteriores eran prácticamente ciegos. Las cubiertas de las naves eran planas y en terraza. Para las cubiertas de luces (entradas y ventanas) se utilizaba el arco y la bóveda. La forma dominante era el cubo, lo que confiere una gran pesantez al conjunto, sólo aligerada por el escalonamiento de los edificios.

Otra de las primeras civilizaciones de las que se tiene constancia es la **civilización egipcia**. Ésta, utiliza tanto un sistema de bóvedas primitivas, como un sistema adintelado. Sin embargo, éste último se utilizó en mayor medida, sobre todo en edificios monumentales. Las construcciones, adinteladas con muros y pilares, contaban con cubiertas planas conformadas por enormes bloques de piedra caliza, muy pesados, apoyados en muros externos y grandes columnas poco espaciadas. Podemos decir que se trata de una arquitectura arcaica.

En construcciones menos monumentales, el sistema utilizado consistía en coronar los muros con manojos verticales de palmas, pisadas por un tronco de palmera para servir de borde o remate del fluido barro que se tendía para lograr la cubierta.

La arquitectura **Creta** utiliza la cubierta plana adintelada. El palacio cretense resuelve su cubierta mediante azotea.

En **Grecia** se desarrolla una arquitectura adintelada, pero rematada por cubierta inclinada a dos aguas. La cubierta utiliza viguetas de madera, ventilada mediante tabiquillos, vista por sus dos caras, y protegida por elementos cerámicos, como teja plana, o de piedra solapados.

En **Roma**, sin embargo, comienzan a utilizarse soluciones más complejas. Se empleaban estructuras de madera, pero también bóvedas y cúpulas de un hormigón primitivo "romano". Este es el caso por ejemplo del Panteón en Roma, cuya cúpula se cubre con tejas de bronce. En la mayoría de casos, sin embargo, se utilizó la teja cerámica, sobre cubiertas inclinadas a dos aguas. La teja romana podía llegar a pesar hasta 12 kg. Podemos destacar en este punto la "domus" romana, con su cubierta inclinada a dos aguas. También se utilizó como sistema de cubrición ladrillos colocados en plano, recibidos en el mortero de las bóvedas.

La arquitectura **bizantina**, seguidora de la romana, incorpora el ladrillo como elemento resistente, impermeabilizado con vertidos de arcilla y teja.

La cubierta **medieval** se desarrolla mediante las estructuras de madera y las bóvedas de piedra. Los sistemas de impermeabilización son los ya conocidos, a base de rellenos de arcillas. Las pendientes son muy acusadas, lo que obliga a que los materiales de cubrición: teja, madera, pizarra, que trabajan por solape, tengan un buen sistema de sujeción. Los sistemas de evacuación de las aguas están muy desarrollados, como las fantásticas gárgolas que se ven en nuestras catedrales góticas.

Esta cubierta medieval convive con las cubiertas de los edificios de la arquitectura musulmana, acabados con las "tejas árabes", vidriadas de colores, que existen en muchos países: Marruecos, Siria, etc. e, incluso, en España: en Córdoba la Mezquita, en Sevilla los Reales Alcázares, en Granada la Alhambra, etc.

Entre el **Renacimiento** y el **siglo XIX** se produce el desarrollo de varios sistemas: la pizarra sobre elementos de madera; los canalones son de cerámica teñida al aceite y los baberos, encuentros y solapes de plomo; la madera se emplea como tejas, protegidas con aceite.

En el **siglo XVIII** aparece un sistema de construcción que dará lugar a las "cubiertas a la catalana".

En el **siglo XIX** se perfeccionan los sistemas estructurales de las cubiertas con el empleo del acero y el hierro.

En el **siglo XX** se siguen empleando, aunque más perfeccionadas, las cubiertas tradicionales de teja, pizarra, uralita, elementos metálicos y los paneles sándwich, tanto de madera hidrófuga como de chapa ondulada, etc.

Con la llegada del Movimiento Moderno se produce una ruptura con la tradición, poniendo en auge el uso de cubiertas planas. Esto será desarrollado en el apartado de uso en la arquitectura contemporánea.

### 3. Clasificación.

Existen numerosos criterios a la hora de clasificar los distintos tipos de cubiertas.

#### 3.1. Según su forma

##### - Planas

Se define como cubierta plana aquella que tiene una pendiente comprendida entre el 1 y el 5%. Su gran presencia hoy en día se debe a la aparición y el desarrollo de productos que garantizan la impermeabilidad, y su facilidad constructiva.

##### - Inclinadas

Aquellas cubiertas que cuentan con una pendiente mayor al 5%. En las cubiertas inclinadas la impermeabilidad se garantiza, en primer lugar, mediante coberturas de bajo coeficiente de absorción de agua, en segundo lugar, mediante la pendiente adecuada para cada material, y, por último, con los solapes precisos entre las distintas piezas o la resolución de las juntas.

En el documento básico de Protección frente a la humedad (HS1) del CTE se establecen las pendientes mínimas y máximas de las cubiertas planas, y las mínimas de las inclinadas.

##### - Singulares

Se trata de cubiertas constituidas por superficies de simple o doble curvatura.<sup>1</sup>

En este trabajo, nos vamos a centrar en las cubiertas inclinadas.

---

<sup>1</sup> Cubiertas en plano inclinado, Ángeles Mas Tomás. Pág. 6.

3.2. Según su uso

- Transitables

**Planas:**

- Tránsito peatonal
- Tránsito rodado
- Ajardinada

- No transitables

**Planas:**

- No tránsito
- Inundada

**Inclinadas:**

- Piezas solapadas pequeñas
- Piezas solapadas grandes
- Láminas metálicas
- Paneles

3.3. Según su comportamiento higrotérmico

Centrándonos en las cubiertas inclinadas, distinguimos:

- Cámara de aire

**Ventilada: Cubierta fría**

- Forjado plano
- Forjado inclinado

**No ventilada/ Sin cámara de aire: Cubierta caliente**

- Forjado inclinado

- Aislante térmico

**Convencional**

**Invertida**

- Control vapor de agua

**Con/sin barrea de vapor**

**Con/sin capa de difusión de vapor**

#### 4. Componentes y materiales.

A continuación exponemos los distintos componentes que forman una cubierta inclinada, así como los materiales más utilizados en cada uno de los casos.<sup>2</sup>

##### 4.1. Cobertura

##### - Piezas solapadas pequeñas

##### **Tejas**

Se trata de piezas pequeñas que, convenientemente solapadas o encajadas, proporcionan la estanqueidad a la cubierta.

Las tejas pueden ser cerámicas (tradicionales), de hormigón, de gres, metálicas, o de vidrio o plástico traslucido, pero las más empleadas son las dos primeras.

También podemos clasificarlas según su forma en:

##### o Teja curva.

También conocida como "teja árabe". Su forma se define por una superficie cilíndrica o cónica, curvada; su grosor es constante en toda la pieza para permitir el solapo de una pieza con otra entre 7 y 15 cm, y un paso de agua mayor o igual a 3 cm. Se coloca alternando una fila con la canal hacia abajo (cobija) y otra fila con la canal hacia arriba (canal). Tiene la ventaja de resolver con un mismo elemento todos los problemas de una cubierta: canales, cobijas, cumbreras, limatesas y limahoyas.

##### o Teja mixta.

Es una teja que alterna un perfil curvo para la cobija y uno plano, por donde discurre el agua (canal), en una misma pieza. Su fijación se realiza mediante un sistema de encaje longitudinal y otro transversal.

##### o Teja plana.

Posee una forma más compleja. Se trata de una pieza con perfil plano, que dispone de acanaladuras y resaltes para su encaje y solape. Cuenta pues, al igual que la reja mixta, con un sistema de encaje longitudinal y otro transversal.

El soporte de cobertura puede ser continuo, si el sistema de fijación es con mortero, o discontinuo, si es por rastreles, que pueden ser de madera o metálicos.

##### **Pizarra**

La pizarra es una roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas. Se trata de un material duro, pero exfoliable, poco abrasivo y de color negro azulado. Es utilizado principalmente en zonas montañosas para la creación de cubiertas con pendientes acusadas. Presenta diversas formas y tamaños.

---

<sup>2</sup> Sánchez-Ostiz Guitierrea, A.: "Cubiertas". Editorial Dossat 2007. Págs.: 131-175.

En cuanto a su puesta en obra, a pesar de contar con piezas específicas para solucionar los puntos singulares, su ejecución presenta una mayor dificultad, por lo que suelen utilizarse bandas metálicas de acero inoxidable, cobre, zinc o aluminio.

Podemos clasificar la colocación de las pizarras según tres tipos:

- Clásica:

La forma más usada. Los solapes en el sentido de la pendiente son de 2/3 partes del tamaño de la pieza, garantizando de esta manera un espesor de tres gruesos de pizarra.

- A granel:

Consiste en utilizar piezas de pizarra de tamaños y formas no uniformes, ofreciendo un aspecto rústico y artesanal. Su colocación es siempre mediante clavos, aunque resulta laboriosa, por lo que precisa de mano de obra experimentada.

- Modelos cuadrados:

El formato utilizado en este caso es cuadrado, y las placas se colocan en filas con la diagonal de la pieza dispuesta en horizontal. De esta manera, en el centro de las piezas existe un único espesor, mientras que en la zona de donde se coloca el gancho coinciden 4 piezas, dando lugar a un espesor de tres pizarras.

### ***Piezas asfálticas***

Se trata de productos bituminosos prefabricados en piezas de pequeño tamaño y diversos formatos, formados por una armadura y recubrimientos bituminosos, con un material antiadherente como acabado inferior, y una protección mineral exterior de color natural o pigmentado. Por lo general son de formato rectangular, y presentan una parte continua y otra formada por varias faldillas, que son las que quedan visibles en la cubierta.

- Piezas solapadas grandes

### ***Placa de fibrocemento***

Es una placa ondulada o nervada formado por una mezcla de aglomerante inorgánico hidráulico, cemento, o un aglomerante de silicato de calcio, formado por la reacción entre un material silíceo y uno calcáreo, y reforzado con fibras. Las placas de fibrocemento son fáciles de cortar y perforar.

### ***Placa ondulada bituminosa***

Constituida por una mezcla de betún con fibras orgánicas y/o inorgánicas, coloreadas o no, que pueden llevar un recubrimiento superficial mineral o granulado. Más que como cobertura, se emplean como soporte en cubiertas de teja o pizarra, para complementar a éstas y garantizar la estanqueidad.

### ***Placas sintéticas***

Se trata de placas onduladas, nervadas o grecadas, formadas por un material plástico (poliéster reforzado con fibra de vidrio, PVC, polimetacrilato de metilo o policarbonato) que se emplean para aportar luz natural a través de la cubierta.

### ***Placas metálicas***

Son placas autoportantes, que, por su material y forma, soportan las cargas aplicadas y las transmiten a la estructura portante. Los materiales utilizados pueden ser acero, acero inoxidable o aluminio, con un menor porcentaje de uso de las de cinc y cobre.

Por su forma las podemos clasificar en:

- Nervadas

Las crestas pueden ser trapezoidales o redondeadas. En el primer caso pueden tener los nervios rigidizados. Permiten tanto el solape longitudinal como el transversal.

- Onduladas

Su perfil es curvilíneo, y también permiten el solape en las dos direcciones.

- Planas en bandeja

Con junta alzada y uniones solapadas.

Las placas deben tener un espesor entre 0.6 y 1.2 mm, la anchura oscila entre 0.9 y 1 m, y la longitud no es recomendable que supere los 6m. Un aspecto a tener en cuenta es la dilatación de las placas por los cambios de temperatura.

### – Chapas o láminas metálicas

Se trata de un elemento plano o lineal, de pequeño espesor generalmente, que puede ser de diversos materiales: cinc, plomo, cobre, acero inoxidable o acero. Su formato puede ser variado, aunque normalmente son piezas rectangulares. Debido a su pequeño espesor se deben colocar sobre un soporte continuo. Además, habrá que tener en cuenta la incompatibilidad entre materiales, colocando una capa separadora si se diera el caso.

El solape entre las chapas debe permitir la libre dilatación de las mismas. En el sentido longitudinal, paralelo a la pendiente, la unión puede ser:

- Junta sobre listón

Las chapas se unen entre sí en el sentido longitudinal a través de un listón de madera, que a su vez incorpora entre éste y el soporte patillas de anclaje para fijar las láminas. Por último, un tapajuntas se dispone por encima del listón y se une a las chapas y las patillas de anclaje.

- Junta hueca

Unión engatillada con suficiente altura para doblarse formando un rodillo. Se dobla la lámina inferior en ángulo recto y se fija con grapas. La superior se dobla y se engatilla sobre la inferior y las grapas. Finalmente, esta unión se dobla para formar la junta hueca.

- Junta engatillada

Se emplean grapas. Se dobla la lámina inferior en ángulo recto y la superior sobre ésta dejando una holgura amplia.

- Junta alzada

Engatillado vertical entre ambas lo suficientemente alto para evitar infiltraciones.

En el sentido transversal, perpendicular a la pendiente, entre las láminas se realiza un engatillado, bien simple, doble o utilizando una patilla de anclaje para sujetar las láminas al soporte. Esta junta se evitará en la medida de lo posible, dependiendo de la longitud del faldón.

#### 4.2. Aislamiento térmico

Como hemos explicado anteriormente, una de las misiones de la cubierta es proteger térmicamente el interior, reduciendo en la medida de lo posible las transferencias de calor entre interior y exterior. Para ello se dispone de aislamiento térmico.

Podemos agrupar el aislamiento térmico en:

- Orgánicos sintéticos: poliestireno expandido o extruido, poliuretano en placas o proyectado, resinas fenólicas o de urea-formol.
- Orgánicos naturales: corcho, lana de madera, fibra de celulosa, arcilla expandida.
- Inorgánicos: lana mineral, de vidrio, vidrio celular, perlita expandida, vermiculita.
- Otros: paneles al vacío, multicapas termo-reflectores.

También podríamos utilizar hormigón ligero para tal fin.

La colocación del aislamiento puede hacerse por el interior o por el exterior de la estructura resistente, o bien formando parte de la misma. El mejor comportamiento higrotérmico se consigue colocando el aislamiento por el exterior, y a su vez, permitiendo la ventilación de la cámara de aire dispuesta en la cara exterior del aislamiento. De esta manera se evitan también los puentes térmicos y permite aprovechar la inercia térmica de los elementos constructivos, que además quedan protegidos de los cambios bruscos de temperatura.

Resulta conveniente, sin embargo, que, si se coloca el aislamiento térmico por el exterior, éste tenga una mínima absorción de agua, para evitar que se humedezca debido a posibles infiltraciones de agua. Así pues, los más recomendables serían el poliestireno extruido y el poliuretano, que además tienen gran capacidad resistente a compresión, lo que resulta importante cuando la cobertura va fijada directamente sobre el aislamiento. Por su parte, el poliuretano proyectado presenta una serie de ventajas. Además de ser impermeable, por su modo de ejecución permite la cubrición completa de los componentes, en todos los ángulos y puntos singulares, así como en formas menos corrientes, y una puesta en obra rápida y sencilla.

Por último, cabe destacar que existen en el mercado aislamientos conformados que incorporan algún método de colocación o fijación de la cobertura, como:



- Poliestireno extruido ranurado, que facilita la adherencia del mortero de sujeción de la teja.
- Poliestireno extruido que incorpora rastreles de fijación de la cobertura.
- Poliestireno expandido con hendidura para colocar la teja directamente.

#### 4.3. Soportes de cobertura

Es el elemento intermedio entre la estructura y la cobertura, y tiene la misión de formar los faldones de la cubierta.

Los soportes de cobertura pueden ser simples o compuestos, formados por la combinación de varios simples, ya sea en obra o en el taller (prefabricados). Dentro de los simples, podemos distinguir aquellos que forman un entramado, discontinuos; aquellos que forman un soporte continuo; o aquellos formados por una combinación de ambos, mixtos. Por su parte, los elementos compuestos incorporan el aislamiento térmico en su diseño.

##### - Rastreles

Son elementos lineales sobre los que se colocan las piezas de cobertura. Suelen ser metálicos o de madera, pero también pueden ser de otros materiales, como hormigón.

Pueden constituir un entramado autoportante o ir colocados directamente sobre tableros continuos. En el primer caso, deben estar apoyados en al menos tres puntos. Se fijan mediante clavos o tronillos. La separación entre rastreles irá en función del tipo de cobertura. Los rastreles se pueden colocar en una única capa en dirección horizontal, o en doble capa, disponiendo en primer lugar los rastreles verticales, y en segundo lugar, los horizontales. Se evita de esta manera la acumulación del agua en el rastrel horizontal y permite, a su vez, la posibilidad de realizar una cámara de aire ventilada.

##### - Correas y cabrios

Las correas son los elementos lineales que se colocan horizontalmente, en perpendicular a la pendiente de la cubierta, que puede actuar de soporte para la cubrición si se trata de elementos grandes, o como soporte intermedio en el caso de elementos más pequeños. Para ello, se emplearán cabrios sobre dichas correas. Los cabrios son elementos lineales que se colocan en paralelo a la línea de pendiente de la cubierta, y unen la cumbrera con la correa solera, apoyándose en las correas intermedias.

##### - Tabiques aligerados

También se les conoce como tabiques palomeros o conejeros. Se trata de una fábrica formada por ladrillos apoyados parcialmente sobre los inferiores, en los extremos, dejando huecos libres repartidos regularmente. Los ladrillos se toman con un conglomerante. También se puede emplear bloques de hormigón. Los tabiques van maestreados superiormente con

mortero de cemento, permitiendo un mejor movimiento del tablero ante dilataciones u otros movimientos diferenciales.<sup>3</sup>

Los tabiques pueden ir colocados en dirección paralela a la línea de máxima pendiente de la cubierta, o perpendicularmente a ella. En el primer caso, obtenemos un mayor arriostamiento frente al viento, y una mayor facilidad de ejecución del tablero. Sin embargo, supone una gran cantidad de ladrillos cortados para poder formar la pendiente de la cubierta, mucha tabiquería, y menor continuidad del aislamiento térmico, mientras que, en el segundo caso, esto no sucede, pero se ha de arriostar frente al viento.

- Tableros de madera o derivados

Los tableros de madera se encargan de dar soporte continuo a las piezas de cobertura. Además, se pueden usar sobre elementos de soporte resistentes discontinuos para proporcionar una superficie continua. Los tableros pueden ser de madera maciza o de derivados.

