



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

La Cubierta Plana en la Arquitectura Europea

Girona Ventura, Antoni

TUTORES:

Lerma Elvira, Carlos

UPV

Mas Tomás, M.^a Ángeles

UPV

TRABAJO FINAL DE GRADO:

Grado en Fundamentos de la Arquitectura _ CURSO 2019 / 2020

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia _ ETSA

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| METODOLOGÍA | 8 |
| OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE | 10 |
| Recorrido histórico: | |
| 1. HISTORIA | 14 |
| Marcos normativos: | |
| 2. NORMATIVA | 18 |
| 2.1 PRECEDENTES..... | 18 |
| 2.2 COMPARATIVA | 20 |
| Clasificación y tipologías: | |
| 3. DISEÑO Y TIPOLOGÍA | 33 |
| 4. CLASIFICACIÓN | 36 |
| Casos de estudio: | |
| 5. EJEMPLOS / CASOS DE ESTUDIO | 42 |
| 5.1 NEMO SCIENCE MUSEUM: OOSTERDOK, AMSTERDAM – RENZO PIANO | 42 |
| 5.2 ESCUELA DE SECUNDARIA MARCEL SEMBAT: HAUTE NORMANDIE, FRANCIA – ARCHI5..... | 47 |
| 5.3 SEDE CORPORATIVA IBENERGI: SANTA MARÍA DE BENQUERENCIA, TOLEDO – TALLER ABIERTO | 53 |
| 6. CONCLUSIONES | 58 |
| 6.1 CONSIDERACIONES GENERALES BASADAS EN LOS ORÍGENES Y EVOLUCIÓN | 58 |
| 6.2 CONSIDERACIONES GENERALES BASADAS EN ASPECTOS NORMATIVOS | 58 |
| 6.3 CONSIDERACIONES BASADAS EN LOS ANÁLISIS DE LOS CASOS | 59 |
| Anexos: | |
| ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS | 61 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |

RESUMEN

Hoy en día, las cubiertas planas están extendidas por todos los países del planeta. Esta tipología de cubiertas supuso un cambio significativo en el mundo de la construcción moderna, impulsadas por las nuevas inquietudes sociales del momento y las grandes ventajas que contemplan estas frente a las cubiertas inclinadas.

Sin embargo, a pesar de ser a inicios del siglo XX cuando aparecen estas cubiertas en la arquitectura, la historia demuestra que su origen es mucho más primitivo a esta época. Así pues, esta tipología deriva de tradiciones constructivas vernáculas, las cuales han ido evolucionando. Como en todo proceso evolutivo esto lleva su tiempo, que en este caso ha sido necesario para conseguir despertar en la sociedad el motivo para revivir estas cubiertas que habían quedado olvidadas, así como permitir la investigación y el desarrollo de procesos industriales para la producción de nuevos materiales o para la mejora de los materiales en uso. De esta manera las primeras cubiertas de barro y cañas han derivado en las actuales y sofisticadas cubiertas formadas por múltiples capas de materiales sintéticos.

Gracias a la investigación y desarrollo de nuevas soluciones, se ha alcanzado una estandarización en el sector. En Europa existen numerosas leyes que regulan estas tipologías de cubiertas, así como objetivos que deben cumplir estas nuevas cubiertas. Esto ha llevado al territorio europeo a construir de manera similar entre los diferentes países, por esta razón se encuentran muchas veces, por ejemplo: en edificios de viviendas comunes, cubiertas planas prácticamente iguales por toda Europa. Este hecho es contradictorio a las justificaciones que retornaron las cubiertas planas desde el punto de vista romántico, defendidas como tradición propia de algunos territorios la cual debía resurgir. A su vez también contradice los objetivos que busca la misma Europa, ya que no se está optando por construir mirando la tradición de cada lugar o país, aprovechando más los materiales autóctonos, etc.; sino que las cubiertas han avanzado en todos los países hacia el mismo lugar a pesar de que, como se verá en el presente trabajo, cada país tiene sus normativas y dispone de cierta flexibilidad.

Con todo esto, este Trabajo Final de Grado se adentra en los aspectos mencionados, conociendo así las posibilidades que ofrecen estas cubiertas. A través del análisis de las diferentes normativas europeas y de varios casos concretos de cubiertas en diferentes lugares de Europa, se observarán puntos en común y diferencias entre países, con motivo de investigar si existe cierto arraigo con el lugar a la hora de establecer estas leyes o pautas para construir.

Palabras Clave:

Neoplasticismo; Europa; Cubiertas planas; Transitable; Normativas; Tipologías; Disposiciones; Detalles constructivos



ABSTRACT

Today flat roofs are spread throughout all the countries of the planet. This roof typology represented a significant change in the world of modern construction, driven by the new social concerns of the moment and the great advantages that these contemplate over sloping roofs.

However, despite being in the early twentieth century when these roofs appear in architecture, history shows that their origin is much more primitive at this time. Thus, this typology derives from vernacular construction traditions, which have evolved. As in any evolutionary process, this takes time, which in this case has been necessary to awaken in society the reason to revive these covers that had been forgotten, as well as to allow research and development of industrial processes for the production of new materials or for the improvement of materials in use. In this way the first covers of mud and reeds have derived in the current and sophisticated covers formed by multiple layers of synthetic materials.

Thanks to the research and development of new solutions, a standardization in the sector has been achieved. In Europe there are numerous laws that regulate these types of roofs, as well as objectives that these new roofs must meet. This has led the European territory to build similarly between different countries, for this reason they are often found, for example in common residential buildings, practically equal flat roofs throughout Europe. This fact is contradictory to the justifications that the flat roofs returned from the romantic point of view, defended as a tradition typical of some territories which should re-emerge. At the same time, it also contradicts the objectives that Europe itself seeks, since it is not choosing to build by looking at the tradition of each place or country, making more use of native materials, etc .; Rather, roofs have advanced in all countries towards the same place despite the fact that, as will be seen in this paper, each country has its own regulations and has some flexibility.

With all this, this Final Degree Project delves into the aforementioned aspects, thus knowing the possibilities offered by these covers. Through the analysis of the different European regulations and of several specific cases of roofs in parts of Europe, common points and differences between countries will be observed, in order to investigate if there is a certain rootedness with the place when establishing these laws or guidelines for building.

Keywords:

Neoplasticism; Europe; Flat roofs; Passable, Practicable; Normative; Typologies; Dispositions; Constructive details

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo principal recorrer algunos de los aspectos más importantes de las cubiertas planas en el territorio europeo, para así relacionarlos entre ellos y observar puntos en común entre dichas cubiertas en Europa. El continente europeo se extiende a lo largo de unos 10,180 millones de km² de superficie y lo componen alrededor de 50 países, por lo que resulta intrigante analizar los tipos de cubiertas planas que se pueden contemplar aquí. El objetivo es conocer distintas disposiciones constructivas y los factores que las determinan para su diseño y ejecución ya que las cubiertas de los edificios ofrecen un amplio abanico de posibilidades y usos pudiendo adaptar diferentes soluciones según el momento, el lugar y su contexto.

En primer lugar, es de interés conocer cómo surgió la tipología de cubierta plana, ya que es a partir de este momento cuando la cubierta adquiere mayor importancia en el diseño del edificio y su envolvente, conocida en ocasiones como “la quinta fachada”¹ por Le Corbusier. Es aquí cuando motivados por las situaciones sociales y pensamientos del momento tras las Dos Grandes Guerras, surgen movimientos arquitectónicos como el Neoplasticismo, y la cubierta deja de limitarse a responder frente a las condiciones climatológicas concebida únicamente como elemento de cobertura (aislamiento y evacuación de aguas), en favor de convertirse en cubiertas con uso. Fue en el centro de Europa donde apareció la cubierta plana con más fuerza, en un intento de recuperar aquellas cubiertas observadas en las imágenes románticas, tras ese sentimiento de libertad que ofrecen estos espacios al aire libre y abiertos al cielo y a su entorno.

Es importante conocer estos aspectos porque son los que propiciaron la evolución de la cubierta hasta las cubiertas que se construyen hoy en día.

Por otro lado, para averiguar mejor los motivos que existen tras el diseño de las cubiertas planas hay que conocer las normativas que las regulan. Este es un aspecto muy relacionado con las preocupaciones de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, muy importantes en la actualidad, ya que muchas de las normas recogidas por el Parlamento Europeo para cubiertas van dirigidas a cumplir estos Objetivos, ODS.

Así pues, el tema de las cubiertas planas en la arquitectura europea está muy ligado al cambio por el clima en Europa, apostando hacia la autosostenibilidad y lo ecológico.

En Europa no existe ningún documento que recoja unas normas comunes y con una estructura determinada para todos los países, por lo que cada país se encarga de cumplir estos objetivos haciendo uso de sus leyes y documentos nacionales. Por esta razón, existe flexibilidad a la hora de resolver un problema determinado, en función del país o lugar en el que se desarrolle el proyecto de la cubierta. Estas soluciones estarán influenciadas por las tradiciones locales de cada territorio en cuanto a materiales, disposiciones de los elementos, remates, etc. Este trabajo pretende recopilar algunos de estos aspectos para compararlos y establecer una idea más clara de las diferencias que pueden existir entre unos países y otros, reflejadas por lo tanto estas diferencias en las capas que forman parte de las diferentes cubiertas existentes por toda Europa.

A pesar de las múltiples soluciones posibles, existen terminologías que reúnen las disposiciones constructivas más comunes y funcionales, por lo que son las utilizadas en casi la totalidad de proyectos europeos. Esto facilita una clasificación de carácter general válida para la mayoría de las cubiertas planas construidas, así como también ayuda en la investigación del tema del trabajo, ya que supone un punto en común para la comparación de aspectos entre varias cubiertas.

Finalmente, es muy gráfico e interesante aplicar todo lo comentado a varios casos de estudio, apoyados en cubiertas reales construidas en distintos países europeos. Aquí es donde realmente se observa el interior de una cubierta, sus capas, los elementos que la forman, las uniones entre ellos, la resolución de encuentros, etc.

¹ **Selecta Home arquitectos**, “*La cubierta: La quinta fachada*”, 2015.

Pero lo más destacable de los casos de estudio es la relación de todos estos elementos que la conforman y sus disposiciones con los factores exteriores de la cubierta, es decir:

Se establecen las causas a las que la cubierta responde. En función del uso al que se destine dicha cubierta, del clima al que se expone, del entorno en el que se encuentra, del país y las normas a las que esté sujeta y muchos otros factores, su diseño se desarrollará de una manera u otra.

Cabe decir que, a pesar de las infinitas opciones, existen tipologías estandarizadas, por lo que las condiciones más restrictivas para el diseño de una cubierta son el clima y el uso. Por esta razón, como se observará posteriormente, no existe gran diferencia normativa ni constructiva entre dos países o zonas cercanas, ya que prácticamente hacen frente a las mismas condiciones climatológicas.

Actualmente, las cubiertas avanzan hacia una optimización multilateral:

Por un lado, en base a investigaciones del ámbito técnico se consiguen avances tecnológicos; mejores materiales, mayor durabilidad, mejores prestaciones de ahorro energético, mayor rapidez constructiva, mayor grado de industrialización, etc. Pero, por otro lado, existe una constante investigación ambiental que hace que estas sigan evolucionando de la mano del medioambiente; cada vez se encuentran más techos verdes o cierta presencia de vegetación, la cual fomenta los espacios verdes dentro de las ciudades y ayuda a que los lugares sean más sanos, agradables y ecológicos. También aparecen las cubiertas que aprovechan el agua de las lluvias, del lado de la sostenibilidad.

Por este motivo, el trabajo hace hincapié en estos aspectos, para así demostrar con el apoyo de los casos de estudio que una cubierta bien hecha debe estar diseñada pensando no solo en lo referente a temas técnicos, sino en que también poseen un gran compromiso social y medioambiental, sin olvidar el económico. Por ello, se analizan los ejemplos de varias cubiertas planas atendiendo a todos aquellos aspectos que influyan tanto en soluciones técnicas, como en problemas y/o ventajas de deterioro o durabilidad, pérdidas energéticas, valores de uso, etc.

Los objetivos de este trabajo son principalmente entender por qué las cubiertas planas se construyen en Europa de acuerdo con las soluciones constructivas que se encuentran en la actualidad. Para ello, se plantean una serie de objetivos secundarios:

Por un lado, hacer un recorrido histórico de las cubiertas planas para comprender los motivos de su evolución y desarrollo. Después conocer las normas existentes tras una cubierta, a las cuales debe atenderse cualquier proyecto, y observar cómo estas pueden variar en función del país o centrar su atención en diferentes cuestiones. Finalmente, a través de ejemplos, demostrar el importante papel de las cubiertas en los edificios y cómo los detalles pueden influir en el rendimiento de estas.

Metodología

Para la realización de este trabajo de investigación se ha observado la existencia de pocos estudios con la amplitud propuesta sobre el tema de las cubiertas planas en la arquitectura europea. Por esta razón la metodología a seguir para el desarrollo de la misma cuenta con una amplia investigación con carácter del estudio tipo descriptivo, exploratorio y cualitativo.

Como existe bastante información sobre la historia, origen y evolución de las cubiertas planas en el territorio europeo, esta parte de la investigación se atribuye un carácter más descriptivo.

Sin embargo, a pesar de que se han recogido las diferentes normativas de acuerdo con un proceso descriptivo de las mismas y sus precedentes, existe también un importante factor exploratorio, ya que no se tenía noción de la existencia de ciertos marcos normativos, ni de la estructura que siguen y como el Parlamento Europeo influye en el control constructivo de los diferentes países. Por otro lado, aquí también se evidencia el carácter cualitativo, debido a relacionar aspectos normativos de dos países diferentes - España y Francia - y agruparlos para compararlos en cuanto a factores en común.



Ha sido necesario distinguir cuatro apartados o conceptos genéricos - pendientes, encuentros, evacuación de aguas, remates - los cuales organizan todos los aspectos normativos de una manera más gráfica y entendible, de esta forma las labores de investigación se ven facilitadas gracias a que se puede ir agrupando aquella información que se considere. Esto permite una comparación más clara y focalizada en el aspecto a destacar, así como una mayor facilidad de lectura y comprensión, ya que se tiene más presente el tema que se está comparando.

De igual forma, se proceden a clasificar también las tipologías y los diferentes diseños posibles de cubiertas planas que se encuentran comúnmente en Europa. Se atiende a dos clasificaciones distintas:

Por un lado, se clasifican atendiendo al diseño externo, una clasificación más genérica y visual con el objetivo de acercar en una primera instancia la investigación hacia las distintas posibilidades que ofrecen estas cubiertas desde el momento en que se convierten en espacios transitables y de uso.

A continuación, se profundiza y se clasifican en función de su estructura interna, es decir, en función de sus capas y disposiciones constructivas, según un modelo propuesto por el teórico de construcción Manuel Jesús Carretero Ayuso. Esta nueva clasificación se adentra más en temas técnicos, y para ello se realizan dibujos constructivos de elaboración propia que apoyan la descripción de las tipologías, así como muestran un detalle gráfico que enseña la disposición tipo de la cubierta.

Finalmente, la comprensión de las normativas que influyen en las cubiertas y las clasificaciones realizadas, permiten elaborar la última parte de la investigación. Se escogen varios casos de estudio de cubiertas planas europeas, en base a la riqueza de aspectos a comentar que estas contienen y a la información disponible para su análisis del detalle. De esta manera, se describen las obras y se realizan detalles constructivos propios con el objetivo de mostrar en estos ejemplos los aspectos estudiados durante el trabajo. También existe parte cualitativa, ya que aparecen comentarios que analizan las obras desde puntos de vista relacionados con los ODS; y se comparan aspectos normativos entre los países donde se ubican estos edificios para encontrar las razones de los elementos y remates que forman sus cubiertas.