Las ventajas de estos tableros frente a otros tipos son: la ligereza, la sencillez de puesta en obra, ya que son de fácil manejo, permiten el clavado directo... Pueden llegar a formatos de grandes dimensiones, e incorporar tratamientos antihumedad, contra agentes biológicos, o ignífugo.

- Tablero cerámico

Se trata de un tablero prefabricado de cerámica, también denominado bardo, de formato rectangular, que sirve de soporte continuo para las piezas de cobertura.

En la actualidad, se emplean con más frecuencia los tableros cerámicos armados, compuestos en su sección transversal por dos piezas cerámicas, y en el longitudinal, por una serie de piezas colocadas a matajunta. El tablero cerámico armado permite aumentar la distancia entre soporte, ya que se consigue un formato de mayor dimensión.

En obra, sobre el tablero se realiza una capa de compresión de mortero o de hormigón, obteniendo una superficie plana sin resaltes. El apoyo mínimo de cada borde de la placa es de 40 mm.

- Tablero de hormigón

También constituyen un soporte continuo para la fijación de piezas de cobertura. El hormigón puede ser aligerado, para reducir su peso, y puede llevar resaltes para permitir el apoyo de tejas.

Igual que en el caso anterior, se realiza una capa de compresión en obra. El apoyo de los tableros ha de ser de 25mm como mínimo en cada borde.

- Placa de fibrocemento o metálica

Se puede usar tanto como cobertura como soporte para la cubrición.

---

<sup>3</sup> "Cubiertas en plano inclinado", Ángeles Mas Tomás.

- Soportes compuestos con tableros de madera

**Tipo I**

Tablero de madera con aislamiento térmico incorporado. Pueden colocarse solos o con una o dos capas de rastreles. La doble capa de rastreles permite cámara de aire ventilada. Coberturas apropiadas: piezas solapadas pequeñas o láminas metálicas.

**Tipo II**

Tablero sándwich de madera con núcleo de aislamiento térmico. La cara exterior puede ser hidrófuga o ignífuga. Pueden colocarse solos o con una o dos capas de rastreles. La doble capa de rastreles permite cámara de aire ventilada. Coberturas apropiadas: piezas solapadas pequeñas.

**Tipo III**

Consiste en un tablero de madera sobre el que se fijan unos rastreles y entre ellos el aislante térmico. También puede disponerse el aislante continuo, y sobre él los rastreles, en cuyo caso deberá resistir esfuerzos a compresión el aislante. Coberturas apropiadas: piezas solapadas pequeñas o grandes.

**Tipo IV**

Similar al tipo III, pero con una doble capa de rastreles (la primera vertical). Se procura una ventilación más adecuada y evitar la acumulación de agua en el rastrel horizontal. Coberturas apropiadas: piezas solapadas pequeñas o grandes.

**Tipo V**

Similar al tipo III, pero sobre los rastreles se dispone un tablero de madera, lo que facilita un soporte continuo. Los rastreles intermedios serán verticales, y el panel hidrófugo. Coberturas apropiadas: placas asfálticas, láminas metálicas, y en general, aquellas que precisen de un soporte continuo.

**Tipo VI**

Similar al tipo V, pero sobre el tablero se coloca una capa de listones o rastreles. Coberturas apropiadas: laminas metálicas unidas sobre listón.

**Tipo VII**

Tablero de madera con rastreles horizontales incorporados. El aislamiento será por el interior. Coberturas apropiadas: piezas solapadas pequeñas o grandes.

- Soportes compuestos con placa de fibrocemento o metálica

Compuestos con rastreles, con o sin aislamiento térmico.

- Otros soportes compuestos

De hormigón con aislamiento térmico, con o sin rastreles en doble capa, o tablero sándwich de dos capas cerámicas con aislamiento térmico.

4.4. Estructura resistente

En cuanto a la estructura resistente en las cubiertas inclinadas, en primer lugar, podemos establecer una clara diferenciación de acuerdo con la manera de conseguir el plano inclinado.

Podemos tener, pues, forjado plano con soporte que forme la inclinación, o por el contrario, el propio forjado puede formar la inclinación de la cubierta.

Por otra parte, de manera general, podemos clasificar la estructura resistente en:

- Estructura continua

Forjados y losas realizadas "in situ" o prefabricadas.

- Estructura discontinua pesada

Puede ser de hormigón "in situ" o prefabricado, acero, o madera aserrada.

- Estructura discontinua ligera prefabricada

Con perfiles de chapa plegada galvanizada, tubos y perfiles de chapa plegada laminada en frío, o tablas de madera cosidas con pletinas dentadas de acero galvanizado.

En función el tipo de estructura variará sobre todo en función del uso del edificio.

## 5. Exigencias

### 5.1. Resistencia mecánica

Viene regulada en el CTE-DB-SE-AE, y se analizará a través de:

- Acciones gravitatorias: peso propio, acción de uso, sobrecarga de nieve, cargas durante construcción, mantenimiento e impactos.
- Acciones del viento: presión o succión.
- Acciones térmicas: dilataciones y contracciones cíclicas.
- Acciones reológicas: retracción y fluencia.
- Acciones por deformación: asentamientos diferenciales y movimientos estructurales.
- Acción sísmica (Norma NCSE-02).

Además de garantizar la estabilidad del elemento estructural, habrá que asegurarse de:

- La cubierta no se debe mover ni hacer ruido
- Las láminas no adheridas y los aislantes térmicos no se deben desprender.
- Los lucernarios se deben realizar con vidrios de seguridad.

### 5.2. Estanquidad

Regulada en el CTE, HS 1.

Consiste en impedir la entrada de agua de lluvia o nieve, cuyo grado de penetración depende de la intensidad y duración y la velocidad del viento.

El grado de impermeabilidad de la cubierta es único e independiente del factor climático.

En las cubiertas inclinadas, la impermeabilidad se garantiza mediante:

- Coberturas de baja absorción de agua
- Pendiente adecuada para cada material y zona climática.
- Los solapes precisos entre cada pieza.

En las cubiertas inclinadas, según su tipo, existen unas pendientes mínimas para no requerir impermeabilización, según se refleja en el siguiente cuadro (HS\_03-1, cuadro 2.10):

**Tabla 2.10 Pendientes de cubiertas inclinadas**

		Pendiente mínima en %		
<b>Teja <sup>(2)</sup></b>	Teja curva	32		
	Teja mixta y plana monocanal	30		
	Teja plana marsellesa o alicantina	40		
	Teja plana con encaje	50		
<b>Pizarra</b>		60		
<b>Tejado <sup>(1) (2)</sup></b>	<b>Cinc</b>	10		
	Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10	
		Placas asimétricas de nervadura grande	10	
		Placas asimétricas de nervadura media	25	
	Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10	
		Perfiles de ondulado pequeño	15	
		Perfiles de grecado grande	5	
		Perfiles de grecado medio	8	
	Placas y perfiles	Perfiles nervados	10	
		Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
			Perfiles de grecado o nervado grande	5
			Perfiles de grecado o nervado medio	8
		Perfiles de nervado pequeño	10	
		Paneles	5	
Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	15		
	Perfiles de nervado medio	5		
<b>Bituminosas</b>	Placa en sistema monocapa	25		
	Placa en sistema bicapa	15		

Figura 1: Pendientes de cubiertas inclinadas. (HS\_03-1, cuadro 2.10)

### 5.3. Aislamiento térmico

Regulado en el CTE, HE\_1: "Limitación de demanda energética".

Los objetivos son el ahorro de energía y la mejora medioambiental, al reducir la emisión de contaminantes debidos a la generación de energía y cuyas exigencias energéticas son:

La construcción de los cerramientos debe limitar de forma adecuada la demanda energética para obtener el bienestar térmico, en función del clima de la zona, del uso del edificio y de la estación del año.

La contribución del cerramiento a la demanda energética se determinará en función de sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.

Tratamiento adecuado de los puentes térmicos para evitar pérdidas o ganancias de calor y problemas higrotérmicos.

A continuación, se incluye un cuadro que refleja los valores límite de transmitancia de las cubiertas según la zona climática:

U <sub>m</sub> (W/m²K)					
Cubiertas	ZONA CLIMÁTICA				
	A	B	C	D	E
	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35

Valores límite de transmitancia media de cubiertas (CTE-HE-1)

U (W/m²K)					
Cubiertas	ZONA CLIMÁTICA				
	A	B	C	D	E
	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46

Transmitancia máxima de cada cerramiento de cubierta (DB-HE-1)

Figura 2: Valores límite de transmitancia en cubiertas.

### 5.4. Aislamiento acústico

Regulado en el Documento Básico-DB HR.

Los edificios deberán tener unas características acústicas adecuadas para reducir:

- La transmisión del ruido aéreo
- El ruido de impacto y vibraciones de las instalaciones propias del edificio.
- El ruido reverberante de los recintos.

La cubierta cumplirá con unos valores mínimos entre 33 y 53 dBA en función de los valores límite entre un recinto protegido y el exterior.

Los valores límite del aislamiento acústico al ruido aéreo se determinan en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día. Para el uso residencial, oscilan entre 30 y 42 dBA.

#### 5.5. Protección contra incendios

Viene regulado en el CTE-DB-SI.

La cubierta deberá constituir barrera contra la propagación del fuego, tanto del propio edificio, como de los colindantes, y los elementos que la componen deberán tener una resistencia al fuego determinada para no se produzca la propagación del fuego, humos o gases.

#### 5.6. Durabilidad

Se puede definir como la vida útil de los elementos que la componen, con el uso previsto y el mantenimiento adecuado, y es función de la solución constructiva y de la calidad de los materiales empleados, así como de sus condiciones de uso y mantenimiento.

Factores que influyen en el deterioro de la cubierta:

- Radiación solar, que produce deterioro en los materiales de impermeabilización y aislamiento, por lo que éstos deberán ser debidamente protegidos mediante pavimento, hormigón, gravas, ...
- Ciclos de hielo/deshielo, que producirán movimientos en la cubierta que deberán ser absorbidos. Esta acción perjudica fundamentalmente a los materiales porosos.
- Factores ambientales, como la proximidad al mar, humedad ambiental, polución, ... Este tipo de factores afecta fundamentalmente a las cubiertas metálicas.
- Otros factores debidos a la mala ejecución o defectuoso diseño.

El objetivo más importante para la durabilidad de una cubierta es hacer compatible los movimientos que inevitablemente se generan con la absoluta impermeabilidad que debe tener.

En general, la vida útil de una cubierta se estima entre 20 y 25 años, sin embargo, la de alguno de sus elementos, como la lámina impermeable es bastante menor, en torno a 10 años, por lo que habrá que tener en cuenta su posible reparación.

## 6. Cubierta inclinada no ventilada. Cubierta caliente.

El cerramiento que separa el interior del exterior está formado por una sola hoja, constituida por diversas capas dispuestas contiguamente, o en algunos casos por dos hojas que forman entre ellas una cámara de aire no ventilada. Esta cubierta se encuentra sujeta a fuertes diferencias de temperatura y de presión de vapor de agua entre su cara exterior e interior.

Para garantizar las condiciones exigidas de confort térmico en el edificio, habrá que disponer de aislamiento térmico de acuerdo a lo indicado en la norma NBE-CT (Condiciones térmicas en los edificios) cuando sea necesario.<sup>4</sup>

Existen tres posibles posiciones para este aislante. Puede ser colocado por el exterior, por el interior, o puede formar parte del mismo forjado, mediante bovedillas de poliestireno expandido entre otras. La más idónea de ellas es aquella en la que el aislamiento se sitúa por el exterior del soporte. De esta manera, se consigue una mayor continuidad del material, evitando posibles puentes térmicos. Además, el soporte queda aislado térmicamente, lo que permite evitar dilataciones y contracciones excesivas debido a fuertes cambios de temperatura, y su ejecución y colocación resulta más sencilla.

Otro aspecto relevante de la posición del aislamiento en la cubierta es la posibilidad de aprovechar la inercia térmica del soporte y la propia cubierta. Al contrario que aislando la cubierta por el exterior, hacerlo por el interior o con las propias bovedillas aislantes impide optimizar la masa térmica formada por el forjado de la cubierta. De esta manera, será más adecuado el aislamiento por el exterior en caso de un uso continuo del edificio, mientras que, si se trata de un edificio con un uso temporal y más puntual, será conveniente aislar la cubierta por el interior, lo que permitiría enfriar o calentar de manera más rápida el espacio.

---

<sup>4</sup> Cubiertas en plano inclinado, Ángeles Mas Tomás. Pág. 25.

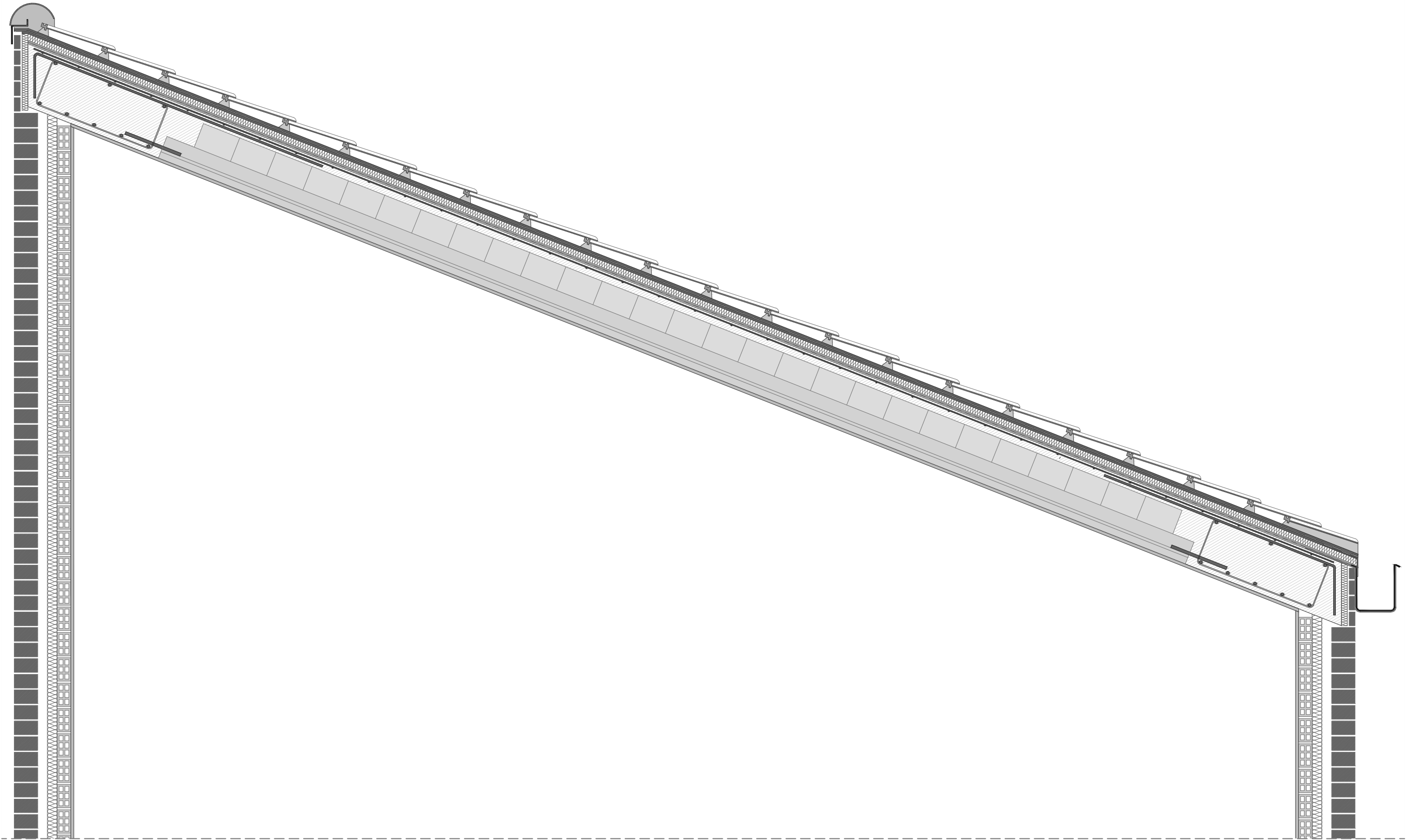


### 6.1. Convencional

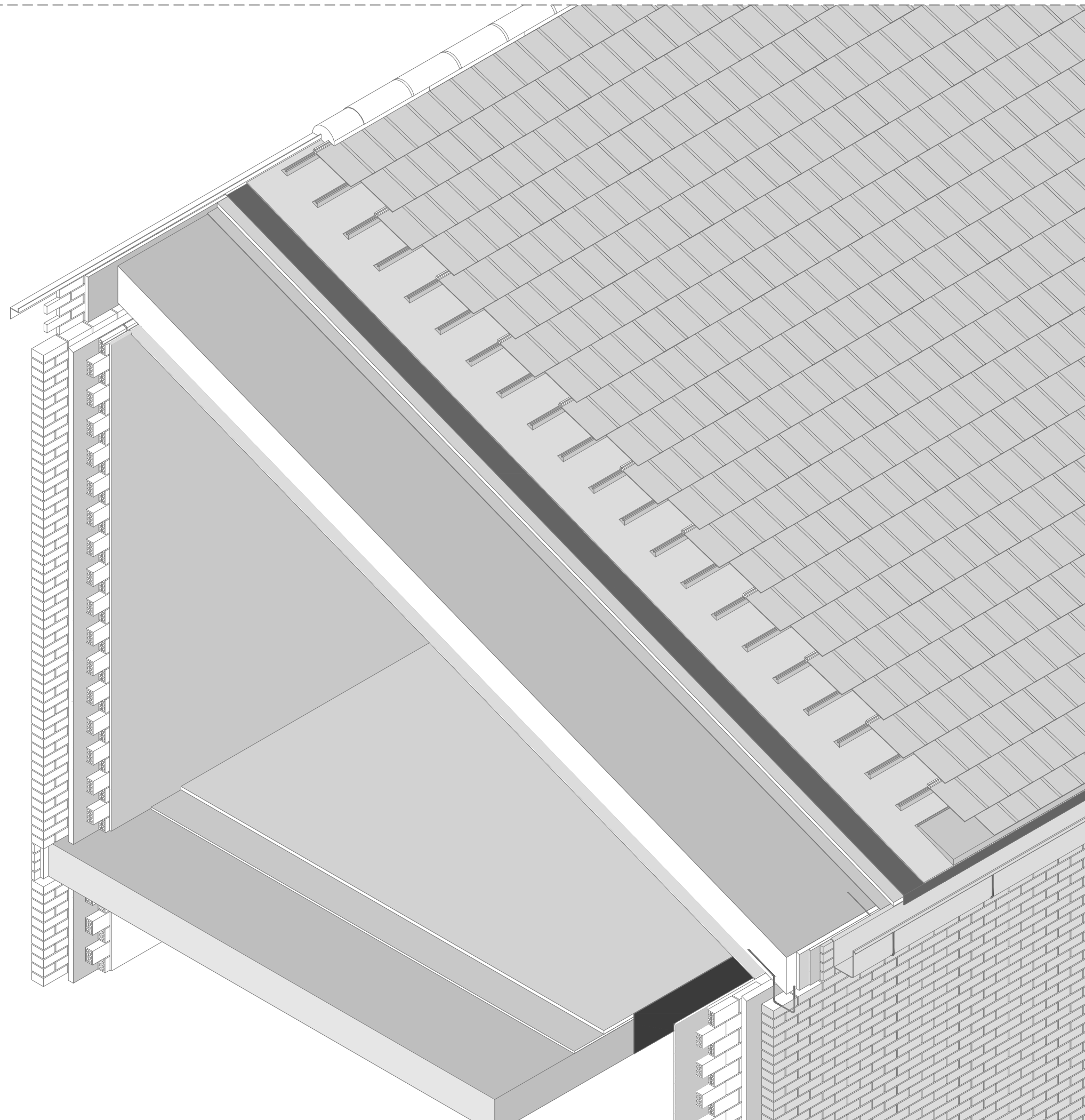
La lámina impermeable de la cubierta se sitúa por encima del aislamiento térmico. Es necesario disponer de una barrera corta-vapor, con el fin de evitar la aparición de condensaciones. Si no estuviera presente la barrera, el vapor de agua procedente del interior del edificio atravesaría el forjado y el aislamiento térmico, pero su paso estaría impedido a través de la impermeabilización. Al estar en contacto con la parte fría de la cubierta (parte externa del aislamiento térmico) y no disponer de ventilación, el vapor de agua condensaría y se producirían problemas en el interior de la cubierta, que, con el paso del tiempo, se reflejaría en el interior del edificio.