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante, ODS) pretenden sensibilizar a los países involucrados. A nivel mundial, todos los cambios que está sufriendo el planeta y la sociedad a raíz de la evolución, así como el ritmo que ha adquirido el ser humano, sobre todo en los países desarrollados, está afectando en gran medida al ritmo más importante: el de la Tierra. Lo cierto es que no es invariable, y se le está desatendiendo y dando por fijo, pero, al igual que nuestra sociedad, va cambiando, y es sensible a cualquier estímulo externo de modo que cualquier acción que ocurre en este medio, la Tierra, se traduce en una reacción o un cambio en ésta. Y la verdad es que, si cada persona está realizando continua y diariamente acciones sobre el medio, nuestro impacto en él no es ni mucho menos despreciable.

En este caso, en el tema de las cubiertas planas, todos los puntos que se contemplan para los ODS pueden estar relacionados, ya que como se ha dicho antes, cualquier acción llevada a cabo en el medio ejerce una influencia en él. Centrándonos en el mundo de la arquitectura y su construcción, y para el caso de las cubiertas de los edificios, cada uno de los procesos involucrados en su planeamiento, diseño, elaboración, construcción, función, uso... van a tener un efecto en el medio en que se ocupen: tanto un efecto ambiental como un efecto social. De este modo, si en todos los eslabones implicados en la construcción de las cubiertas de los edificios no se tienen en cuenta estas reflexiones y se llevan a cabo de manera poco sostenible, se verán afectados muchos aspectos del medioambiente. Esto se traduce en una degradación más rápida, porque un cambio en un medio afecta a todo su entorno, y así sucesivamente porque en la naturaleza está todo relacionado e interconectado, todo forma parte de un mismo “Todo”.

Así pues, viendo el gran ámbito al que afecta el tema, se podría entender como un argumento de gran potencial a la hora de aportar conocimiento y contribuir a este cambio global que se busca, ya que de una sucesión de cambios pequeños en cada eslabón se pueden derivar otros pequeños cambios en el medio, que interrelacionados formarían parte de una mejora más global. Y no solo en puntos relacionados con el medioambiente, sino también en aspectos sociales ya que “un techo es más que una simple cubierta”, o lo que es lo mismo, una cubierta no solo es un elemento constructivo: también protege del exterior, transmite sensación de protección, de tener un techo, de estar resguardado, dota al espacio de mayor salubridad... Es tal vez la fachada más importante, sino ¿por qué a los “sin techo” se les llama precisamente así, y no “sin casa”, o “sin paredes”? Es por ello por lo que la cubierta tiene también gran influencia social, y puede ser solución de muchos de los aspectos que aparecen en los ODS. (ODS 1, 2, 3, 4)

En el tema de las cubiertas, todo se puede resumir en un proceso general que va desde la extracción de materias primas y la elaboración y producción de los materiales, hasta las personas que acaben haciendo uso de cada cubierta sea cual sea éste. El impacto dependerá de:

- La elección de materiales: los cuales tendrán menor impacto, tanto medioambiental como económico si proceden de una zona próxima a la construcción del edificio, así como su mantenimiento será también mejor, y los técnicos y especialistas implicados a lo largo de su vida útil serán autóctonos, lo que potencia la actividad local. (objetivos 8, 12)
- La tipología constructiva, diseño y su adaptación al medio: afectando lo mínimo al medio que ocupa y a sus especies, reduciendo el consumo energético gracias a las cualidades y características de este medio como, por ejemplo: recogiendo las aguas pluviales para su reutilización, introduciendo cubiertas vegetales... Es decir, apostar por la autosostenibilidad reduce costes y, por tanto, sería más accesible para personas menos favorecidas. (objetivos 1, 3, 6, 7, 11, 13)
- Introducción de nuevas tecnologías en la industria y aplicación en la construcción: con el avance tecnológico, la investigación y los nuevos materiales, siempre y cuando sean bien utilizados, se pueden lograr también avances medioambientales enfocados a las energías renovables y no contaminantes, que aplicadas a las cubiertas se pueden traducir como el uso de las placas solares, pinturas solares, procesos de recogida y depuración de aguas, mejora de los procesos constructivos, optimización energética, etc. (objetivos 6, 7, 9, 11). Esto también crea la oportunidad de nuevos oficios y especializaciones, así como potencia la investigación. (objetivo 8)



- Normativas, códigos, contratos: Para que haya una sensibilización, y ésta se traduzca en acciones que de verdad propicien estos cambios, se deben establecer normas y códigos de actuación. Esto se podría traducir, en relación con el tema que nos ocupa de las cubiertas de los edificios, en la creación y estipulación de normativas que regulen a las industrias o empresas constructoras. También en la elaboración de códigos morales propios de cada persona a la hora de trabajar con una empresa que no contemple estas acciones por el medioambiente. De modo que todas las instituciones que forman parte de estos procesos (materias primas, producción, construcción, uso, etc.) se vean obligadas, ya sea por estar condicionados por normas, o por presión social, o por propia voluntad, a reflexionar sobre estos objetivos y buscar formas eficientes, óptimas, sostenibles y responsables para combinar una situación de progreso económico con una economía sostenible. (objetivo 16, 17)

A continuación, se pormenorizan los ODS y se indica su relación con el objeto de este Trabajo Final de Grado sobre las cubiertas en el ámbito europeo:

1.- FIN DE LA POBREZA → Cubiertas como elemento de protección de las personas vulnerables y expuestas a fenómenos externos como el clima y otros desastres sociales, económicos y ambientales.

2.- HAMBRE CERO → Este objetivo no se abordará en el trabajo.

3.- SALUD Y BIENESTAR → Un techo es más que una cubierta, es también entre otras muchas cosas una potente herramienta para mantener la salubridad de los espacios y personas que los habitan, reduciendo el riesgo de enfermedades y la mortalidad en zonas poco desarrolladas, por ejemplo. También actúa a su vez como herramienta social disminuyendo el uso y la divulgación de sustancias nocivas en las calles y actuando como refugio de personas necesitadas o con problemas.

4.- EDUCACIÓN DE CALIDAD → Alcanzando técnicas constructivas de calidad de una manera más optimizada y económica, reduciendo costes que pueden ser destinados para facilitar el acceso a la educación de cuantas más personas mejor.

Cubiertas diseñadas atendiendo al espacio educativo, creando atmósferas que inciten a una buena relación entre alumnos y potencien el aprendizaje.

5.- IGUALDAD DE GÉNERO → Este objetivo no se abordará en el trabajo.

6.- AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO → Cubiertas sostenibles, con sistemas de recogida de aguas pluviales para su posterior uso en saneamiento o convertidas en aguas potables tras su debido tratamiento.

7.- ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE → Junto con los avances tecnológicos y los nuevos materiales, las cubiertas evolucionan hacia la sostenibilidad, adquiriendo nuevas tipologías y siendo en muchos casos la principal fuente de abastecimiento energético de los edificios autosostenibles.

8.- TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO → Con las nuevas tecnologías utilizadas en las cubiertas, así como la inserción de nuevos materiales, se implican más oficios en la construcción e investigación de estas.

9.- INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA → Cubiertas en evolución hacia una industrialización sostenible, más eficaz y con procesos más limpios y ambientalmente racionales. Para ello es importante la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de la industria.

10.- IGUALDAD → Este objetivo no se abordará en el trabajo.

11.- CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES → Una misma cubierta en su extensión puede ir sirviendo a diferentes viviendas, usos... dentro de una misma urbanización o barrio, articulando así estos barrios o zonas como símbolo además de igualdad y una herramienta asequible para la mejora de barrios marginales.

Cubiertas verdes y accesibles que además de funcionar como cubierta lo hacen también como espacio verde para la ciudad.



12.- CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLE → Utilizar recursos de la zona, con menor impacto; materiales menos contaminantes en su extracción y producción, derivando en procesos de construcción más ecológicos.

13.- ACCIÓN POR EL CLIMA → Tipologías y cubiertas ajardinadas, o que reduzcan el consumo energético aprovechando las energías y recursos renovables aliándose con el medioambiente y favoreciendo con su grano de arena a la acción por el clima.

14.- VIDA SUBMARINA y 15.- VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES → Industrias menos contaminantes en sus procesos y vertidos y construcciones que tengan en cuenta su inserción en el medio y la vida de especies a las que pueden afectar.

16.- PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS y 17.- ALIANZAS → Se pueden traducir en normativas, códigos, contratos... que favorezcan esa acción y reflexión sobre lo sostenible, desplazando así las prácticas que no tengan estos factores en cuenta para acabar alcanzando un sistema como el actual pero evolucionado y mejorado en temas ecológicos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Recorrido histórico

1. HISTORIA

En la actualidad las cubiertas planas de los edificios establecen la tipología de cubiertas más característica y extendida de la arquitectura moderna desde su aparición a raíz de las nuevas técnicas constructivas, posibles a partir del uso del hormigón armado, así como la influencia de las nuevas vanguardias estilísticas que buscaban la pureza volumétrica y formal.

A pesar de que este tipo de cubiertas son un rasgo tan propio de la actualidad, no es una tipología tan moderna ni tan reciente como parece ya que en la arquitectura tradicional mediterránea y oriental ya se observaban estas cubiertas planas, en casas sencillas y de geometría simple. Esta arquitectura tradicional y sencilla derivaría al cabo de los años en las actuales cubiertas planas, como algunos autores defienden, ya que junto a la influencia de las nuevas técnicas y razones estéticas “debe sumarse la atracción ejercida por las arquitecturas vernáculas del norte de África”.²

Dicha atracción hacia esta arquitectura vernácula empezó con las reflexiones Románticas que se enfrentaban a la industrialización y sus ciudades masificadas poco higiénicas y contaminadas. Con la mirada romántica surgió un sentimiento de búsqueda de la autenticidad en lo primitivo, huyendo del pensamiento racional que había marcado a la Revolución Industrial y dejándose llevar por las sensaciones: “Durante el siglo XIX el segundo paradigma estaba representado por la mirada romántica, por la búsqueda de la autenticidad en lo primitivo, del reino de los sentimientos en oposición al dominio de la razón”.³ Ahora aquellas construcciones definidas por la mentalidad occidental de épocas anteriores, donde predominaban los órdenes clásicos y las perspectivas, como cúbicas y austeras casas y lamentables productos asociados a la barbarie y el atraso cultural pasan a ser foco de estudio y reflexión en esa búsqueda de encuentro con la naturaleza, añoranza del aire puro y evasión de las ciudades volviendo un poco al carácter del siglo XVIII donde “dentro del espíritu renovador de la Ilustración, se suceden los comentarios sobre las virtudes de las terrazas: la posibilidad de respirar el aire puro, de observar el cielo, de reunirse con las amistades, etc.”.⁴ No solo en el ámbito de la arquitectura sino también en el del arte, ambos siempre muy ligados, se buscaba ese sentimiento con pinturas de escenas con fondos compuestos con estas casas típicas del Norte de África: “las blancas configuraciones urbanas de esos pueblos llegaron a los espectadores europeos con la baja intensidad de los fondos de pinturas de paisaje como en *Tánger: la Ciudad Blanca* (1893) de John Lavery”.⁵

Figura 1

“Weissenhof árabe”. Postal de época



(<https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23163/1/Páginas%20desdeRA12-9.pdf>)

Nota. A la izquierda una imagen falseada del proyecto de la Weissenhof Siedlung de 1934. Se ubica en una población árabe quedando totalmente integrada. A la derecha una imagen de Belén (Auguste Salzmann) donde se observa la estrecha relación formal que guarda esa arquitectura vernácula árabe del mediterráneo y las nuevas construcciones de formas puras y cúbicas europeas.

Figura 2

Belén, 1854



² Jorge Francisco Liernur, “Orientalismo y Arquitectura Moderna: El debate sobre la cubierta plana”, 2016.

³ Jorge Francisco Liernur, “Orientalismo y Arquitectura Moderna: El debate sobre la cubierta plana”, 2016.

⁴ Ramon Graus, “La Cubierta Plana. Un paseo por su historia”, 2004.

⁵ Jorge Francisco Liernur, “Orientalismo y Arquitectura Moderna: El debate sobre la cubierta plana”, 2016.

En la Europa central estas pinturas, junto con los numerosos viajes realizados por escritores y teóricos, propiciaron gran variedad de documentos, dibujos, postales, fotografías... que influyeron en el interés sobre este estilo y la potente idea de las terrazas desde una aproximación romántica: “espaciosas casas hechas de arcilla, en su mayoría con un piso superior; las ventanas eran celosías abiertas para el pasaje de la luz y el aire, los pisos de tierra apisonada, las rudas puertas de madera de palma, como en todos los oasis (...) ¡un espectáculo de sueños! – una gran ciudad de arcilla construida en esta arena desierta contorneada por muros y torres y calles y casas”.⁶

Estos factores tuvieron gran incidencia en Alemania donde, de forma paralela, muchos arquitectos y teóricos como John Ruskin, Gottfried Semper, Joseph Maria Olbrich, Josef Hoffman, Otto Wagner o Josef Strzygowski iniciaron debates y reflexiones sobre la justificación y defensa de las formas puras, obtenidas de las edificaciones cúbicas orientales. Es decir, a finales del siglo XIX las construcciones vernáculas de origen medio-oriental comenzaron a ser tomadas en consideración por los arquitectos que buscaban una renovación de la disciplina.

La primera construcción modernista en la que se empleó la cubierta plana fue la Casa Scheu (1912) de Adolf Loos en Viena, influenciado por la búsqueda de esa renovación estilística de volúmenes puros ligada a la arquitectura vernácula mediterránea. Debido a este debate del momento recibió muchas críticas “porque parecía una casa argelina”⁷ a pesar de que él aseguraba que no era tal influencia la que había configurado la forma de su obra:

“Sin embargo, durante el proyecto de esa casa, no había pensado ni de lejos en el oriente. Tan sólo creía que estaría muy bien poder tener acceso desde los dormitorios, que se encontraban en el primer piso, a una gran terraza comunitaria. Y eso en todas partes, tanto en Argel como en Viena. Pues bien, esa terraza, que se repetía otra vez en el segundo piso -de una casa de alquiler- era lo insólito, lo extraordinario”.⁸



Figura 3
Casa Scheu

Nota. Adaptado de Casa Scheu, Adolf Loos, 1912.

(<https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23163/1/Páginas%20desdeRA12-9.pdf>)

Al finalizar la Primera Guerra Mundial (1914 - 1918) esta idealización de construir con formas sencillas adquirió mayor trascendencia, ya que surgió la necesidad de vivienda y reparación de las ciudades produciendo un cambio en la visión de la sociedad, priorizando los motivos técnicos como la optimización económica, y su facilidad y rapidez constructiva. Pero también priorizó motivos de carácter artístico, donde junto al sentimiento de decadencia se experimentó hacia varios estilos como método de protesta y cambio, surgiendo así las conocidas Vanguardias. En la arquitectura estos grupos de artistas, en contra de la arquitectura anterior ostentosa y centrada en la belleza, buscaban alcanzar la máxima eficiencia funcional de los edificios reduciéndose estos pues a una estructura, sin vuelos ni elementos decorativos, obra de ingeniería: “sólo la perfección es bella, y la arquitectura en tanto que práctica, no puede ser perfecta, y por lo tanto nunca será bella” (Adolf Loos); apoyándose en las teorías filosóficas que tenían lugar en ese momento: “El significado es el uso” (Ludwig Wittgenstein).⁹

⁶ Charles M. Doughty, “Pasajes de la Arabia Desierta”, (Ed. Ediciones del viento), 2006.