### 6.2. Invertida

En la cubierta no ventilada invertida, se produce una inversión del orden de las capas, y la lámina impermeable se coloca en el lugar de la barrera corta-vapor, por debajo del aislamiento térmico. De esta manera, el contacto del vapor de agua con la parte fría de la cubierta ya no se puede producir, ya que éste no atraviesa la lámina impermeabilizante.



SECCIÓN CONSTRUCTIVA DETALLE 1 \_ Cubierta inclinada no ventilada sobre forjado inclinado. Cubrición de tejas planas con recibimiento de mortero.



AXONOMETRÍA CONSTRUCTIVA DETALLE 1 \_  
Cubierta inclinada no ventilada sobre forjado inclinado.  
Cubrición de tejas planas con recibimiento de mortero.

## 7. Cubierta inclinada ventilada.

También conocida como cubiertas frías. La disposición de una cámara de aire ventilada en la cubierta tiene unas claras ventajas respecto al comportamiento higrotérmico de la misma.

Por una parte, sirve de aislamiento y regulación térmica por su renovación de aire. Es decir, contribuye a la protección térmica del edificio.

Por otra parte, reduce la presión del vapor de agua entre interior y exterior.

Será necesaria la disposición de aislamiento térmico según lo dispuesto por la normativa, pero no se considerará como protección térmica suficiente la cámara de aire, especialmente en invierno, ya que al estar ventilada se producirá un enfriamiento inferior de la cubierta.

La protección frente a la humedad se consigue mediante la ventilación de la cámara, por lo que no será necesaria la disposición de una barrera corta-vapor generalmente. Esta sería necesaria en caso de no estar suficientemente ventilada la cámara de aire.<sup>5</sup>

### Métodos de ventilación de la cámara de aire

Para poder conseguir una ventilación eficaz de la cámara podemos:<sup>6</sup>

- Aumentar la pendiente de la capa superior de la cubierta, para favorecer la ventilación, siempre que están bien colocadas las aberturas de evacuación del aire.
- Disponer de puntos de entrada y salida del aire, orificios de ventilación. La entrada del aire se producirá por los puntos bajos de la cubierta, y la salida por los puntos altos. Además, estos orificios deberán estar orientados según la dirección predominante del viento, para facilitar la ventilación.
- Disponer de tejas ventiladoras de entrada y salida del aire a 50 cm del alero y de la cumbrera respectivamente.
- Con conductos de ventilación. Se usará solo en casos excepcionales, en los que el tamaño de la cámara sea muy pequeño, o la inclinación de la cubierta sea baja.

Las aberturas para la ventilación de la cámara deberán tener una sección libre de al menos el 2 por mil de la superficie en planta de la cámara, deberán disponerse enfrentadas y uniformemente distribuidas, y deberán disponer de protección frente a la entrada de agua de lluvia, nieve o animales. (NBE-QB-90)

El CTE establece que la ventilación de la cámara se deberá producir en el lado exterior del aislamiento térmico, y las aberturas deberán cumplir la relación:

$30 > Ss_{(cm^2)} / Ac_{(m^2)} > 3$ , Ss: área efectiva de aberturas, Ac: superficie en planta de la cubierta.

---

<sup>5</sup> Cubiertas en plano inclinado, Ángeles Mas Tomás. Pág. 21.

<sup>6</sup> Cubiertas en plano inclinado, Ángeles Mas Tomás. Pág. 22.

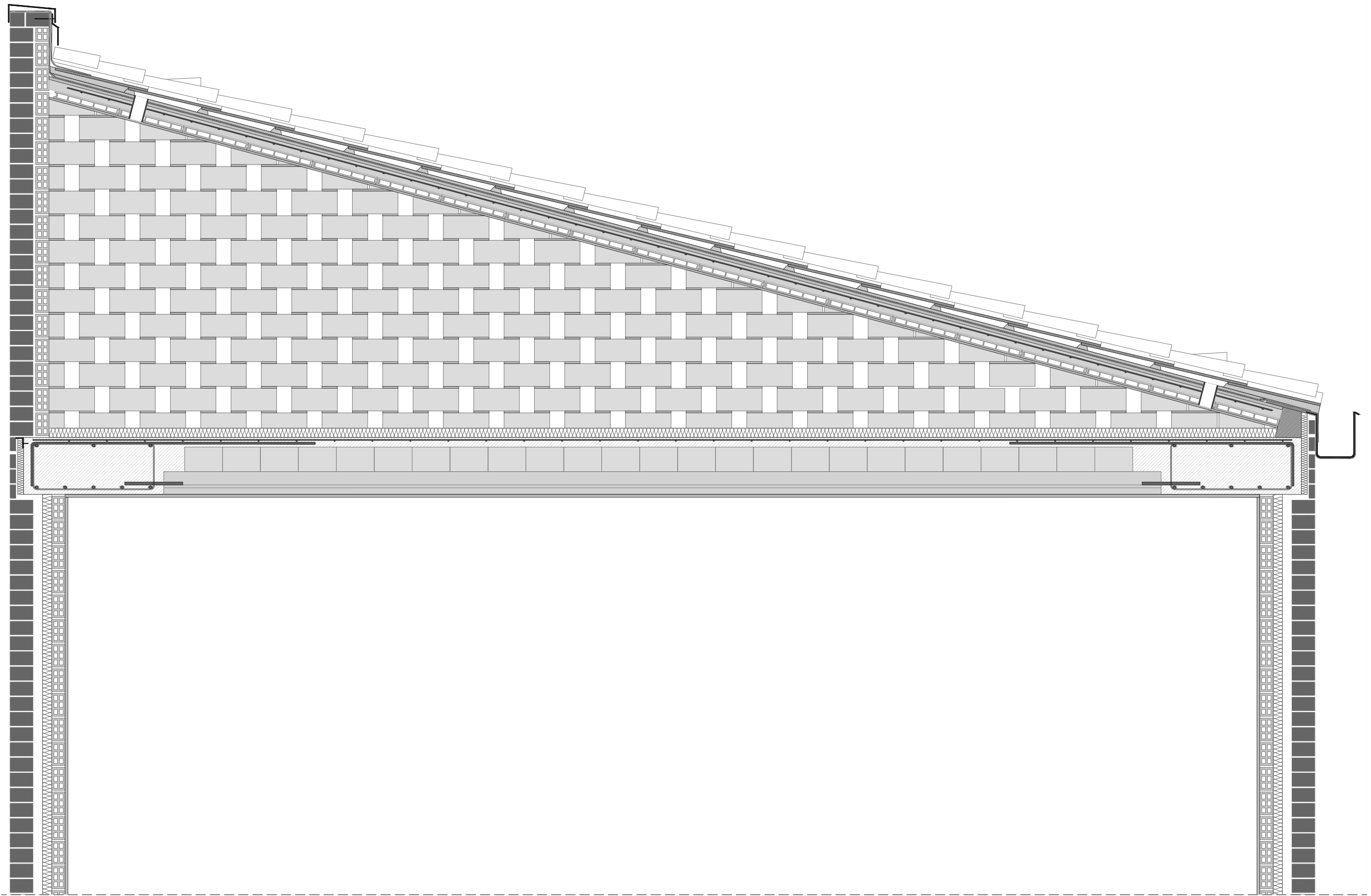
#### 7.1. Sobre forjado plano.

Es el tipo más tradicional de cubierta inclinada ventilada. La base resistente la conforma un forjado plano, mientras que la inclinación se consigue mediante unos tabiques palomeros, que sirven de base al soporte sobre el que se fijará la cobertura.

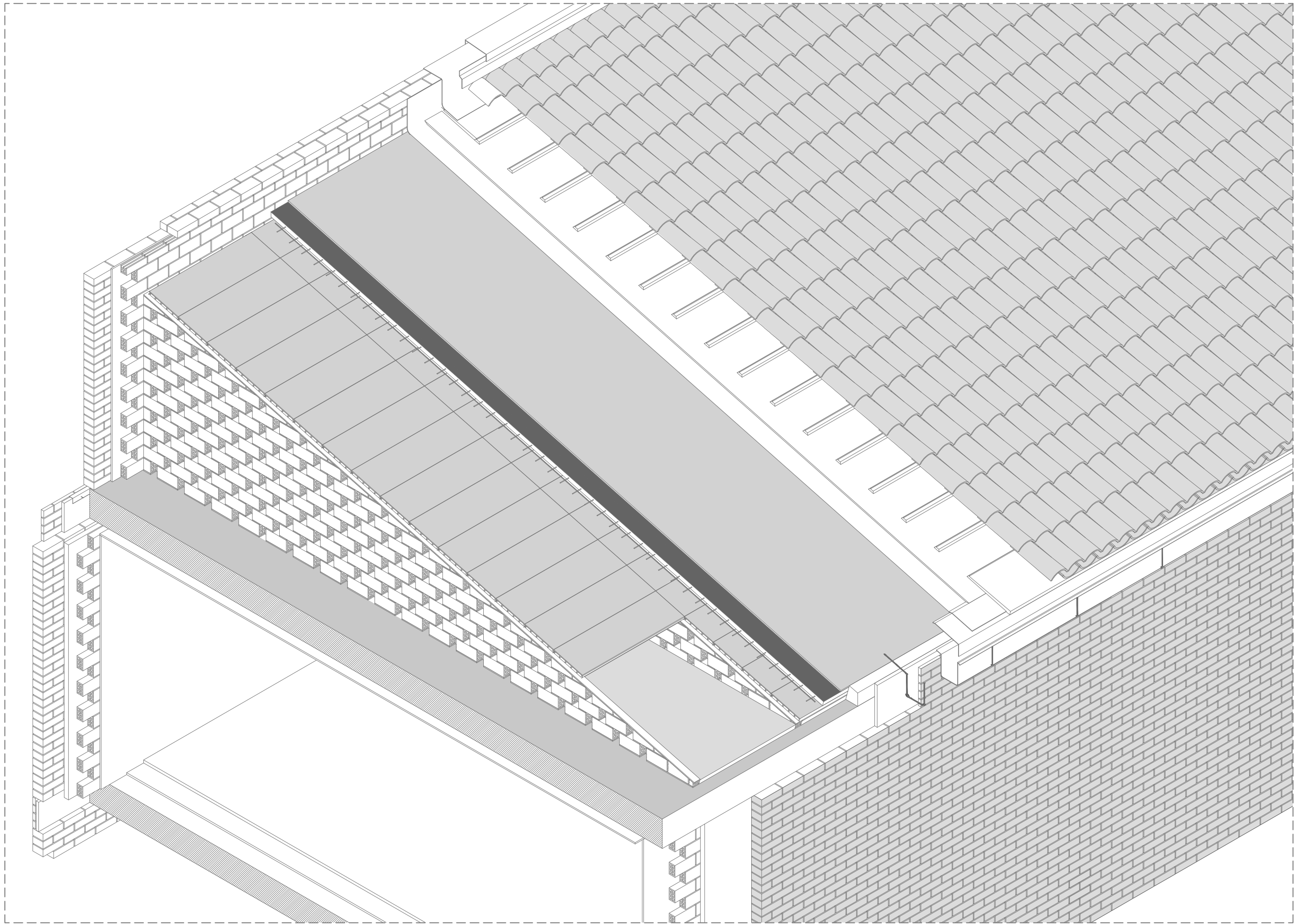
Tiene la desventaja de no poder aprovechar el espacio bajo cubierta, ya que se trata de un espacio no acondicionado, y por tanto no habitable.

#### 7.2. Sobre forjado inclinado

Se trata de un tipo constructivo más reciente, que busca mejorar el comportamiento higrotérmico de las cubiertas inclinadas no ventiladas, pero permitiendo el aprovechamiento del espacio bajo cubierta, convirtiéndolo en un espacio habitable del edificio.



SECCIÓN CONSTRUCTIVA DETALLE 2 \_ Cubierta inclinada ventilada sobre forjado plano. Cubrición de tejas curvas con recibimiento de mortero.



AXONOMETRÍA CONSTRUCTIVA DETALLE 2 \_ Cubierta inclinada ventilada sobre forjado plano. Cubrición de tejas curvas con recibimiento de mortero.

## 8. Uso en la arquitectura contemporánea.

Como hemos explicado al comienzo del trabajo, el origen de la arquitectura está íntimamente ligado con el origen de la cubierta. Ésta surge como respuesta a la necesidad de guarecerse de los agentes climáticos, tanto precipitaciones, como temperatura... Y el primer gesto, es sin duda, el de techar un espacio.

A lo largo de la historia, las cubiertas han ido evolucionando, y han dado lugar a diversos tipos.

### Precedentes

Con la llegada del **Movimiento Moderno**, se produce una aparente ruptura radical con la arquitectura tradicional. En 1925, Le Corbusier razonaba técnicamente de qué manera la cubierta plana se comportaba mejor que la inclinada en zonas de fuerte nevada. Posteriormente, en 1927, en su teoría de "Los cinco puntos de una nueva arquitectura" enunciará el principio del "toit-jardin". Con este principio sostiene que la superficie de naturaleza que ha sido ocupada por el edificio, ha de ser devuelta en forma de jardín en la cubierta del edificio, un lugar de uso que recupere la cultura al aire libre. Sin embargo, recordemos sólo su definición de arquitectura de 1923: "la arquitectura es el juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes bajo la luz". Volúmenes puros que obtenía con cubiertas planas.

A pesar de que el Movimiento Moderno rechazara en principio el uso de la cubierta inclinada, ésta nunca dejó de estar presente en su evolución desde los primeros años 20 del siglo XX. Se produce una reinención del plano inclinado de la cubierta. En este proceso, los rusos fueron pioneros, destacando como figura más influyente Melnikov. El **Garaje Bakhmetevsky** en Moscú (1927) fue uno de los proyectos donde más sentido alcanzó el juego entrecruzado de los planos de cubierta para introducir la luz en un espacio diáfano, evitando de esta manera la perforación de la cubierta.

Años más tarde, Arne Jacobsen proyecta cubiertas inclinadas en edificaciones de distintos usos y escalas. Ya en su primera etapa utiliza la cubierta inclinada, pero con una vertiente más tradicional y vernácula. En la **Escuela Munnkegards**, en Copenhague (1951 – 1958) mediante la alteración de la cubierta inclinada permite abrir una nueva ventana que dota de mayor claridad al espacio de doble altura del aula.

A pesar de su primer rechazo, ni el mismo Le Corbusier renuncia completamente a la cubierta inclinada. En el **paellón de Zúrich** (1960 – 1967), por ejemplo, utiliza un tejado metálico independiente en forma de doble paraguas. Consta de dos partes cuadradas, cada una de ellas dividida en cuatro piezas, con dos pendientes. El resultado es una geometría de inclinaciones diferentes y de mucha mayor complejidad que un tradicional tejado tejado a dos o cuatro aguas. La cubierta adquiere una rotunda presencia, lo que otorga al edificio un carácter escultórico, en el contexto paisajístico en el que se sitúa, un parque y un lago. Además, bajo este techo inclinado, Le Corbusier ubica su terraza exterior en cubierta. En este edificio, el arquitecto reconcilia los dos grandes sistemas cuyo enfrentamiento había sido claro en el Movimiento Moderno: la cubierta plana aterrizada y el tejado inclinado. La importancia de la



terrazza en cubierta es cada vez mayor ara Le Corbusier, pero el tejado inclinado era, al mismo tiempo, el símbolo eterno del resguardo, de la función del cobijo en la arquitectura.

Otro edificio en el que podemos ver que Le Corbusier no hace uso únicamente de la cubierta plana es la capilla de **Notre Dame de Haut**, en Ronchamp, 1954. Aunque no se trata de una cubierta singular, por su curvatura y forma, lo cierto es que demuestra que las formas cúbicas no siempre son suficientes cuando se trata de otorgar expresividad. El mismo arquitecto afirma que la cubierta de la capilla es un caparazón de cangrejo que recogió en una playa. El caparazón descansará sobre paredes de piedra recuperada. Sin embargo, flota sobre ellas, dejando una rasgadura de 10 cm por la que entra la luz. Esta separación, unida a la curvatura de la cubierta, su dimensión y la materialidad, hacen que la obra adquiera una espiritualidad y elevación insuperables.



Imagen 4: Pabellón de Zúrich, Le Corbusier.



Imagen 5: Capilla en Ronchamp, Le Corbusier.