⁷ Rukschcio, Burkhardt, Schachel, Roland, Adolf Loos, “Leben und Werk, Salzburg”, 1982.

⁸ Adolf Loos, *Das "Grand-Hotel Babylon"*, 1923.

⁹ Francisco Espejo, “El significado es el uso” 2017, en “La filosofía en sus problemas actuales”, 2017 (ed. Andrés Gatica Gattamelati), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC/CONICYT).

Claro ejemplo de búsqueda de esta nueva arquitectura técnico-formal es el proyecto de viviendas de la Weissenhofsiedlung en Stuttgart donde “En el prólogo del número 9 la revista Werkbund-Ausstellung die Wohnung evidencia que el objetivo del encargo es reflexionar sobre el problema de la vivienda, no solo en términos técnicos y económicos, sino — y, sobre todo — arquitectónicos, es decir, espaciales”.¹⁰

A partir de este momento surge una experimentación con la ‘caja’ y los cubos realizados con volúmenes puros por parte de multitud de arquitectos, por lo que se extienden las cubiertas planas en la mayoría de las zonas centroeuropeas durante las primeras décadas del siglo XX. En 1927 Le Corbusier enuncia los ‘5 puntos de la arquitectura’ entre los cuales se habla de las azoteas y las cubiertas planas, donde el autor compara este tipo de cubiertas con las inclinadas llegando a la conclusión de que las cubiertas planas posibilitan la recuperación del espacio de suelo perdido y también del disfrute del aire libre, gracias a que permiten concebir terrazas como ya buscó Adolf Loos en su Casa Scheu (como hemos justificado anteriormente).

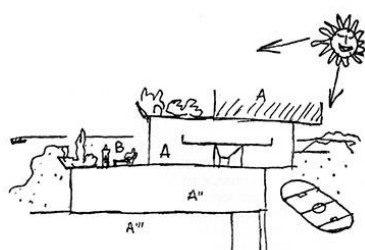


Figura 4
Croquis para el proyecto Durand, en Argel.

Croquis proyecto Durand, de Le Corbusier, 1933. Tectónica
(http://www.tectonica.es/arquitectura/cubiertas/planas/cubierta_cuerpos_puros.html)

Así estas nuevas formas cúbicas se van descomponiendo en base a nuevas reflexiones hacia formas más elementales como los planos, y se establecen nuevos criterios compositivos recogidos en el movimiento del neoplasticismo. Esta descomposición en planos va dotando a la cubierta de importancia en el edificio porque pasa a ser un plano más y se independiza de los laterales adquiriendo mayor libertad de experimentación y proyección. Durante este periodo se internacionaliza esta tipología, y se producen los primeros avances en cuanto a materialidad y construcción se refiere, mejorando el comportamiento de estas cubiertas frente a los principales problemas de filtraciones y condensaciones.

Con la llegada de la Segunda Guerra Mundial (1939–1945) esos avances de investigación química e industrialización se potencian, y se empiezan a emplear en arquitectura soluciones con materiales formados por nuevos compuestos capaces de resolver mejor dichas cuestiones.

“El impulso más importante a las aplicaciones químicas se produjo durante la Segunda Guerra Mundial (elastómeros para ruedas y embalses de agua, polímeros que modificaban los productos bituminosos, poliestireno extrudido para flotadores y balizas, etc.)”.¹¹ Todos estos avances pasarían más tarde a aplicarse en favor de la mejora de las propiedades de las cubiertas planas, como temas de durabilidad, estabilidad térmica, estanqueidad, etc. Con los años, a raíz de investigaciones, va desarrollándose una mayor comprensión técnica de los problemas que surgían en dichas cubiertas durante los periodos anteriores y surgen nuevos términos, conceptos como gradiente térmico o condensaciones intersticiales, y soluciones constructivas. Uno de los grandes avances en el mundo de las cubiertas planas fue el hecho de “estudiar el orden de las capas y la formulación en Estados Unidos (1951) de la Insulated Roof Membrane Assembly (upside-down roof)”¹² o la conocida ‘cubierta invertida’.

Todo esto ya denota una sistematización, estandarización y regulación del ámbito, en cuanto se tratan temas como las capas que conforman una cubierta, o se estudian los efectos positivos y negativos en función de su disposición, así como de los materiales que las configuran. Traduciéndose, con el paso del tiempo, en normativas y códigos para el correcto diseño y construcción de este elemento arquitectónico, que hasta día de hoy ha ido incrementando sus exigencias centradas en conseguir la mayor optimización energética y económica ligadas al diseño.

¹⁰ **Eduard Stick López Padilla**, “La arquitectura moderna como experimento: la Weissenhofsiedlung y la relación entre la técnica y la forma”, (Universidad del Valle y Universidad del Pacífico), 2011.

¹¹ **Ramon Graus**, “La Cubierta Plana. Un paseo por su historia”, 2004.

¹² **Ramon Graus**, “La Cubierta Plana. Un paseo por su historia”, 2004.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Marcos Normativos

2. NORMATIVA

2.1 PRECEDENTES

A medida que han ido avanzando las cubiertas y sus sistemas constructivos, han ido surgiendo nuevas normativas con la necesidad de establecer criterios y reglas para conseguir una buena práctica a la hora de proyectar estas nuevas cubiertas. Las normativas se encargan de pautar el diseño y regular las partes que conforman el total de la cubierta, con el objetivo de lograr las mejores relaciones entre estas partes y los materiales que las componen en favor de la mejor optimización posible: evitar incompatibilidades de los materiales que deriven en problemas, alcanzar la mayor eficiencia energética, disminuir pérdidas de calor y puentes térmicos, evitar filtraciones de agua y vapor o controlarlas de la mejor manera posible, controlar la seguridad estructural de la cubierta y sus capas, prolongar la durabilidad y reducir mantenimientos, etc.

“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.”¹³

A nivel europeo el marco reglamentario principal es el de las Directivas Europeas referentes a la construcción y edificación, las cuales establecen los criterios y obligaciones que deben cumplir todos los estados miembros de la Unión Europea (UE). Tratan cuestiones más relativas a la libre disposición de materiales de construcción y la eficiencia energética de los edificios. Ejemplo de estas Directivas son:

- **DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010**, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- **Directiva 2012/27/UE**, relativa a la Eficiencia Energética.
- **Reglamento Europeo de Productos de Construcción (UE) N° 305/2011**.
Sustituye a la Directiva 89/106/CEE de Productos de Construcción a partir de 1 de julio de 2013.

Estos marcos de referencia surgieron en la búsqueda de una coordinación a nivel europeo y por parte de los Estados miembros de la UE, para conseguir unos objetivos en ámbitos de empleo, investigación y desarrollo, energía, etc. En consonancia con los ODS.

“Europa no puede permitirse derrochar energía. La consecución de una Europa eficiente en términos energéticos es desde hace mucho tiempo un objetivo de la UE apoyado reiteradamente por sus Jefes de Estado y de Gobierno.”¹⁴

Cada país europeo tiene su propia normativa, aunque deben recoger lo dispuesto en las directivas europeas: “las decisiones emanadas desde la Unión Europea, y materializadas en las diferentes Directivas, deberán ser implantadas por cada uno de los Estados miembros a partir de la adaptación de las respectivas legislaciones nacionales. De lo contrario, y en base al incumplimiento de los plazos marcados, los estados podrán ser objeto de sanción.”¹⁵

Por lo tanto, cada Estado miembro deberá trasponer el marco legal definido por el Parlamento Europeo y el Consejo, a través de sus Códigos y Decretos. Esto permite la configuración de un entorno normativo más flexible, aunque unificado en cuanto a objetivos comunes, ya que cada país puede establecer sus criterios para cumplir las reglas.

¹³ LOE, “Ley 38/1999”, de 5 de noviembre, Ordenación de la Edificación.

¹⁴ “Comunicado de la Comisión Europea”, 6 de noviembre de 2014.

¹⁵ BLESIL Project, Noticias, “Las Directivas europeas y el sector de la construcción”, 2015.

En España existe un marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Esta Ley recogía las disposiciones europeas de obligado cumplimiento para los países de la UE, y las trasladaba a la normativa española a través de Reales Decretos que establecían los procedimientos aceptados o las guías técnicas que debían seguirse a la hora de construir un edificio.

A raíz de La Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, se aprobó un RD en 2006 mediante el cual se daba cumplimiento a la LOE, así como se recogían aspectos de normas anteriores y las disposiciones europeas de obligado cumplimiento.

“El articulado de este documento básico fue aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28-marzo-2006) y posteriormente ha sido modificado por las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre (BOE 23-octubre-2007)
- Corrección de errores del Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre (BOE 20diciembre-2007)
- Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo (BOE 25enero-2008)
- Orden VIV/984/2009 de 15 de abril (BOE 23-abril-2009)
- Corrección de errores y erratas de la orden VIV/984/2009 de 15 de abril (BOE 23septiembre-2009)”¹⁶

Este nuevo marco reglamentario es el Código Técnico de la Edificación (CTE), donde además de establecerse las exigencias en materias de seguridad y salubridad, se adquieren nuevos enfoques en base a accesibilidad universal y no discriminación, mejora de la calidad social de la edificación y fomento del desarrollo sostenible.

Por otro lado, el CTE supuso un mayor conocimiento técnico general ya que es de carácter público, “ha permitido que la normativa técnica de la edificación pase de ser de uso exclusivo de técnicos y profesionales a ser de uso común”¹⁷ por lo que cualquier agente involucrado en la construcción o persona conocedora de este código puede acceder a él. Este aspecto potencia el cumplimiento de los objetivos europeos, ya que facilita el aporte del grano de arena de agentes o personas particulares y obras pequeñas; que, junto con los proyectos de mayor escala, actúan en consonancia para conseguir metas más grandes.

Sin embargo, el CTE coexiste con numerosos documentos de apoyo que lo complementan. Algunos de estos se recogen en el CTE también a modo de artículos o comentarios. Un ejemplo son las normas UNE (Una Norma Española), que son un conjunto de normas, normas experimentales e informes creados en los Comités Técnicos de Normalización (CTN). Estas pueden ser documentos nacionales (UNE), por definición voluntarios, por eso aparecen como comentarios; o adaptaciones de documentos europeos o internacionales (UNE-EN y UNE-EN ISO).

- EN → Adopción nacional de la norma europea
- ISO → Adopción nacional de la norma internacional

Ejemplo: **Norma UNE 199191:2013**

| Norma | CTN | Código | Año |
|-------|-----|--------|------|
| UNE | 199 | 191 | 2013 |

CTN: referencia al CTN que redacta la norma
Código: número de norma emitida por dicho comité
Año: año de publicación de la norma UNE

A diferencia del CTE, las normas UNE no están recogidas en un único documento con una estructura clara, lo que las hacen más confusas y difíciles de acceder a la hora de buscar alguna información concreta.

¹⁶ CSIC para la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, “Código Técnico de la Edificación”, 2015.

¹⁷ CSIC para la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, “Código Técnico de la Edificación”, 2015.

2.2 COMPARATIVA

En relación con el tema de las cubiertas planas en la edificación, a pesar de existir aspectos de carácter más universal, ya se encuentran algunas diferencias entre las normas de diferentes países.

Por ejemplo, a la hora de definir la cubierta plana en función de sus pendientes. Si comparamos las pendientes establecidas por el CTE y la Norma Francesa (norme française NF), ambas distinguen diferentes pendientes en función del uso que albergará la cubierta (Figuras 5 y 6). Sin embargo, en la normativa española se distingue también la capa de acabado o protección, como más adelante hará hincapié Manuel Carretero en su clasificación; mientras que la francesa no vincula la pendiente directamente al material de protección.

Figura 5
Pendientes cubiertas planas según CTE DB-HS 1.

Tabla 2.9 Pendientes de cubiertas planas

| Uso | Protección | Pendiente en % | |
|-----------------|----------------------|-----------------------------------|------|
| Transitables | Peatones | Solado fijo 1-5 ⁽¹⁾ | |
| | Vehículos | Solado flotante | 1-5 |
| | | Capa de rodadura | 1-15 |
| No transitables | Grava | 1-5 | |
| | Lámina autoprotegida | 1-15 | |
| Ajardinadas | Tierra vegetal | 1-5 | |

⁽¹⁾ Para rampas no se aplica la limitación de pendiente máxima.

Figura 6
Pendientes cubiertas planas según Norma Francesa NF P 84-204-1-1.

5.1.1 Pente des parties courantes

Les pentes admises dépendent de la destination de la toiture : voir tableau 1.

Tableau 1 — Pentés admises selon la destination de la toiture

| Destination de la toiture | Classes de pente admise |
|--|-------------------------------------|
| Inaccessible ¹⁾ | — Pente nulle — pente ≥ 1 % |
| Technique ou à zones techniques | — pente nulle — pente 1 à 5 % |
| Accessible aux piétons avec protection autre que par dalles sur plots | — pente 1,5 à 5 % |
| Accessible aux piétons avec protection par dalles sur plots | — pente nulle — pente 1 à 5 % |
| Accessible aux véhicules | — pente 2 à 5 % |
| Jardin | — pente nulle — pente 1 à 5 % |
| ¹⁾ La pente des parties courantes au droit des chemins de circulation est limitée à 50 %. | |

NOTE L'attention est attirée sur le fait que, par suite des tolérances d'exécution, les toitures de pente inférieure à 2 % peuvent présenter des contre-pentes, flaches et retenues d'eau. Cette présence est systématique dans le cas de pente nulle.

Se observa también que la norma francesa clasifica de cubierta inclinada cualquier cubierta de pendiente mayor al 5%, mientras que en la tabla del CTE existen dos casos en los que la inclinación puede estar comprendida entre el 5-15%.

Son matices que muestran la flexibilidad de los criterios de los diferentes países europeos a la hora de clasificar y ordenar sus normas en base a sus leyes y decretos, encargados de procurar que cada edificio cumpla con las Directivas Europeas.

Cabe resaltar en este apartado el hecho de que, para tener en cuenta todos los aspectos de los que depende una buena proyección de la cubierta y conseguir los objetivos económicos, medioambientales y sociales de la UE, hay múltiples factores externos que influyen en su desarrollo y en las normas que lo regulan. Como todo buen proyecto de construcción, esta debe adecuarse al entorno y a su emplazamiento, ya que de estos va a depender la climatología, la sociedad, los materiales, las costumbres, etc. a las que estará sometida dicha cubierta. Por esta razón existen multitud de normativas en función del lugar, o por ejemplo país, incluso en cada una de estas se encuentran diversidad de apéndices y variaciones posibles.