Esta segunda parte del pensamiento de Le Corbusier tendrá importantísimas consecuencias. Será clave para todos los movimientos anticlásicos de la segunda mitad de siglo, que podrían ser englobados dentro del deconstructivismo (desde Utzon y su ópera de Sidney al Guggenheim de Bilbao de Frank Gehry).

Dentro del Movimiento Moderno, hubo otros arquitectos que apostaron por una humanización de la arquitectura, dejando de lado la frialdad del estilo internacional puro. Arquitectos como Alvar Aalto. La **Maison Louis Carré** (1959) es un ejemplo de su búsqueda por adaptarse al entorno mediante las formas. La cubierta inclinada de la casa sigue la pendiente del terreno sobre el que se asienta.



Imagen 6: Maison Louis Carré, Alvar Aalto.

Por último, cabe mencionar las grandes obras del siglo XX que se alejaron del esqueleto estructural reticular, gracias al uso de nuevos materiales como el hormigón armado.

Planteaban nuevas geometrías, basadas en su comportamiento estructural. Superficies parabólicas, de doble curvatura... Arquitectos como Torroja, Félix Candela, Nervi desarrollaron este tipo de formas, que dio lugar a cubiertas singulares.

Así pues, hemos podido comprobar que, aunque el movimiento Moderno propone una ruptura con la cubierta inclinada, para apostar por formas ortogonales y reticulares, esta ruptura no es tan totalitaria, sino más bien aparente.

### Contemporaneidad

Si bien la cubierta inclinada nace como gesto primitivo para guarecerse de los agentes climáticos, y como mejor vía para la evacuación de agua procedente de las precipitaciones, hoy en día se cuenta con la suficiente tecnología como para permitir garantizar la estanqueidad de un edificio sin necesidad de disponer de una cubierta inclinada.

Entonces, ¿por qué se sigue utilizando la cubierta inclinada? A través de la observación de diversos ejemplos de cubiertas inclinadas contemporáneas, vamos a realizar una síntesis de las voluntades a las que responde el proyectista.

### *Calidad espacial interior*

Antiguamente, el tipo de cubierta inclinado con mayor predominancia se basaba en la utilización del espacio bajo cubierta como un espacio no habitable, de ventilación de la misma, que contribuía a su comportamiento higrotérmico. En la actualidad, se ha producido un paso del desván ventilado al desván habitable, perdiendo por el camino las ventajas que proporcionaba la ventilación del espacio bajo cubierta. El nuevo tipo no funciona correctamente si no se dispone de una barrera corta vapor sobre el forjado, especialmente si se coloca una lámina impermeable para mejorar la estanqueidad de la solución, ya que puede llevar a problemas de condensaciones. Sin embargo, los avances técnicos se dirigen a crear una cámara de aire ventilada en el interior del faldón, entre el recubrimiento y el aislamiento térmico.

Esta conversión del espacio no habitable, cuya única función era la de ventilar, en un espacio habitable, permite, no sólo su aprovechamiento como parte del programa funcional del edificio, sino también dotarle de mayor calidad espacial.

En el caso del **Palacio de congresos de Aragón**, de Nieto Sobejano (2005 – 2008) una gran cubierta quebrada envuelve los diferentes volúmenes. Este manto blanco, según los propios arquitectos, cobija un amplio espacio interior, fluido y dinámico, que pone de manifiesto el carácter público e institucional de su programa.

La cubierta se resuelve con paneles prefabricados tipo "GRC", de 1,80 x 8,50 metros, con un bajo relieve de rombos en el acabado superficial. En los rombos se inserta un mosaico de piezas triangulares, de 21x42 centímetros, de cerámica tipo gres, esmaltada en blanco con el acabado mate o brillante.



Imagen 7: Palacio de congresos de Aragón, Nieto Sobejano.

### *Abstracción de la imagen de la arquitectura*

En muchas otras ocasiones, observamos edificios que utilizan la cubierta inclinada como respuesta al lugar en el que se implantan, por tradición y voluntad de mimesis. Sin embargo, mediante la materialidad de la misma, logran darle una imagen moderna y actual al edificio, llevando la forma al mundo de lo abstracto.

Como ejemplo, podemos mencionar la **Casa 7/2** en Hokkaido (2006), del arquitecto Sou Fujimoto. En realidad, se trata de dos viviendas, formadas por siete volúmenes que, por el contexto en el que se ubican, un entorno natural y tradicional, adoptan la forma de típica vivienda a dos aguas. Sin embargo, cada uno de los volúmenes no constituye una vivienda única, sino que, como hemos dicho, cada una de las viviendas estaría formada por tres bloques y medio.

La imagen que ofrece la vivienda es claramente moderna, a pesar de su forma tradicional.

Otro ejemplo que podemos encontrar, es el nuevo edificio de la **Filarmónica de Szczecin**, en Polonia (2009 – 2014) del estudio barcelonés Barozzi Veiga. El edificio se encuentra localizado en el emplazamiento histórico del "Konzerthaus", que fue destruido durante la Segunda Guerra Mundial. Al igual que ocurría con la pre-existencia contigua, desde el exterior prevalece la verticalidad geométrica de la cubierta. El edificio es claramente moderno, per busca entablar un diálogo con las cubiertas escarpadas y las divisiones verticales de los edificios residenciales, las torres y los pináculos neogóticos de las iglesias, y la arquitectura industrial de la localidad portuaria



Imagen 8: Casa 7/2, Sou Fujimoto.



Imagen 9: Filarmónica de Szczecin, Barozzi Veiga.

### *Introducción de luz*

En muchas ocasiones, gracias a la geometría, es posible la incorporación de luz cenital. Además, no se trata únicamente de permitir la entrada de luz, sino que la geometría de la cubierta busca una mejor distribución de esta hacia el interior.

Este es el caso, por ejemplo, de edificio “**Trumpf**” industrial training centre, situado en Neukirch, Alemania (2005), de los arquitectos Barkow Leibinger Architects. En el restaurante, el buen comportamiento del lucernario inclinado se incrementa con los planos inclinados que lo enmarcan y actúan como difusores de luz.<sup>7</sup>

La nueva nave acoge el centro de formación y el restaurante de la empresa. La solución arquitectónica toma como referente la tipología clásica de las naves industriales decimonónicas, adecuándola al contexto rural en el que se sitúa.



Imagen 10: edificio “Trumpf”, Barkow Leibinger Architects.

Otro ejemplo, de entre los millones que existen, es el **Museo de Arte Moderno de Estocolmo**, de Rafael Moneo, que será analizado más adelante. En esta ocasión, la cubierta inclinada a cuatro aguas cuenta con un lucernario en el punto medio más alto, por el que entra la luz difusa para iluminar las obras de arte expuestas en el museo.

---

<sup>7</sup> Revista Tectónica 26. Iluminación (II) natural.

### 8.1. Envolverte continua.

Un apartado especial merece la envolvente continua, un tipo constructivo nuevo cada vez más habitual en la arquitectura contemporánea.

Desde el comienzo del trabajo hemos hablado de la diferenciación entre cerramiento vertical y cubierta de un edificio. La cubierta es la quinta fachada del edificio, y como tal, no debe olvidarse ni dejar en segundo plano a la hora de proyectar y diseñar una obra.

Sin embargo, es cada vez más habitual en la actualidad, el uso de un nuevo modo constructivo, la envolvente continua, en la que esta diferenciación entre fachada y cubierta no existe. La propia piel del edificio se pliega para formar la cubierta, y formalmente no existe diferenciación.

Es, pues, difícil establecer si estamos hablando de fachadas que se convierten en cubiertas o, por el contrario, cubiertas que se convierten en fachadas. En cualquier caso, hablaremos de una provisional desaparición de cumbreras y canalones de recogida de aguas, en el caso de que asimilemos la situación a la de una cubierta, y la desaparición de la esquina tradicional, y de su remate al encontrarse con la cubierta, en el caso de hablar de fachadas. Esta situación de papeles cambiados obliga a cumplir los requisitos que se dan en todos los casos por lo que todo acaba funcionando como una cubierta, sabiendo que siempre le toca resolver las peores situaciones.<sup>8</sup>

Esta nueva tipología constructiva viene fomentada por la ruptura con las geometrías clásicas estructurales. La rigidez de la retícula de vigas y pilares ya no es suficiente. Se busca cambiar los espacios vacíos y estériles, atrapados dentro de contenedores rígidos, por espacios fluidos y dinámicos, que revolucionen el concepto de estructura como una trama regular.

A pesar de los numerosos ejemplos existentes de edificios de envolvente continua en la actualidad, vamos a estudiar en mayor profundidad el caso de la torre Agbar, del arquitecto Jean Nouvel.

La **torre Agbar**, situada en Barcelona, ocupa una esquina singular de la ciudad. La obra está resuelta como una figura simple, de planta oval y cúspide redondeada, sin aristas. La forma de óvalo, sin vértices, acentúa el deseo expresado en la memoria del proyecto de dar al edificio un carácter de objeto exento y reconocible emblemático.

La fachada es un muro portante de hormigón armado hasta la planta 26, moldeador de la figura. A partir de esta planta, la figura se prolonga hacia arriba mediante perfiles de acero dispuestos según meridianos y paralelos que forman la cúpula de coronamiento. Toda esta estructura es revestida con un recubrimiento de lamas de cristal soportadas por una estructura metálica independiente sujeta a la principal. Tanto el acabado de la fachada como la forma de la torre fueron expresamente diseñados como imagen de la torre, tal como se recoge en la memoria del proyecto.

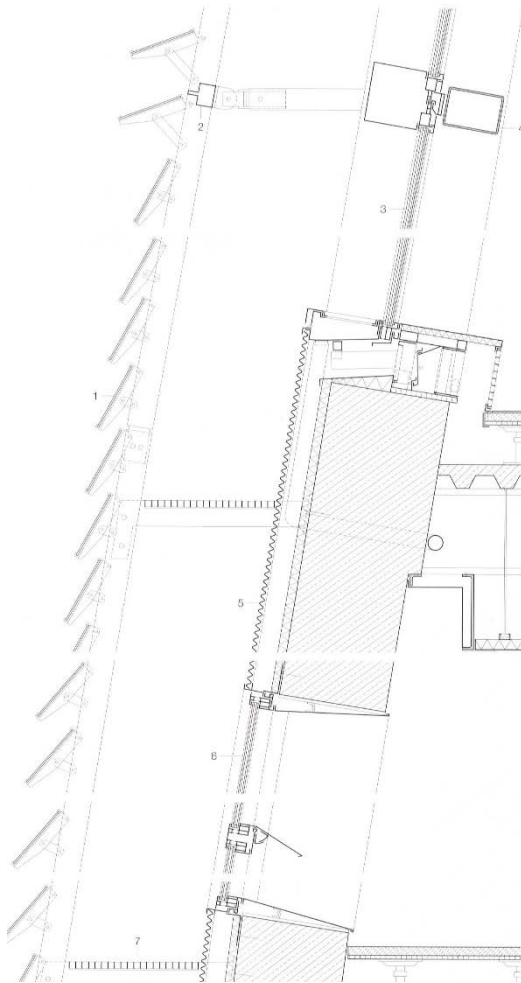
---

<sup>8</sup> Revista Tectónica 17 geometrías complejas / dossier construcción 3.



En el interior de esta gran carcasa se levanta otra torre tubular de hormigón, de forma análoga a la primera, que completa la estructura portante del edificio. Este núcleo se acaba en forma abovedada en hormigón; a diferencia de la torre exterior cuyo coronamiento de la cúpula es de cristal transparente, a modo de óculo.

Las plantas altas (27-31), quedan en voladizo, sólo sustentadas por el núcleo central de hormigón, separadas completamente de la fachada. Además, dibujan diferentes formas en planta, dejando la fachada como único elemento que mantiene una continuidad visual. El espacio que aquí se genera es muy fluido.



Imágenes 11, 12.: Torre Agbar, Jean Nouvel.

En la sección constructiva podemos observar la diferencia entre las plantas inferiores, con cerramiento de hormigón armado, revestido por paneles de aluminio, y perforado por huecos, que están dispuestos de manera irregular en la fachada; y las plantas superiores, en las que este muro es sustituido por un entramado de perfiles metálicos, dando lugar a una fachada mas transparente, que conformará la cúpula del edificio. En ambos casos, se superpone una piel de lamas de vidrio regulables en inclinacio, con una estructura auxiliar propia que se adosa a la estructura principal.

## 9. Ejemplos.

### 9.1. La Casa Huarte, Corrales y Molezún

La casa Huarte es una vivienda unifamiliar, situada en Puerta de Hierro, Madrid. Se trata de una obra de los arquitectos José Antonio Corrales y Ramón Vázquez Molezún. Fue construida en el año 1966 para la conocida familia de la que toma su nombre, Huarte.



Imagen 13: Casa Huarte, Corrales y Molezún.

La vivienda se halla en un entorno semiurbano. La parcela se dispone en esquina, delimitada por una calle principal y una calle secundaria, y medianeras en sus otros dos lindes. El proyecto responde a este enclave encerrándose en sí mismo, para proporcionar intimidad respecto de la ciudad jardín en la que se asienta. Se separa de la calle, para aislarse del ruido, modificando el terreno; se construyen unos muros perimetrales, con banqueros y se rellenan de tierra. La casa, pues, es de carácter compacto y cerrado, abriéndose hacia el interior. La planta se desarrolla en forma de peine, con dos alas transversales que abarcan tres patios que se abren hacia un jardín cubierto aterrazado. Estos patios tienen cada uno un carácter diferente, ligado a su uso. El primero es el vestíbulo de entrada, el segundo tiene un carácter más familiar, donde se encuentra la piscina, y el tercero, más tranquilo, al que vuelcan los dormitorios. Con la intención de aislar estas dos últimas zonas de vida interior, de los ruidos y las vistas desde otras partes de la casa, se dispone un volumen de servicios que une los dormitorios principales con el comedor y cierra el segundo patio, cuya cubierta ajardinada no altera las vistas ni la relación del resto de dependencias con la naturaleza domesticada.

La vivienda se desarrolla en planta baja principalmente, a excepción del cuerpo principal, que adopta una segunda planta abuhardillada donde se coloca la biblioteca privada y el dormitorio del niño.

Se trata de un espacio diáfano que permite una circulación fluida entre habitaciones, y con una gran luminosidad, facilitada por los grandes ventanales que se abren hacia el sur y al jardín.

La estructura de la vivienda es de hormigón armado hasta la cota del terreno, y metálica en el resto. Los forjados utilizados son Viroterm, que contribuyen al aislamiento a través de virutas de madera. Los cerramientos son de ladrillo refractario visto, los interiores enlucidos blancos. Para los pavimentos interiores se utilizaron plaquetas de 25 x 25 cm, mientras que en los exteriores se utiliza ladrillo colocado a sardinel.

La cubierta es de teja vidriada color berenjena y todos los remates entre ladrillo y teja, están hechos con chapa galvanizada plegada según la necesidad. Es decir, es remate y canalón al mismo tiempo. El estudio del detalle buscaba una unión limpia entre la teja plana y el ladrillo.

La imagen que se consigue en esta vivienda es muy potente. Se combinan volúmenes reducidos con gran desarrollo en longitud, y perpendiculares a estos, volúmenes con mucha mayor presencia en altura, con sus cubiertas inclinadas a un agua, que dominan la imagen del conjunto. No obstante, la rotundidad de estos cuerpos, y de las formas de la vivienda en general, muy cuadrículada, queda completamente asentada en el entorno natural en el que se encuentra gracias a la materialidad de los mismos. La tradicionalidad del ladrillo y la teja se suman además a un brillante uso de la vegetación y del arte de la jardinería.

En definitiva, Corrales y Molezún integran magistralmente en esta vivienda las virtudes modernas con las referencias vernáculas, formas abstractas con materiales tradicionales, transmitiendo a su vez claramente el concepto de "hogar".

*"El sistema de cubiertas es muy popular, como una casa de pueblo, a un agua todo, con unas piezas de chapa que rematan muy limpiamente el edificio. Se parece a una zona de un pueblo de cubiertas libres. No parece que esté organizado. El porche de entrada también tiene un remate de chapa. Todo este juego de remates es muy importante.", José Antonio Corrales.*

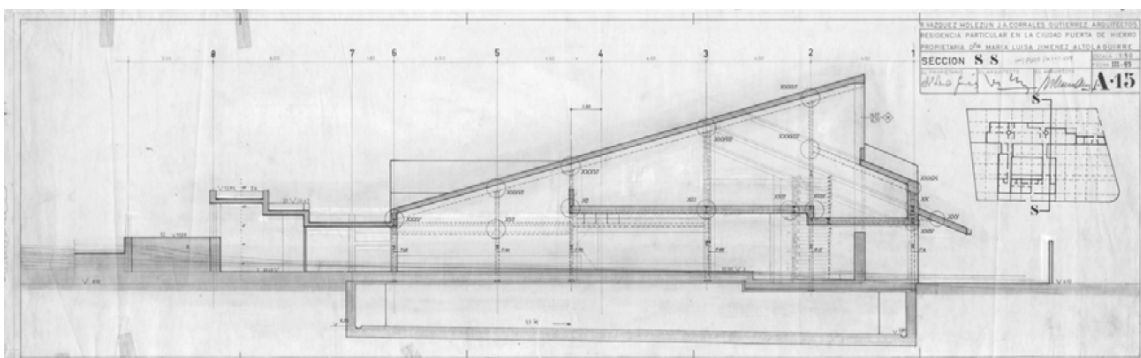


Imagen 14: Casa Huarte, Corrales y Molezún. Sección por la biblioteca y el comedor.

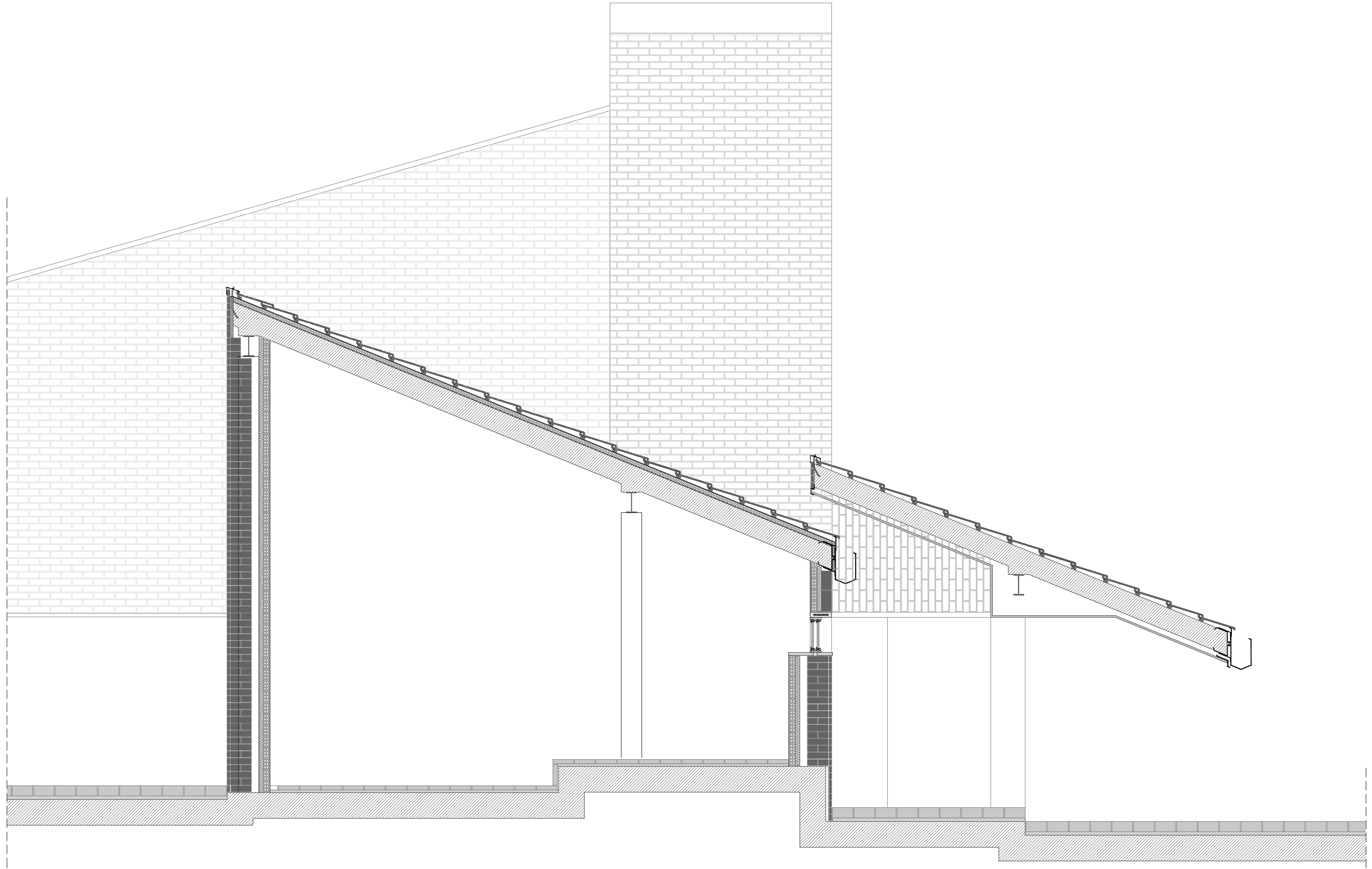


En esta memoria se va a analizar la sección constructiva de la cubierta por el porche de entrada a la vivienda. En esta sección se observa una elevación de la cubierta del porche para permitir la iluminación de la entrada a la vivienda.

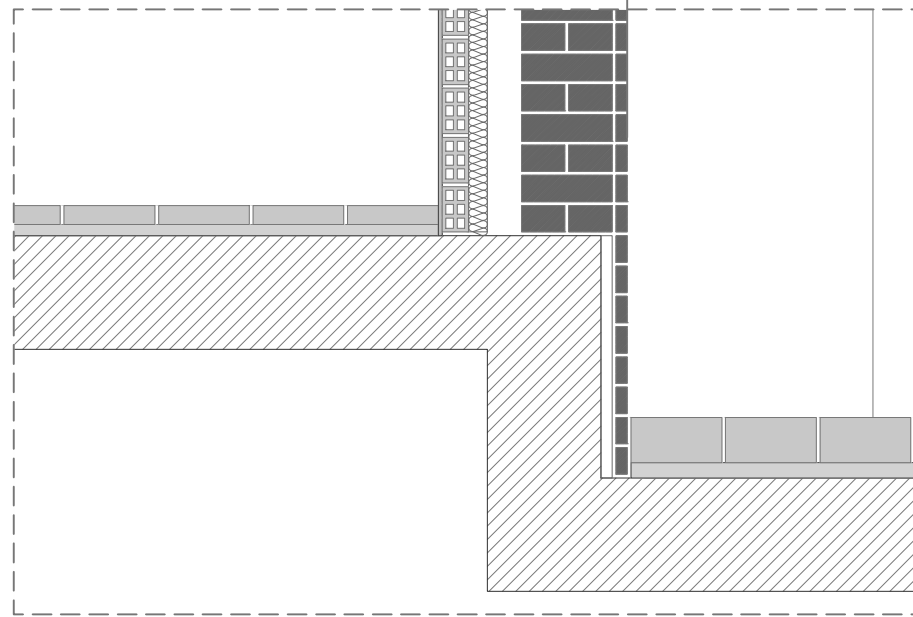
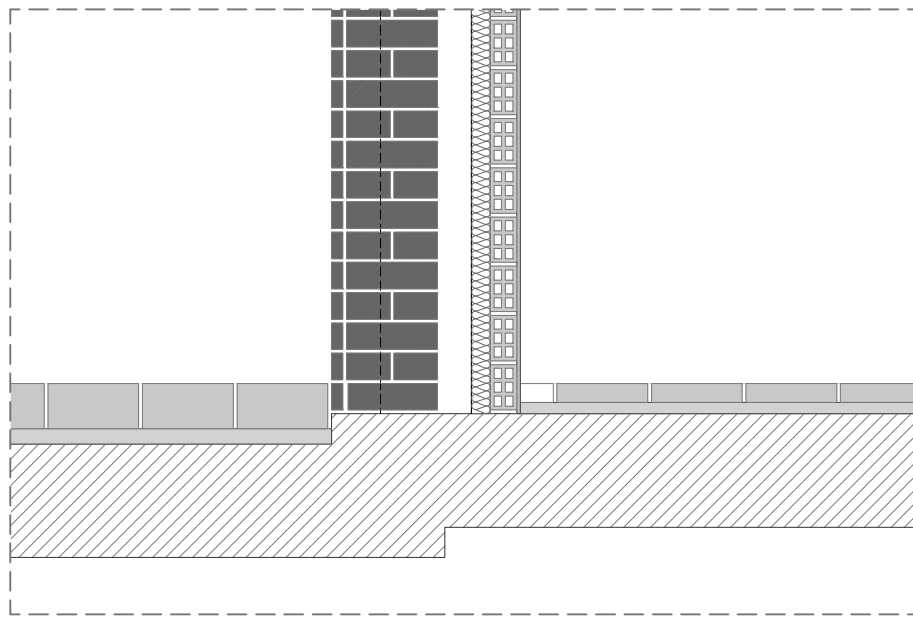
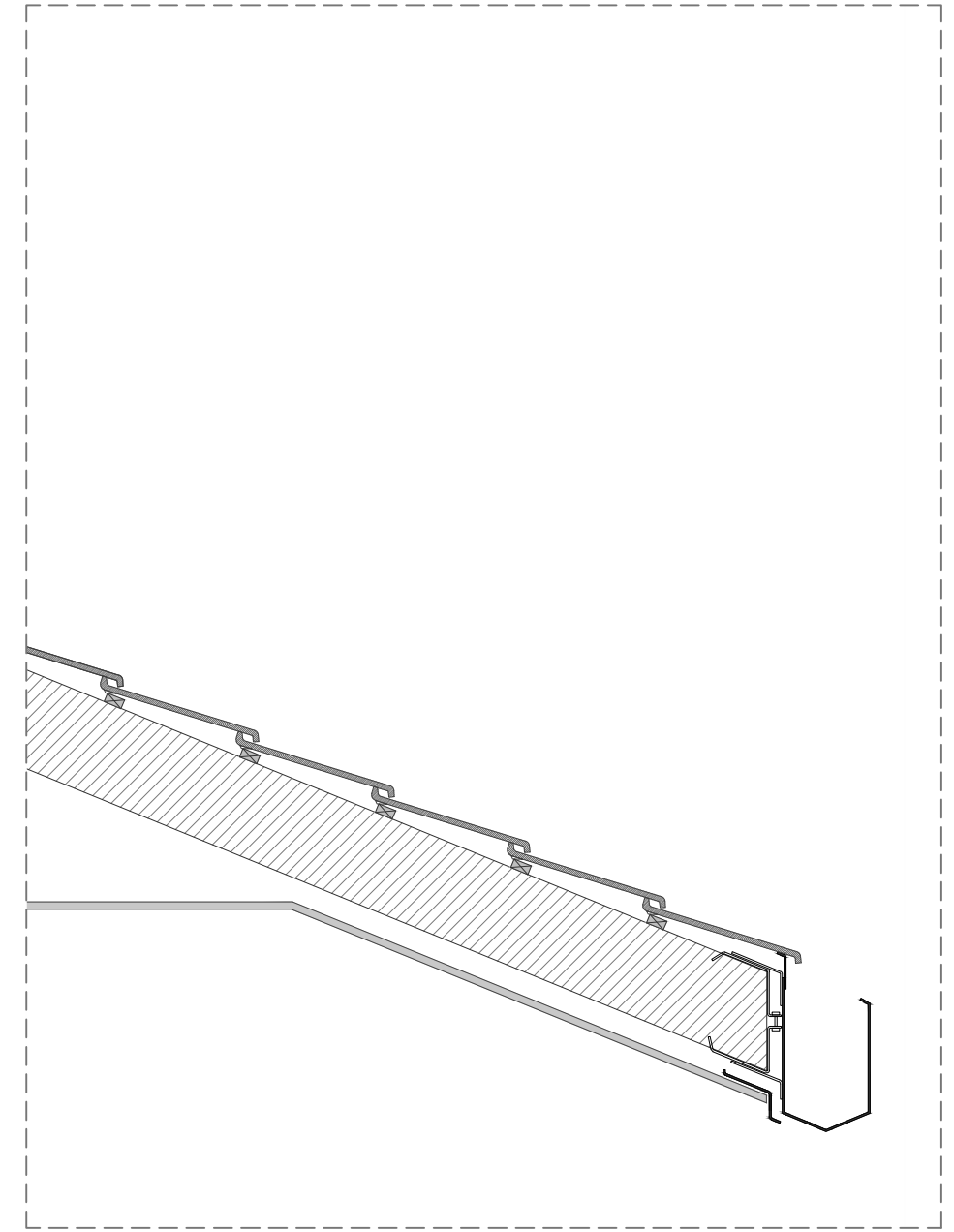
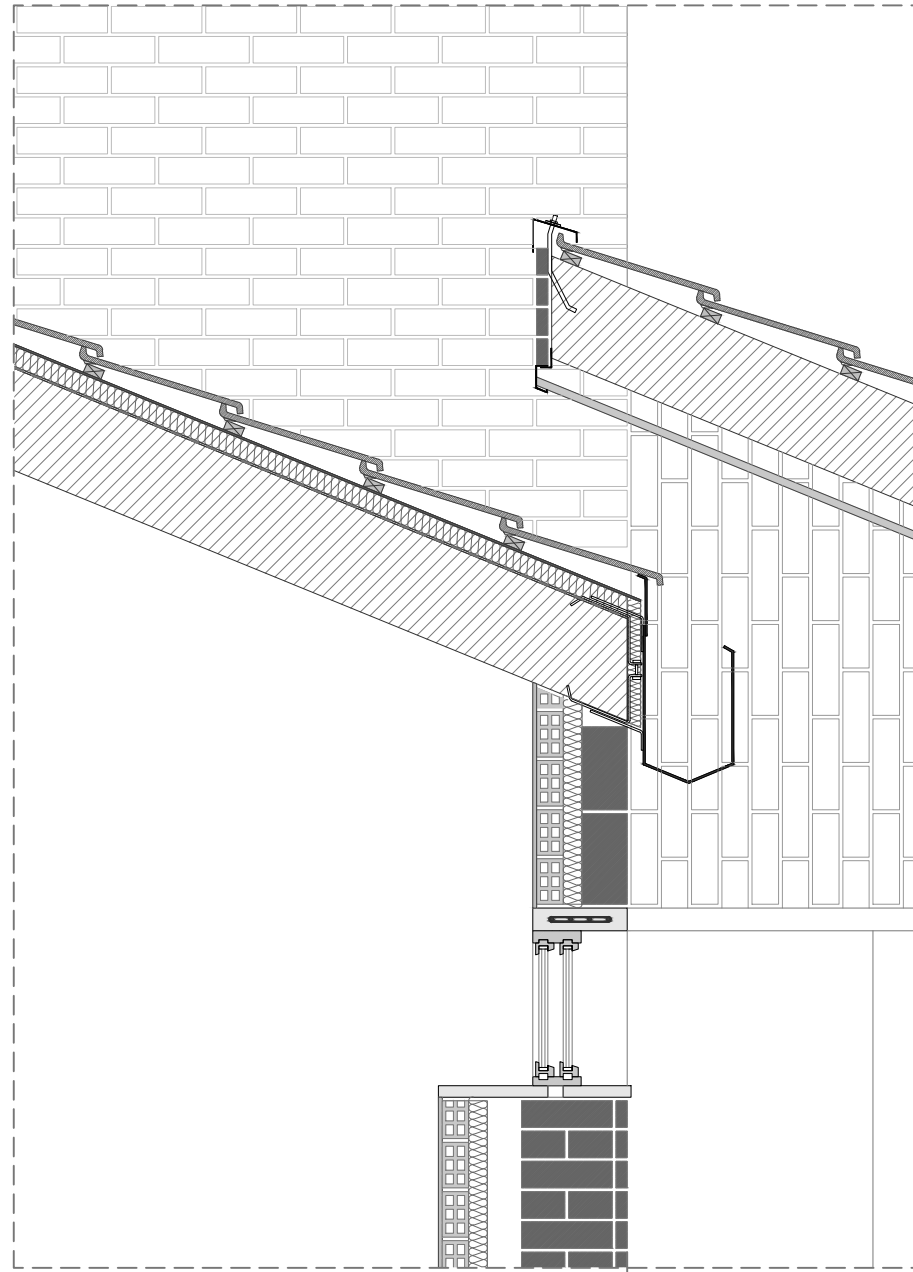
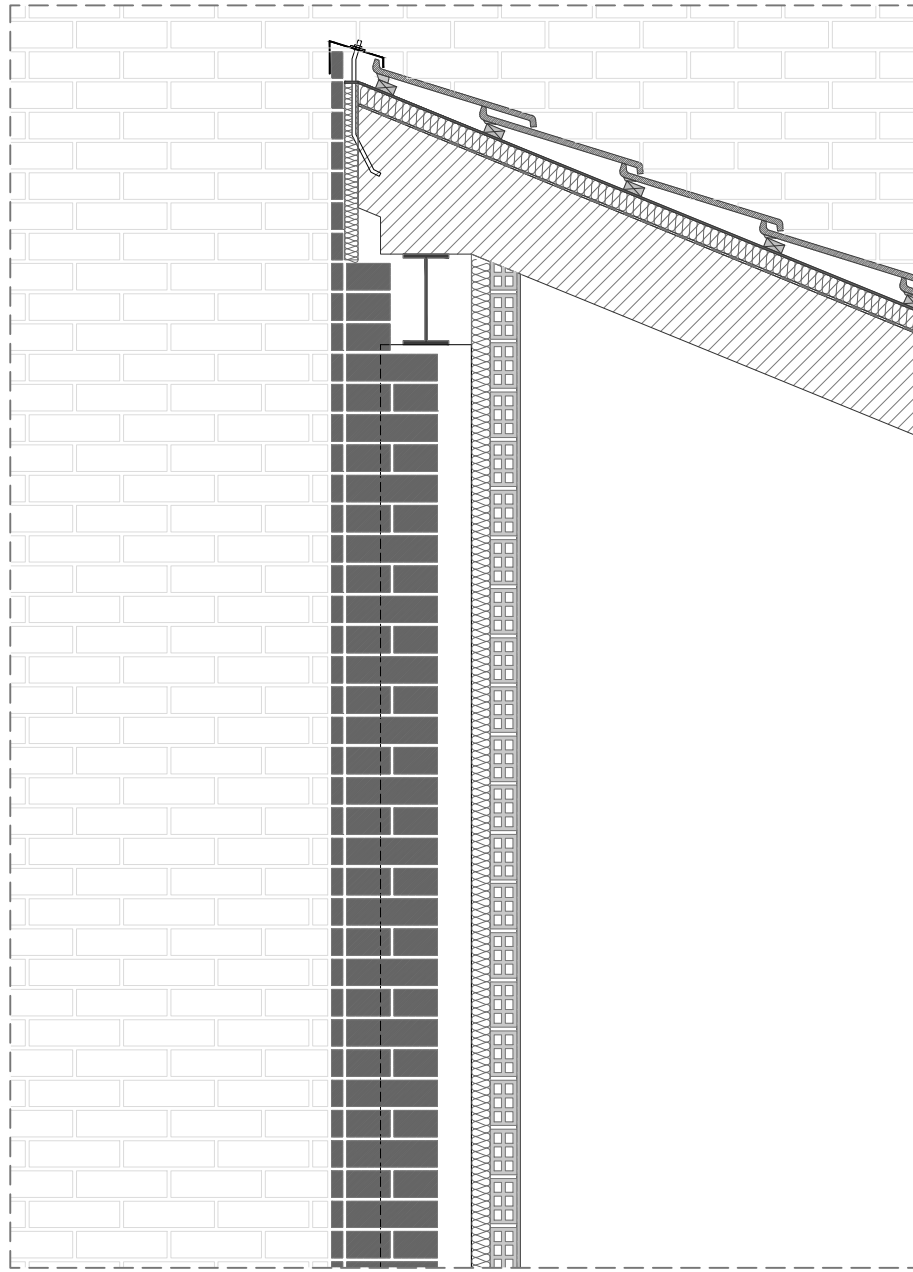
Dada el año de construcción de la vivienda, es muy probable que no contara con aislamiento térmico en la cubierta. Los pocos detalles que están disponibles de la vivienda tampoco dan muestras de ello. Sin embargo, se ha hecho una interpretación de lo que en la actualidad sería un posible detalle constructivo de la obra, teniendo en cuenta las exigencias de aislamiento térmico establecidas por el CTE en el DB-HE. Por lo que respecta a la impermeabilización, debido a la pendiente de la cubierta, de más del 40%, y el tipo de teja plana utilizada, no es necesario disponer de capa de impermeabilización.