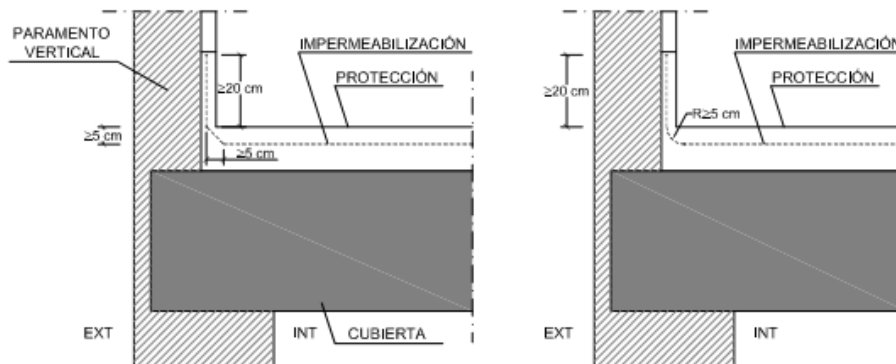
Además, cada zona o país tiene sus tradiciones constructivas, sus oficios locales y técnicas constructivas, o también sus materiales autóctonos; esto junto a la flexibilidad que dejan las Directivas Europeas a los países para cumplir sus objetivos da lugar a una gran variedad de soluciones y detalles constructivos en todo el continente europeo a la hora de realizar cubiertas planas.

Encuentro de la cubierta con el paramento vertical: por ejemplo, las normas contemplan diferentes soluciones para la impermeabilización de la junta: rozas en el paramento vertical, retranqueos o perfiles metálicos.

Aquí, el CTE indica la longitud que debe prolongarse la impermeabilización por el paramento vertical, la cual son 20cm (figura 6). También determina el radio de curvatura de la esquina para no dañar la lámina.

Figura 7

Encuentro cubierta con paramento vertical según CTE DB-HS 1.



El CTE también determina las medidas mínimas que deben tener las rozas y los retranqueos:

“Para que el agua de las precipitaciones o la que se deslice por el paramento no se filtre por el remate superior de la impermeabilización, dicho remate debe realizarse de alguna de las formas siguientes o de cualquier otra que produzca el mismo efecto:

- mediante una roza de 3 x 3 cm como mínimo en la que debe recibirse la impermeabilización con mortero en bisel formando aproximadamente un ángulo de 30° con la horizontal y redondeándose la arista del paramento;
- mediante un retranqueo cuya profundidad con respecto a la superficie externa del paramento vertical debe ser mayor que 5 cm y cuya altura por encima de la protección de la cubierta debe ser mayor que 20 cm;
- mediante un perfil metálico inoxidable provisto de una pestaña al menos en su parte superior, que sirva de base a un cordón de sellado entre el perfil y el muro. Si en la parte inferior no lleva pestaña, la arista debe ser redondeada para evitar que pueda dañarse la lámina.”¹⁸

¹⁸ Ministerio de Fomento. “Documento Básico HS salubridad”, DB-HS, diciembre 2014.

Por otro lado, la Norma Francesa (NF) contempla diferentes medidas de estos elementos para albergar la lámina impermeabilizante en los paramentos verticales (figura 7); a diferencia de lo observado en el CTE, donde la medida mínima está estandarizada.

Figura 8

Tabla para los valores de H, según norma francesa NF P 84-204-1-1.

| Type de toiture | Pente (%) | Valeur minimale de H (mm) |
|--|-----------|---|
| Inaccessible | Nulle | 150 |
| | De 1 à 5 | 100 |
| | > 5 | 100 cas général 150 pour reliefs de noue située en pied de versants de pente $\leq 20\%$ |
| Accessible aux piétons avec protection de l'étanchéité par dalles sur plots. | 0 à 5 | 100 par rapport à l'assise des plots : — lorsque le niveau fini des dalles est au-dessus du haut des relevés (Figure 14) ; — ou lorsqu'un callebotis est disposé le long du relief (Figure 15) ; — ou lorsqu'un bardage étanche ^{a)} retombe au-dessous du niveau inférieur des dalles (Figure 16). 100 au-dessus du niveau fini des dalles lorsque ce dernier est au-dessous du haut des relevés (Figure 17) y compris en présence d'un écran démontable. |
| | 2 à 5 | 100 |
| Accessible aux véhicules | 2 à 5 | 100 |
| Jardin | 0 à 5 | 150 au-dessus de la terre végétale (Figure 18) |

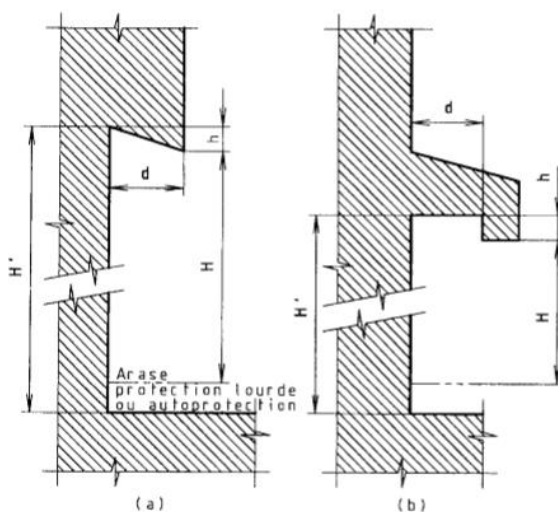
NOTE 1 Concernant la valeur minimale de H (mm), la Figure 24 de NF P 84-204-1-1 illustre le cas de l'écran démontable.

NOTE 2 Dans certains cas (départ d'évacuation pluviale latérale) ces valeurs sont augmentées pour permettre la mise en place du relevé et du dossier de la platine d'entrée d'eau pluviale.

a) Le bardage étanche est de type IV au sens du DTU 20.1 ou du DTU 23.1 ou de type XIV au sens du cahier n° 1833 du CSTB.

Figura 9

Tabla para los valores de H, según norma francesa NF P 10-203-1.



Donde H es la distancia vertical mínima del retranqueo, medida desde la línea superior de la capa de protección, mismo criterio que marca el CTE.

Como se observa en la tabla de la figura 7, la distancia H dependerá de la pendiente de la cubierta y del uso de la misma. Va desde los 100 hasta los 250 mm, mientras que el CTE marca la distancia de 200 mm para la mayoría de los casos.

Evacuación de aguas: Otro aspecto destacable para la funcionalidad de una cubierta plana es la correcta evacuación de aguas y evitar su estancamiento, ya que esto podría ocasionar problemas futuros de filtraciones, humedades y deterioro de los materiales que la conforman.

En este caso las medidas que se toman son bastante generalizadas en toda Europa, como es la inserción en las cubiertas de sumideros, rebosaderos y canalones para conducir el agua hasta el nivel de tierra o alcantarillado. Aunque aparecen nuevas soluciones que permiten aprovechar el agua recogida y nuevas tipologías de cubiertas, estos elementos siguen funcionando de la misma forma y por esta razón en las normas se mantienen las condiciones constructivas.

El CTE contempla una serie de pautas a seguir a la hora de ubicar y diseñar tanto el elemento de evacuación como la parte de la cubierta que actuará como base de este, así como su encuentro con otros elementos de la cubierta. Las más destacables son:

- El sumidero o canalón debe ser una pieza prefabricada.
- Debe tener un ala superior de 10cm (Figuras 9 y 10).
- Debe disponer de elementos de retención de sólidos.
- Hay que rebajar el elemento soporte de la cubierta en un perímetro alrededor del canalón o sumidero (Figuras 9 y 10).
- La impermeabilización tiene que prolongarse mínimo 10cm por encima de las alas (Figura 9).
- El sumidero debe estar mínimo 50cm separado con relación al paramento vertical.
- Si el canalón se encuentra junto a un paramento vertical, su ala debe ascender por este junto con la lámina impermeabilizante (Figura 10).

Figura 10
Sumidero según CTE DB-HS 1.