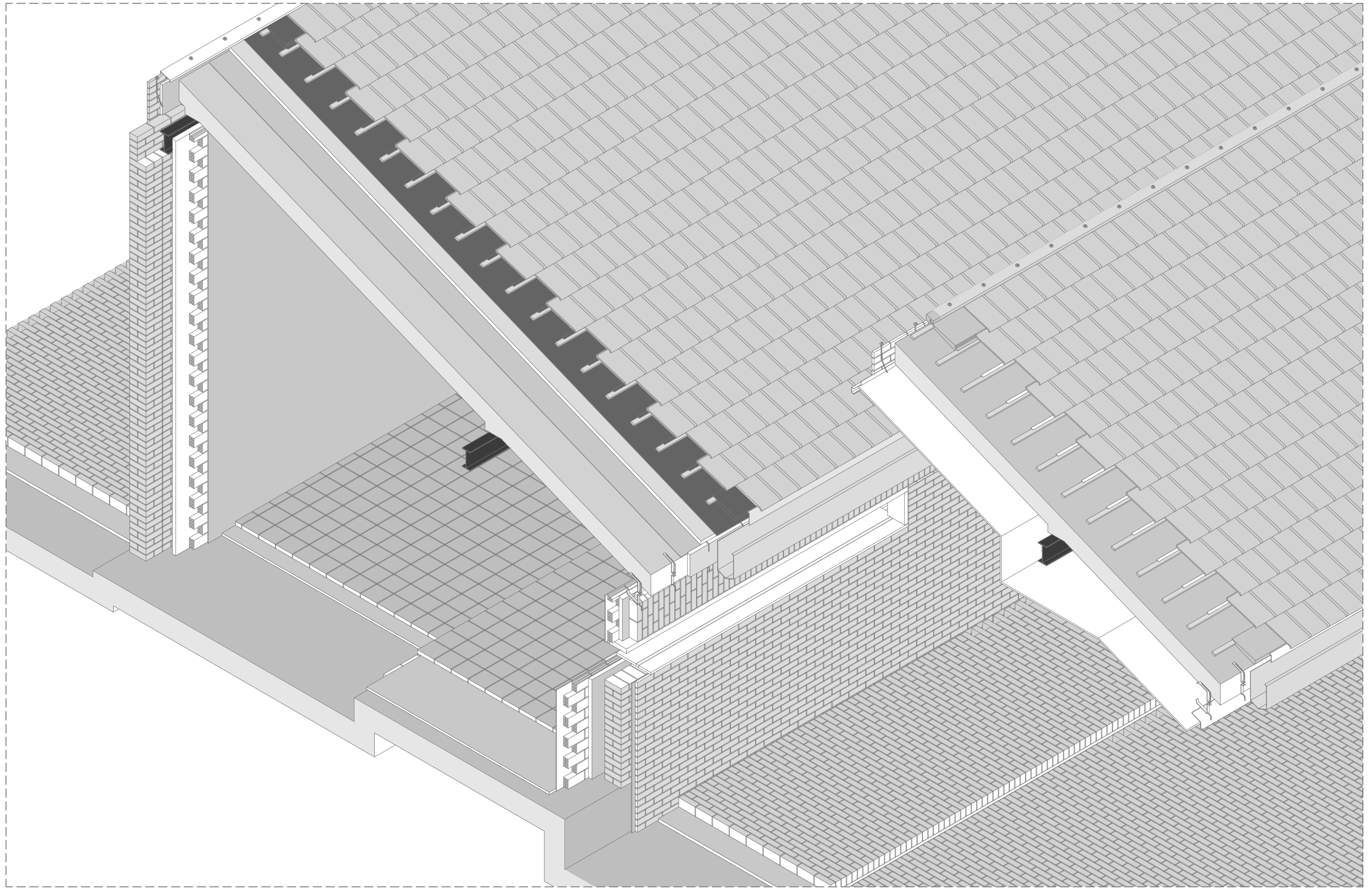
Imagen 15: Casa Huarte, Corrales y Molezún.



SECCIÓN CONSTRUCTIVA CASA HUARTE



SECCIÓN CONSTRUCTIVA CASA HUARTE



9.2. Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo. (1991 – 1998)

Este museo, obra del arquitecto Rafael Moneo, se localiza en la isla de Skeppsholmen, una de las que forman la ciudad de Estocolmo, junto al edificio histórico Tyghuset, un antiguo arsenal militar, tomándolo como referencia para el desarrollo del edificio del museo.

Esta obra es fruto de un concurso que tuvo lugar en el año 1990. En oposición a la mayoría de las propuestas presentadas a dicho concurso, la de Moneo buscaba desde un principio no llamar la atención, integrarse en el entorno. La discreción y el respeto por el lugar fueron características muy valoradas por el jurado, así como la ubicación elegida por Moneo, que se aleja de la costa de la isla, evitando así un excesivo protagonismo.



Imagen 16: Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo.

El programa incluía tanto museo de Arte Moderno, como de Arquitectura, y espacio para exposiciones temporales. El acceso se produce entre ambos museos, por el nivel superior.

Las salas de exposición del museo de Arte Moderno se plantean como una mezcla de espacios de planta cuadrada o rectangular y diversas dimensiones que se agrupan en tres pastillas compactas e independientes, conectadas por un amplio pasillo y dispuestas en paralelo al Tyghuset. Estas salas están cubiertas por unas losas de hormigón in situ que van conformando unos faldones inclinados. A pesar de su fragmentación volumétrica en distintas salas, los caparazones apoyan en el perímetro de cada una de las tres pastillas, y algún pilar oculto en las separaciones entre estancias. Como remate de las cubiertas inclinadas a cuatro aguas de cada una de las dependencias se coloca un lucernario, que introduce luz cenital natural, controlada y difusa. La diferencia de superficie entre unos y otros provoca una gradación de cotas que favorece la casi total integración de esa parte del museo con el resto de construcciones que lo rodean. A continuación, una enorme sala de exposiciones temporales aísla y articula este cuerpo con la zona de acceso.

En cuanto a la materialidad, el edificio es resultado de una superposición de “pieles continuas”. Esta característica se ve claramente en la sección vertical por cualquiera de las salas de exposición. En ella advertimos, desde el exterior hacia el interior, una primera piel correspondiente a las planchas metálicas de la cubierta, sobre las que se elevan los prismas de acero de las linternas. En el cerramiento vertical esta piel está compuesta por una hoja exterior de medio pie de ladrillo, con mortero monocapa de color terracota como revestimiento exterior. En segundo lugar, una piel estructural de hormigón armado que conforma tanto el cerramiento vertical, o muro de contención, como los faldones de la cubierta. Por último, una envolvente interior compuesta por paneles de cartón yeso que sirven de acabado interior, como telón de fondo para las obras expuestas. Además, en su parte superior se abocinan, canalizando los rayos de sol que entran a través de los lucernarios, actuando como pantalla difusora de la luz.

La sección analizada para este trabajo es la realizada por una de las salas de exposición permanente de 12 m x 12 m. En ella, podemos apreciar el tamaño considerable que se le otorga a la cámara de aire ventilada, que en un clima nórdico resulta imprescindible para cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico interior.

Las planchas metálicas que conforman la cubierta son de zinc. La unión entre chapas se realiza mediante junta alzada, con el sistema Profimat/Falzomat, de la empresa Rheinzinc, que aporta un plegado previo, lo que facilita su puesta en obra y la realización del engatillado mediante máquina. Por lo que respecta a las juntas transversales, se usan diversas soluciones según la pendiente, siendo la más utilizada el engatillado simple.<sup>9</sup>

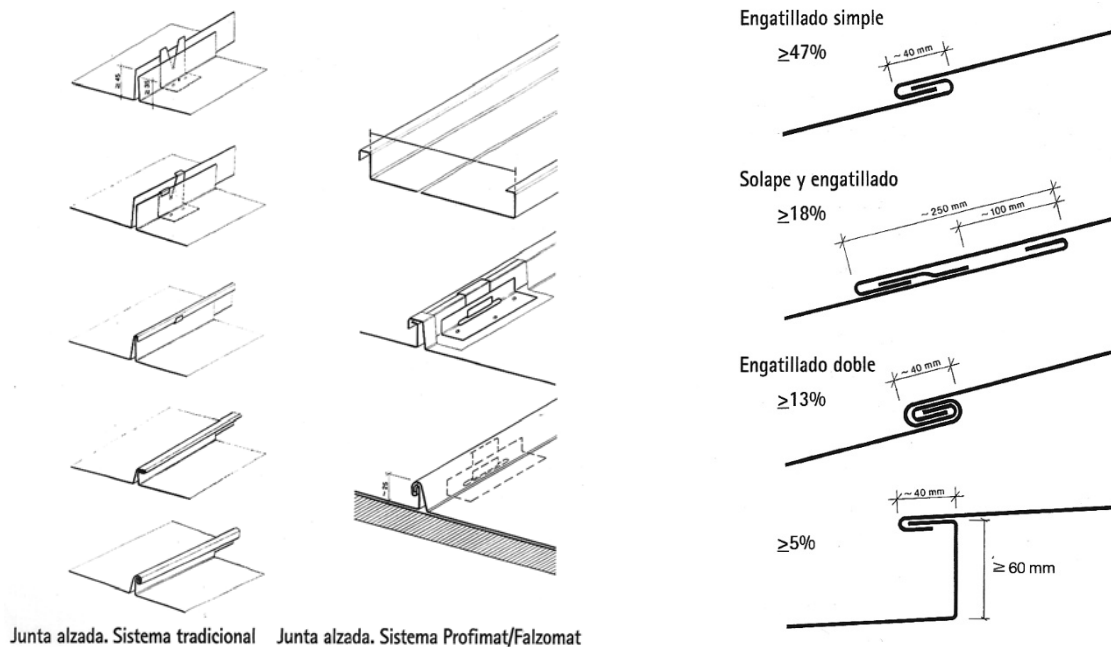
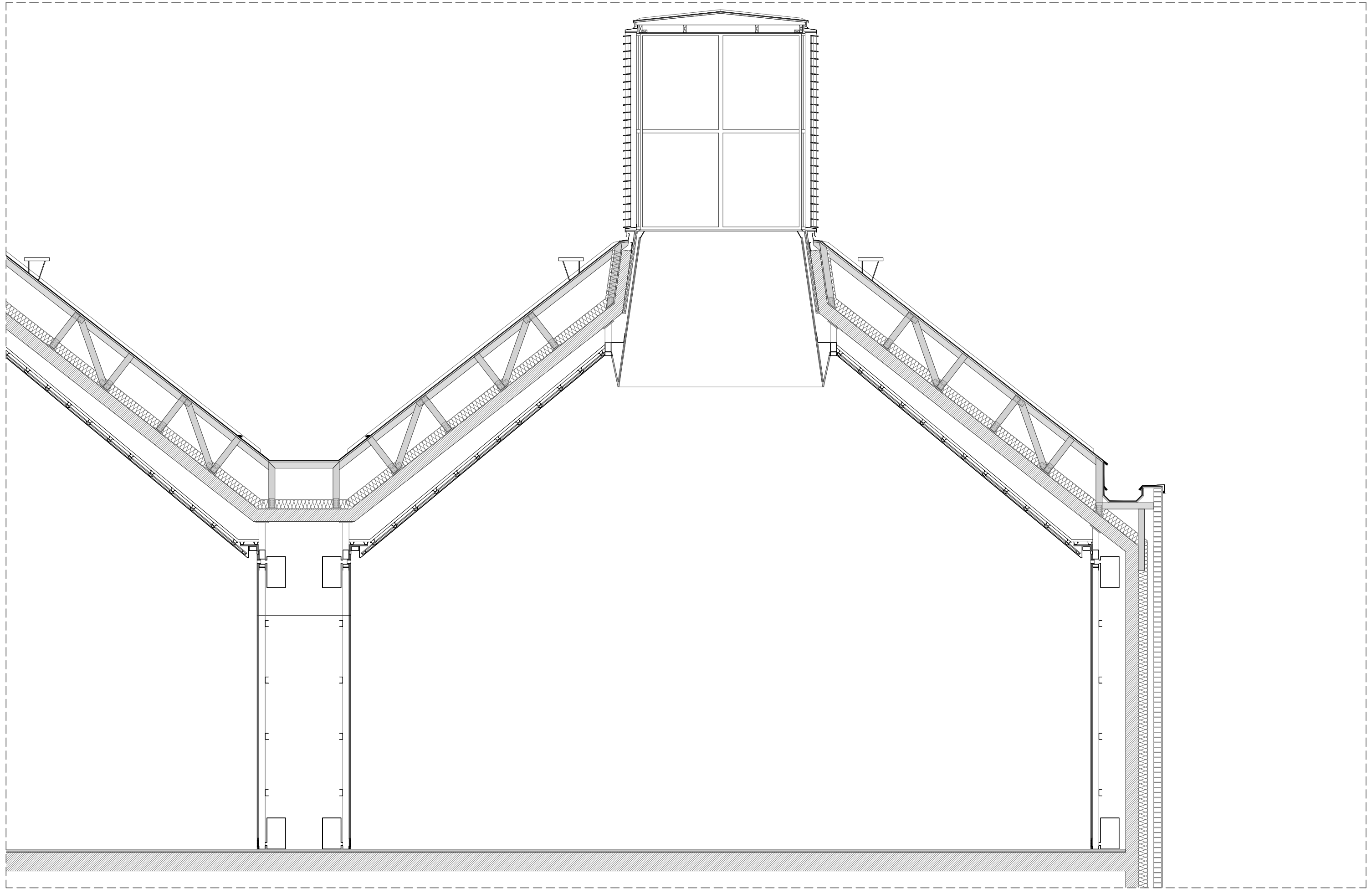


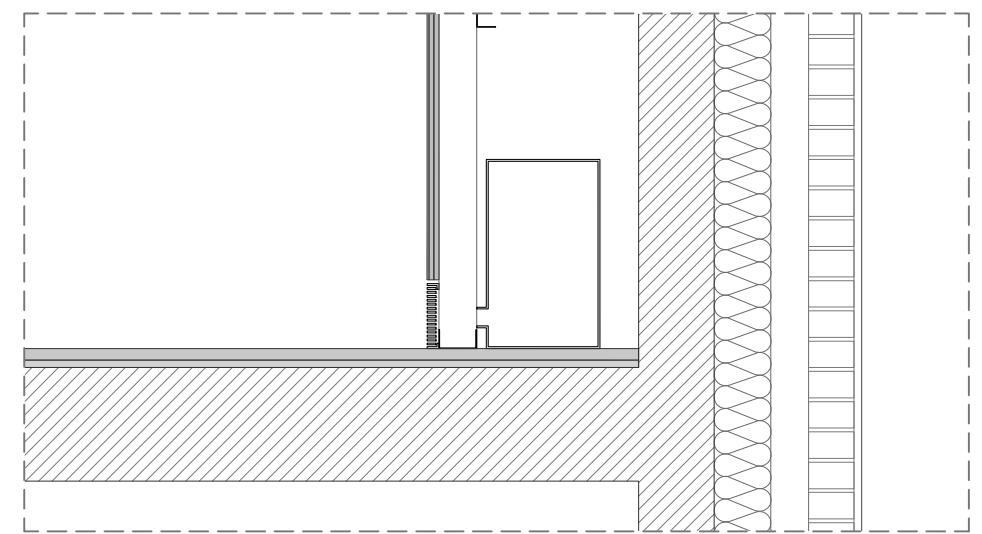
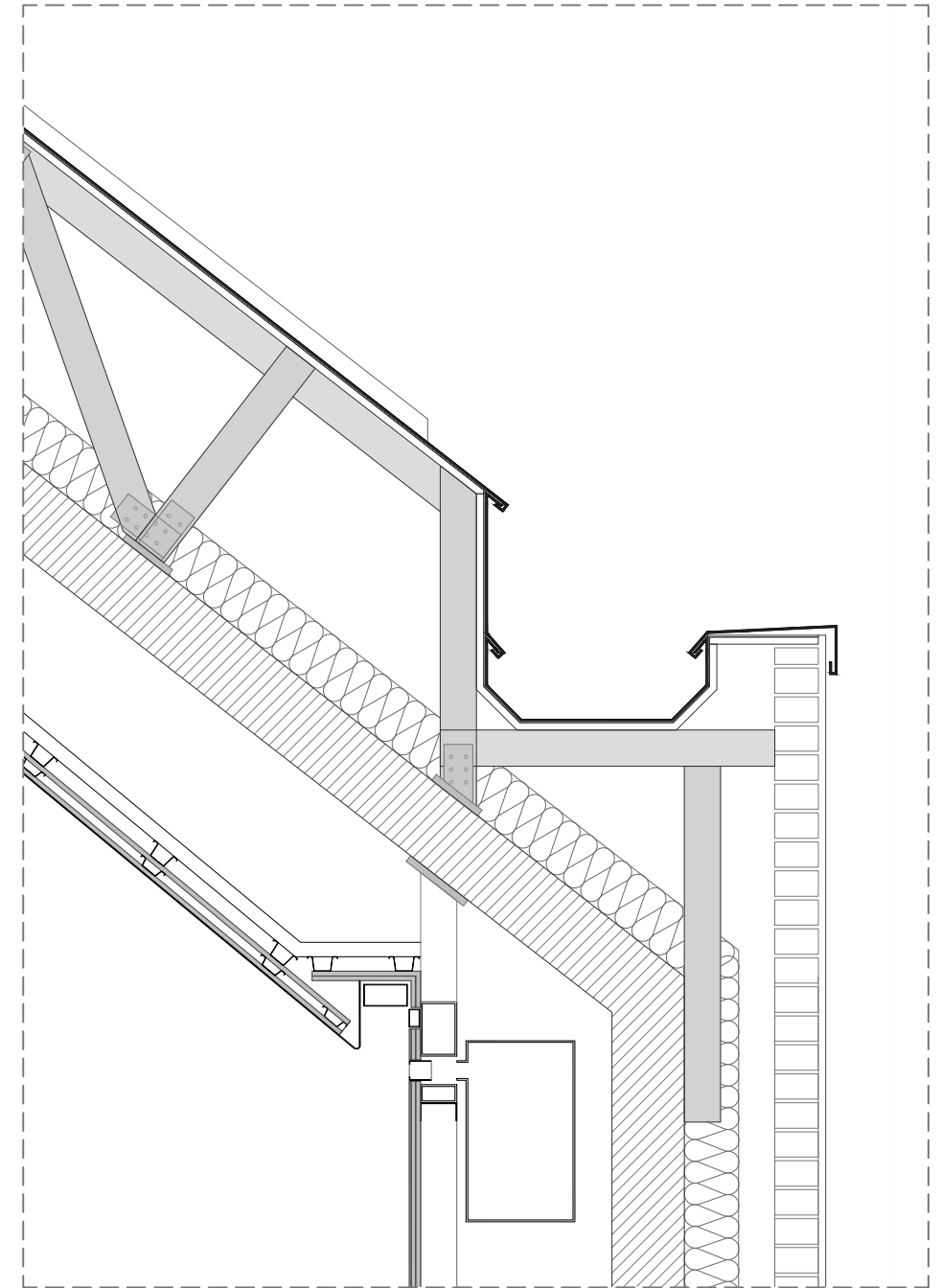
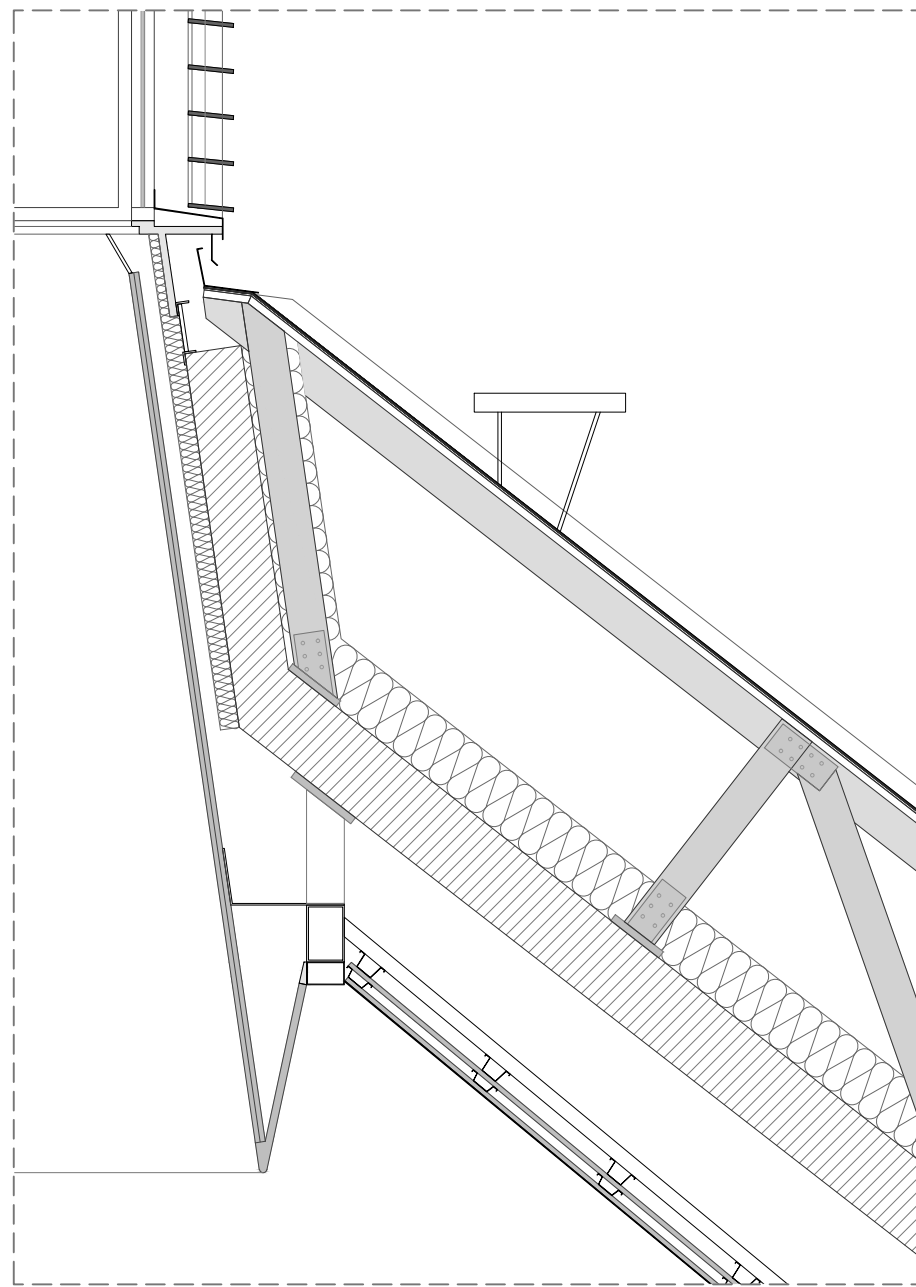
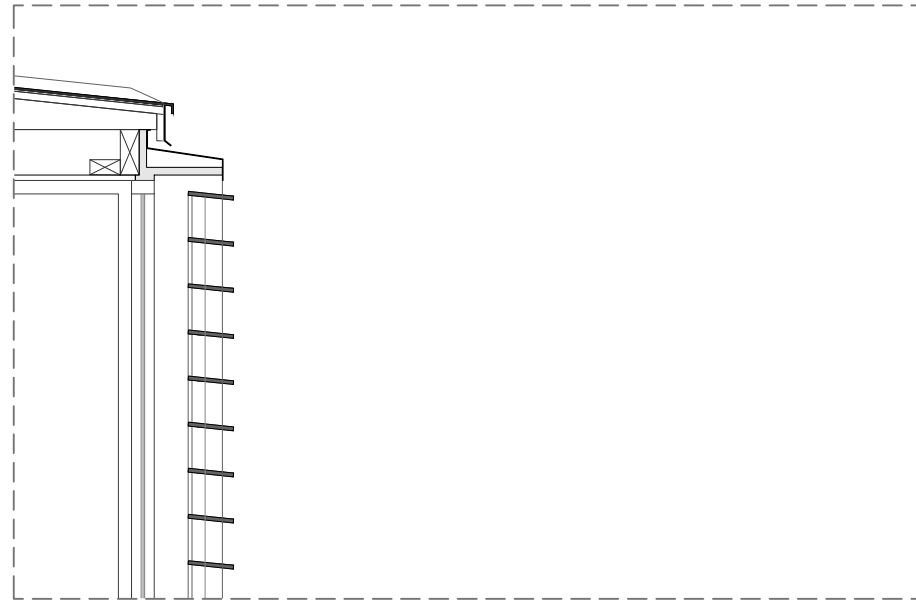
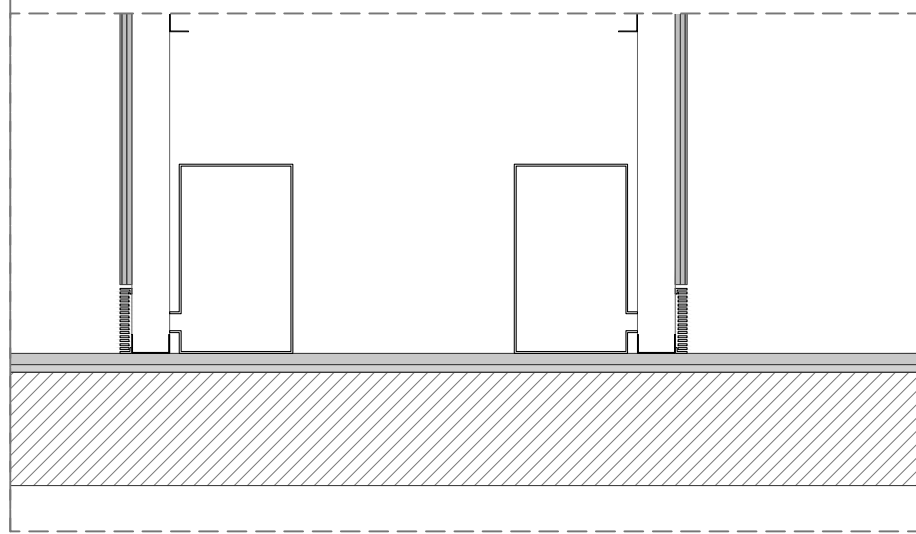
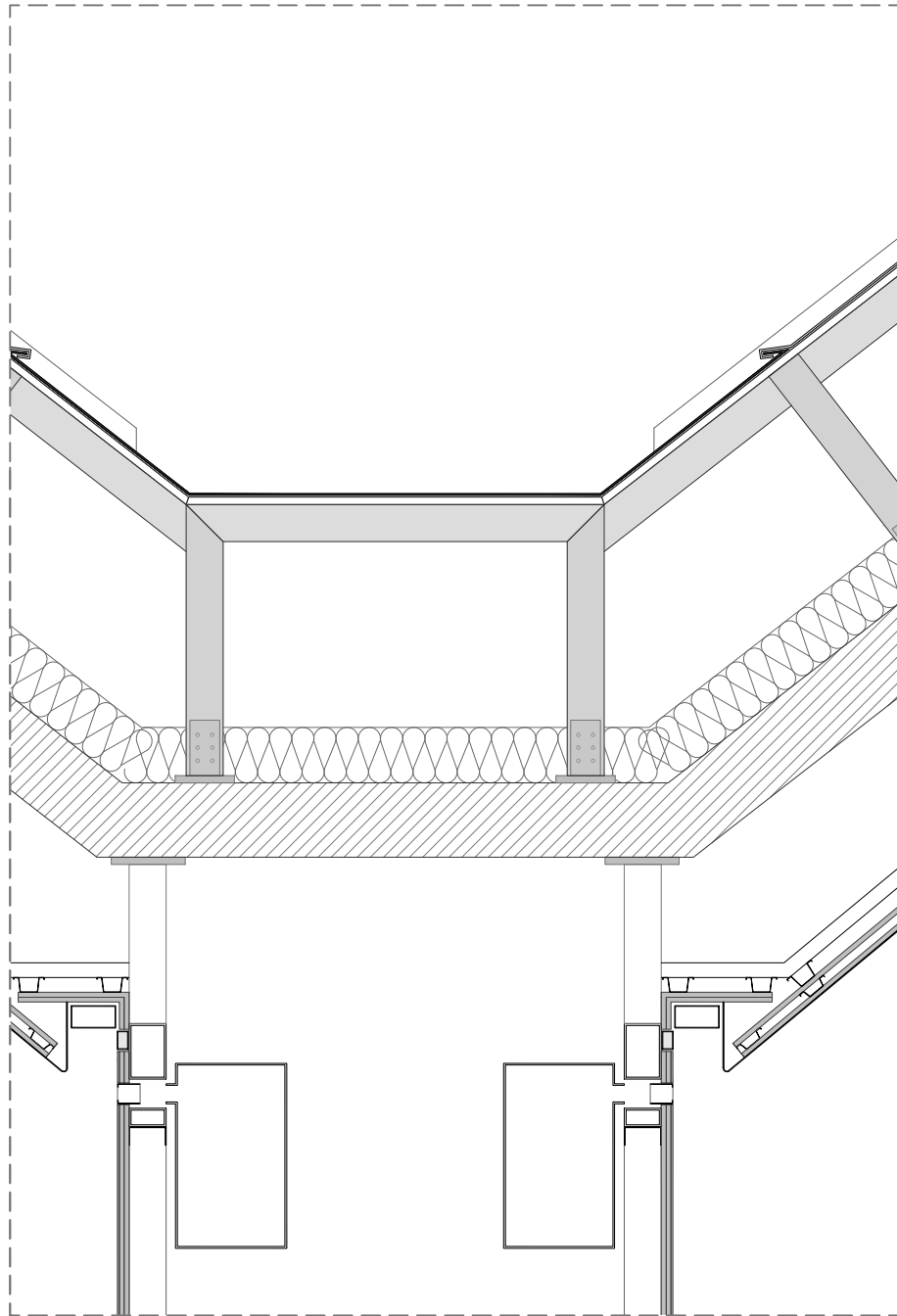
Imagen 17: Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo. Detalles de juntas.

<sup>9</sup> Revista Tectónica 8. Cubiertas (II) inclinadas. Pág. 65.



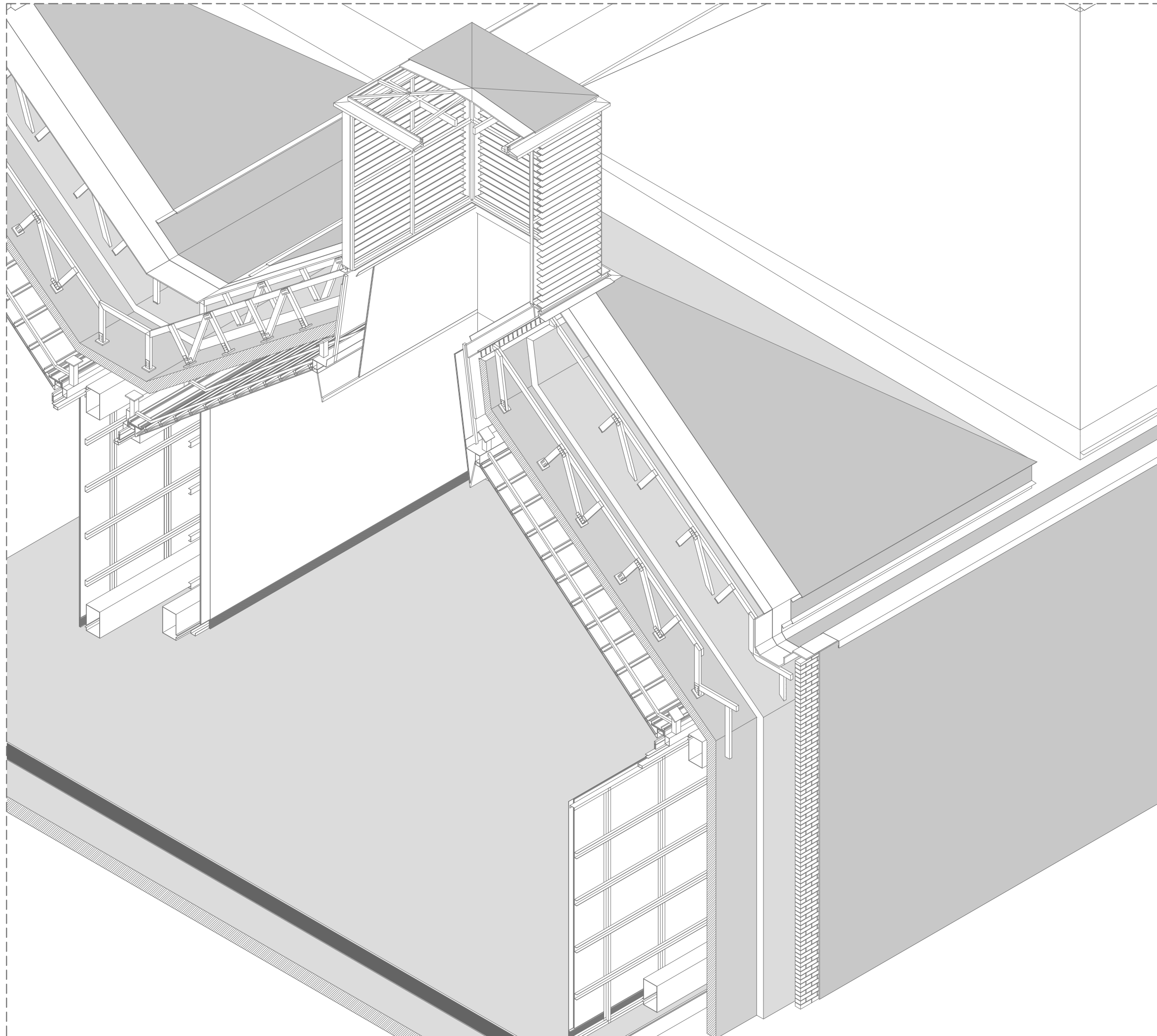


SECCIÓN CONSTRUCTIVA MUSEO DE ARTE MODERNO



SECCIÓN CONSTRUCTIVA MUSEO DE ARTE MODERNO





9.3. Casa para un fotógrafo 2 en el Delta del Ebro, Carlos Ferrater.

Este proyecto fue realizado por Carlos Ferrater, y su oficina de arquitectura OAB, y es fruto de un encargo de su hermano, José Manuel Ferrater, fotógrafo. Se trata de una vivienda en las casas de Alcanar, en Tarragona, y fue construida en el año 2006.



Imagen 18: Casa para un fotógrafo 2, Carlos Ferrater

La casa se ubica en una parcela con una proporción muy alargada, de 250 m de largo, y 18 m de ancho, situada perpendicularmente al mar Mediterráneo. En una zona de cultivo, la parcela va desde la playa hasta unas antiguas ruinas, cañas y limoneros. Es aquí donde se sitúa la nueva vivienda, es decir, lo más alejada del mar posible. Un palmeral de 52 palmeras Washingtonia configura el recorrido desde la playa hasta la vivienda.

El proyecto consta de tres volúmenes principales contruidos sobre una plataforma elevada unos 70 cm sobre el terreno natural inundable. Estos volúmenes son irregulares tanto en planta como en sección, y juegan con las visuales cruzadas. Esta fragmentación espacial del proyecto la convierte también en fragmentación funcional. Así, cada uno de los bloques tendrá una función distinta. El primer bloque alberga la zona de día de la vivienda, con la cocina, el comedor, y el estar. El segundo, ubicado en la parte posterior de la plataforma, es el bloque dedicado al dormitorio, con un pequeño baño, y una zona de estudio y biblioteca en la parte superior. Por último, el tercer volumen está dedicado al estudio del cliente, con un dormitorio auxiliar con baño, así como una cubierta mirador.

Finalmente, se reconstruye una antigua construcción que aloja las zonas de lavado, almacén e instalaciones.

Esta descomposición volumétrica genera el espacio articulador de la vivienda, el patio de conexión de los bloques. Este es un patio configurador de relaciones entre interior y exterior, donde confluyen fugas y perspectivas. Es un espacio lleno de tensión que entra en calma con la tranquilidad del blanco.

Según el propio arquitecto, *"la descomposición volumétrica atiende a las condiciones de paisaje, de construcción y de luz que sugiere un cuadro de Picasso pintado en aquella zona que se encuentra en el Museo Picasso en París."*

Por lo que respecta a la solución constructiva, el proyecto recupera la tradición de las arquerías y construcciones rurales del paisaje levantino. Ladrillos cerámicos sin revoco, los estucos a la cal, planchados en el exterior, o pequeñas piezas prefabricadas in situ artesanalmente como acabados de las cubiertas, la celosía, o el pavimento flotante de la plataforma.

Se trata de un proyecto de una indudable pureza, tanto material como formal. Algunos aspectos formales del proyecto recuperan rasgos arquitectónicos populares mediterráneos, como la escalera que sube a la cubierta o la celosía de obra del volumen dedicado al estudio.

En cuanto a la cubierta, como hemos mencionado, su acabado material está formado por pequeñas losetas de hormigón blanco, fabricadas in situ artesanalmente. La inclinación de las cubiertas apoya la imagen de arquitectura vernácula y le otorga expresividad y protagonismo a la intervención.

La sección estudiada en este caso es la sección correspondiente con el bloque de dormitorio. Podemos ver en dicha sección la inclinación de la cubierta, el remate de la losa de hormigón, que se achaflana para desaparecer en su canto visto, una cámara a media altura, que actúa de colchón térmico entre interior y exterior. Tras el análisis del detalle constructivo, del que se tenía información gracias a diversas publicaciones, citadas en la bibliografía, se observa un puente térmico en el forjado en el encuentro con el canalón. Se podría explicar ya que este punto da a la cámara mencionada anteriormente. Sin embargo, esta cámara sí que se encuentra aislada térmicamente en su paramento vertical. Otro puente térmico se observa en el canto de la losa que constituye la base horizontal de la citada cámara. Por último, destacar que, en relación con el suelo, como se ha mencionado anteriormente, el edificio se eleva, dejando una cámara de aire ventilada bajo él, sin contar con aislamiento térmico en este punto.

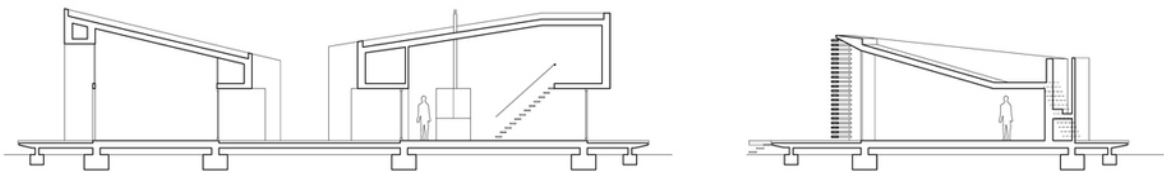
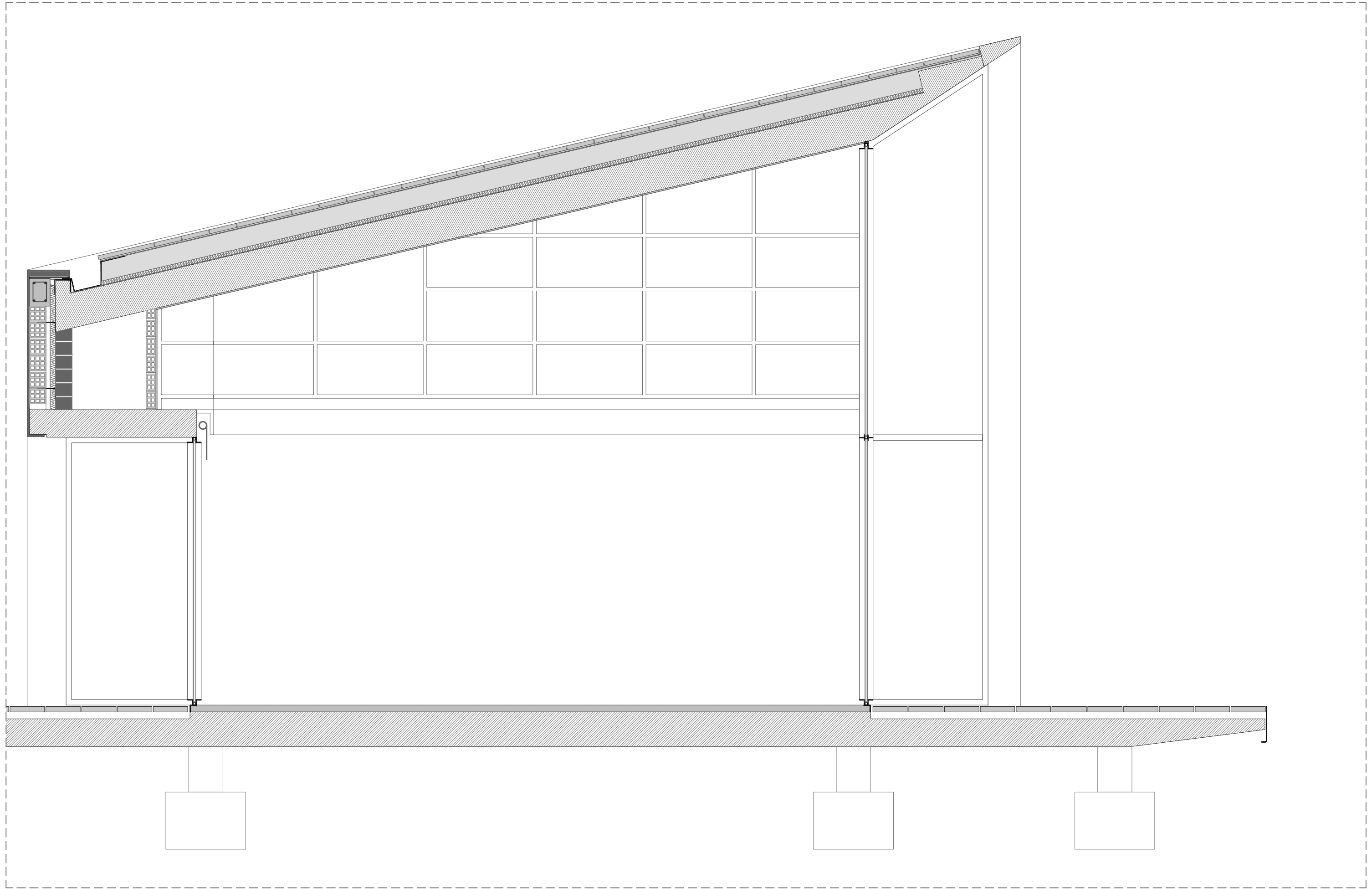
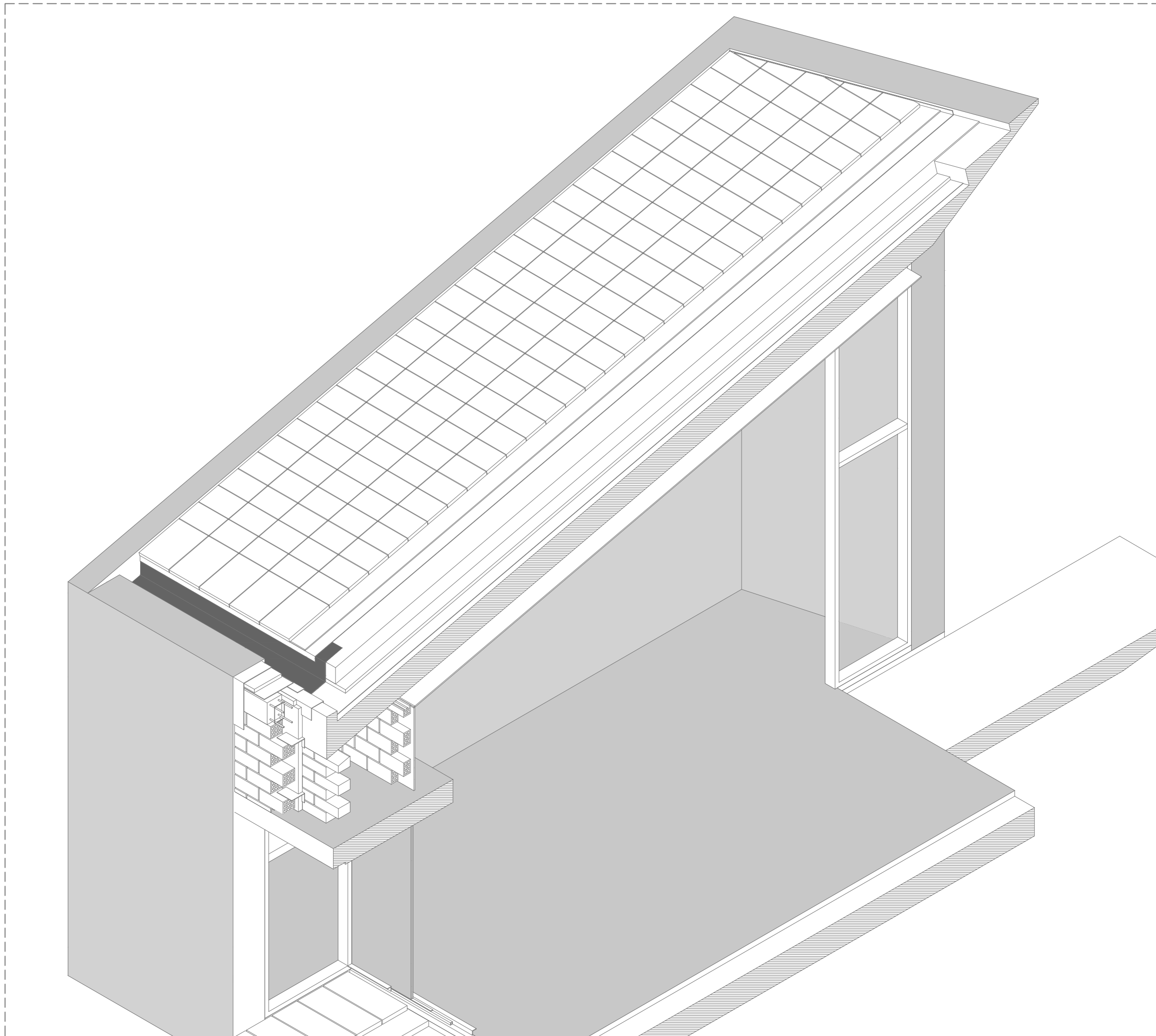


Imagen 19: Casa para un fotógrafo 2, Carlos Ferrater. Secciones.



SECCIÓN CONSTRUCTIVA CASA PARA UN FOTÓGRAFO



## CONCLUSIONES

La cubierta de un edificio representa un elemento clave del mismo, que en muchas ocasiones se pasa por alto a la hora de proyectar y diseñar un edificio. La función más importante de la cubierta es proteger el espacio interior de los agentes climatológicos externos, lluvia, nieve, viento, temperatura... así como garantizar un grado de confort higrotérmico aceptable, tal como exige la norma.

No obstante, ésta no es su única función. Como hemos mencionado, en numerosas ocasiones, cuando se diseña un edificio, no se presta atención a la cubierta, dejándola como un elemento secundario que simplemente ha de cumplir su función protectora. Pero la cubierta es la quinta fachada del edificio. Es tan, o incluso más (a nivel de exigencias, sobre todo), importante que el resto de fachadas, y merece una atención especial.

Sin embargo, y a pesar de que es una actitud muy extendida, existen numerosos ejemplos arquitectónicos con un cuidado especial por la cubierta, algunos de los cuales hemos desarrollado en este trabajo.

La cubierta inclinada, en concreto, es capaz de dotar al edificio de una expresividad extraordinaria, tanto exteriormente, como desde el interior. En especial desde que el espacio bajo cubierta, que anteriormente quedaba como un espacio no habitable, cuya función exclusiva era la de actuar como cámara de aire ventilada, se puede incorporar al programa funcional del edificio. Así pues, como ya hemos mencionado, la percepción de la cubierta inclinada desde el espacio interior es también un punto fundamental en el desarrollo de las mismas. Las posibilidades espaciales consecuencia del juego de geometría en la cubierta son infinitas.

Desde el punto de vista exterior del edificio, la cubierta inclinada puede, en muchas ocasiones, convertirse en la imagen del mismo. Podríamos hablar en la actualidad de la utilización de formas en la cubierta para obtener formalmente una imagen identificativa del edificio.

Por otra parte, el uso de la cubierta inclinada puede ayudar a la arquitectura contemporánea a adaptarse a un entorno más tradicional. Se intuye una línea que apuesta por la vuelta a formas tradicionales, pero dentro de la arquitectura contemporánea. Se defiende que la utilización de la cubierta inclinada no está reñida con la modernidad de la solución. Se busca una humanización de la arquitectura después de la ruptura que se produjo en el Movimiento Moderno con todas aquellas formas que remitieran a épocas pasadas, formas que saliesen del cubismo impuesto por el Estilo Internacional. Así pues, la abstracción de estas formas tradicionales, también en la materialidad de la propuesta, permite crear diálogos con entornos que no siempre se prestan a soluciones "tipo", sino que exigen una atención más especial en la adaptación al mismo.

En resumen, la arquitectura contemporánea ha vuelto a reivindicar el uso de la cubierta inclinada, que es, en definitiva, la forma por excelencia más evidente.

## BIBLIOGRAFÍA

"Introducción a la historia de la arquitectura", José Ramón Alonso Pereira. Editorial Reverté. 1995-2005.

"Le Corbusier. El artista", Estudio Leonardo Noguez Arq. 2010.

"Cubiertas: cerramientos de edificios", Ana Sánchez-Ostiz Gutiérrez. Madrid: CIE Dossat: 2007.

"Habitar la cubierta", Andrés Martínez. Ed. Gustavo Gili, SA. Barcelona, 2005.

"Construcción. Cómo funciona un edificio. Principios elementales", Edward Allen. Ed. Gustavo Gili, SA. Barcelona, 1982.

"Cubiertas en el plano inclinado", Ángeles Mas Tomás. Ed. UPV. Valencia,

"Jean Nouvel: 1994 – 2002: el orden simbólico de la materia". El Croquis. Madrid. 2002.

"DETAIL Concept: High rise buildings.". Issue: 09/2007.

"Casa Huarte: el concepto de lo experimental en el ambiente doméstico" Tesis doctoral de Pablo Olalquiaga Bescós. ETSAM, 2014.

"Corrales y Molezín: arquitectura". Xarait SA. Madrid, 1983.

Revista Tectónica nº8. Cubiertas (II) inclinadas. ATC Ediciones SL.

"Carlos Ferrater: Office of Architecture in Barcelona". Manuel Padura. Barcelona, 2006.

Páginas web:

[http://libreria.fundacionlaboral.org/extpublicaciones/rehab\\_cubiertas.pdf](http://libreria.fundacionlaboral.org/extpublicaciones/rehab_cubiertas.pdf)

[http://docomomoiberico.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=427:casa-huarte&lang=es](http://docomomoiberico.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=427:casa-huarte&lang=es)

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl>

<http://tectonicablog.com/>

<http://www.arquitecturaviva.com/>

<http://blog.bellostes.com/>

<http://aplust.net/idioma/es/>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

**Imagen 1:** Centro de la comunidad judía en Trenton, Louis Kahn.

<http://es.phaidon.com/agenda/architecture/picture-galleries/2010/october/27/rebirth-of-an-icon-louis-kahns-jewish-community-centre/?idx=19&idx=19>

**Imagen 2:** Tumba de Atreo, en Micenas.

<https://arkyotras.wordpress.com/2011/08/07/arquitectura-griega-iiib-arquitectura-micenica/>

**Imagen 3:** Visiones de la cabaña primitiva según Perrault, Laugier y Viollet respectivamente.

<http://jaumeprat.com/la-cabana-primitiva-y-algunas-derivadas/>

**Imagen 4:** Pabellón de Zúrich, Le Corbusier.

<https://prezi.com/1eqbomqkuzuj/copy-of-le-corbusier/>

**Imagen 5:** Capilla de Ronchamp, Le Corbusier.

<http://www.archdaily.com.br/br/01-16931/classicos-da-arquitetura-capela-de-ronchamp-le-corbusier>

**Imagen 6:** Maison Louis Carré, Alvar Aalto.

<http://www.themodernhouse.net/journal/house-of-the-day-maison-louis-carre-by-alvar-aalto/>

**Imagen 7:** Palacio de congresos de Aragón, Nieto Sobejano.

<http://blog.bellostes.com/?p=1315>

**Imagen 8:** Casa 7/2, Sou Fujimoto.

<http://www.designboom.com/architecture/sou-fujimoto-architects/>

**Imagen 9:** Filarmónica de Szczecin, Barozzi Veiga.

<http://www.experimenta.es/noticias/arquitectura/filarmonica-de-szczecin-por-barozzi-veiga-4888/>

**Imagen 10:** Edificio "Trumpf", Barkow Leibinger Architects.

[http://www.barkowleibinger.com/archive/view/training\\_center\\_with\\_cafeteria](http://www.barkowleibinger.com/archive/view/training_center_with_cafeteria)

**Imágenes 11, 12:** Torre Agbar, Jean Nouvel.

Revista DETAIL 09/2007.

**Imagen 13:** Casa Huarte, Corrales y Molezún.



[http://seleccionarte.blogspot.com.es/2013/08/la-mejor-arquitectura-madrilena-del\\_31.html](http://seleccionarte.blogspot.com.es/2013/08/la-mejor-arquitectura-madrilena-del_31.html)

**Imagen 14:** Casa Huarte, Corrales y Molezún. Sección por la biblioteka y el comedor.

Plano original. Legado Vázquez y Molezún.

**Imagen 15:** Casa Huarte, Corrales y Molezún.

Archivo Huarte.

**Imagen 16:** Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo.

[http://oa.upm.es/6337/1/prop\\_museos\\_ana\\_esteban\\_for.pdf](http://oa.upm.es/6337/1/prop_museos_ana_esteban_for.pdf)

**Imagen 17:** Museo de Arte Moderno de Estocolmo, Rafael Moneo. Detalles de juntas.

Revista Tectónica 8. Cubiertas (II) inclinadas. Pág. 65.

**Imagen 18:** Casa para un fotógrafo 2, Carlos Ferrater.

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-306420/casa-para-un-fotografo-2-en-el-delta-del-ebro-oab>

**Imagen 19 .** Casa para un fotógrafo 2, Carlos Ferrater. Secciones.

<http://habitarelmediterraneo.blogspot.com.es/2013/08/carlos-ferrater-casa-para-un-fotografo.html>

**Figura 1:** Pendientes de cubiertas inclinadas.

CTE HS\_03-1, cuadro 2.10.

**Figura 2:** Valores límite de transmitancia en cubiertas.

"Cubiertas: cerramientos de edificios", Ana Sánchez-Ostiz Gutiérrez. Pág. 45.