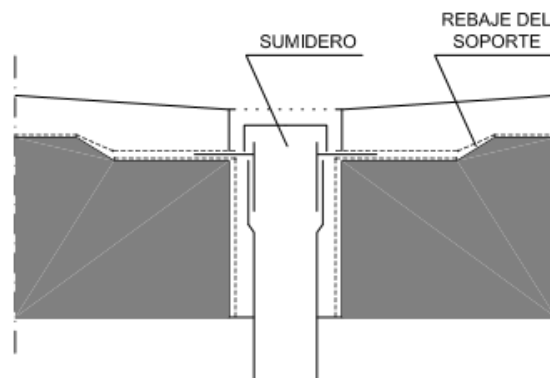
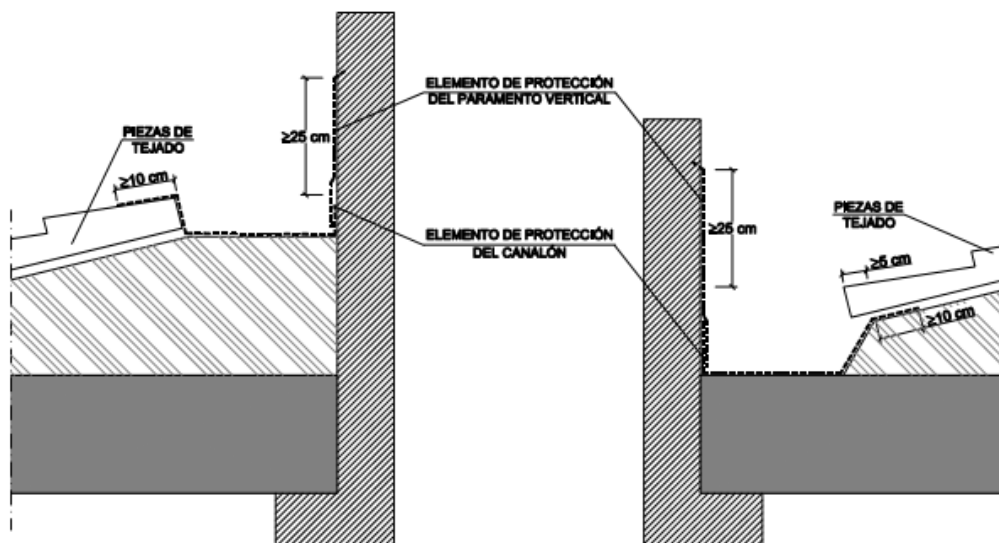


Figura 11
Canalones según CTE DB-HS 1.
NOTA. Imagen y anotaciones aplicables a cubiertas planas.

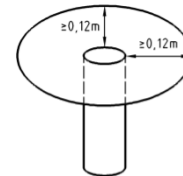


Por su parte, el documento francés (NF P 10-203-1, Septiembre 1993) no especifica tan detalladamente algunas razones.

- Habla de rebajar el soporte para la lámina impermeable y acota las medidas mínimas del rebajamiento; mientras que el CTE no acota este elemento.
- El ala de los sumideros no será menor de 12cm; mientras que el CTE indica la mínima de 10cm.

Figura 12

Sumidero según NF P 84-204-1-1.



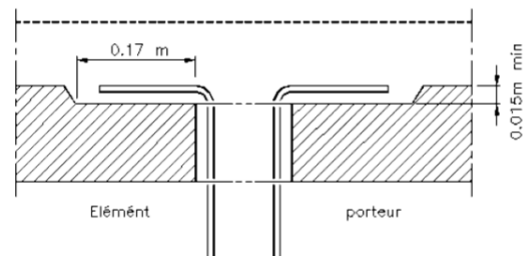
- Comenta las varias maneras de reservar el espacio para conectar el sumidero con la tubería bajante en función de las distintas formas que puede tener el sumidero. A diferencia del CTE, que no lo especifica.

“Les ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux pluviales doivent présenter les réservations nécessaires pour être raccordés aux canalisations d'eaux pluviales. Les raccordements aux canalisations pouvant s'effectuer par des moignons cylindriques ou tronconiques (figures 68 et 69), les réservations dans le gros oeuvre devront tenir compte de l'encombrement de ces dispositifs ainsi que des tolérances d'implantation.”

“Las obras de recogida y evacuación de aguas pluviales deben contar con las reservas necesarias para ser conectadas a las tuberías de aguas pluviales. Dado que las conexiones a las tuberías se pueden realizar mediante tocones cilíndricos o troncocónicos (figuras 68 y 69), las reservas en el armazón deben tener en cuenta el tamaño de estos dispositivos, así como las tolerancias de instalación.”¹⁹

Figura 13

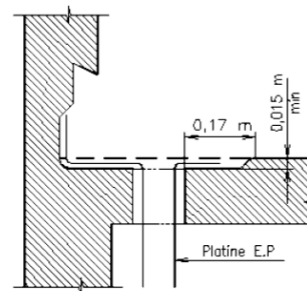
Sumidero según NF P 10-203-1.



- Además, la norma francesa sí que contempla la ubicación de sumideros a menos de 50cm del paramento vertical. Esta se resolvería prolongando el ala del sumidero en vertical por el paramento junto con la debida impermeabilización.

Figura 14

Sumidero según NF P 10-203-1.

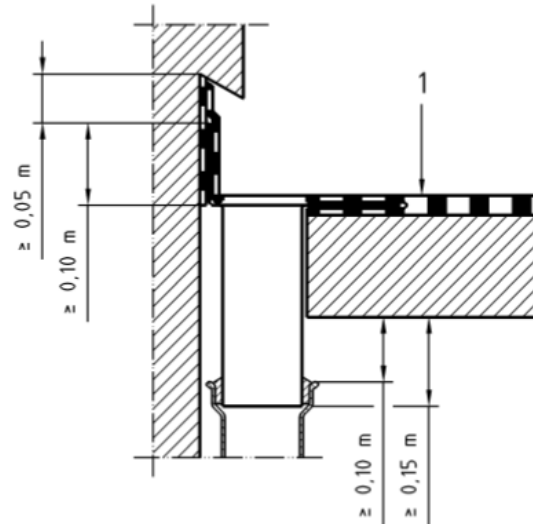


¹⁹ Norme Française, NF P 10-203-1, DTU 20.12. “Maçonnerie des toitures et d'étanchéité, Septembre” 1993. (Traducido)

- Acota más en detalle el sumidero y sus distancias a otros elementos de la cubierta. Se observa también como se relacionan también las alas de sumidero y las láminas impermeabilizantes.

Figura 15

Sumidero según NF P 84-204-1-1.

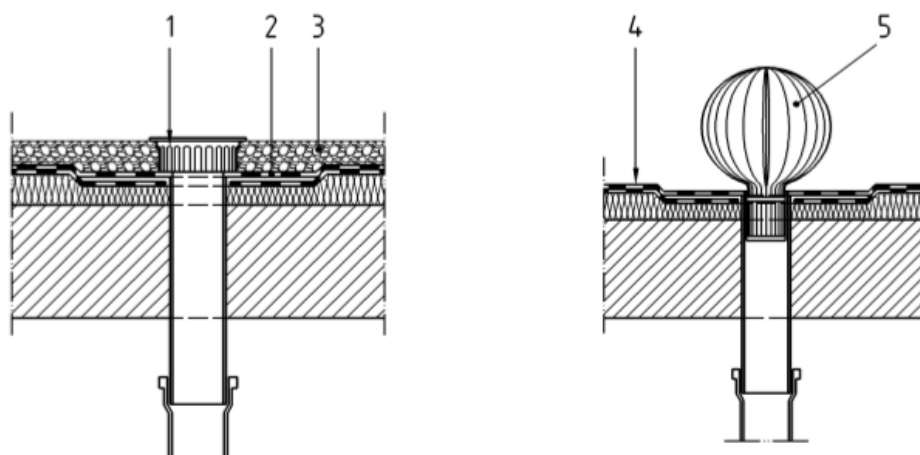


- Tanto la norma española como la francesa distinguen que cuando la cubierta sea transitable el sumidero debe quedar enrasado con la capa de protección, y si es no transitable deberá sobresalir de esta capa. Siempre irán equipados con dispositivos retenedores de sólidos.

“El sumidero o el canalón debe estar provisto de un elemento de protección para retener los sólidos que puedan obturar la bajante. En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.”²⁰

Figura 16

Sumidero según NF P 84-204-1-1.

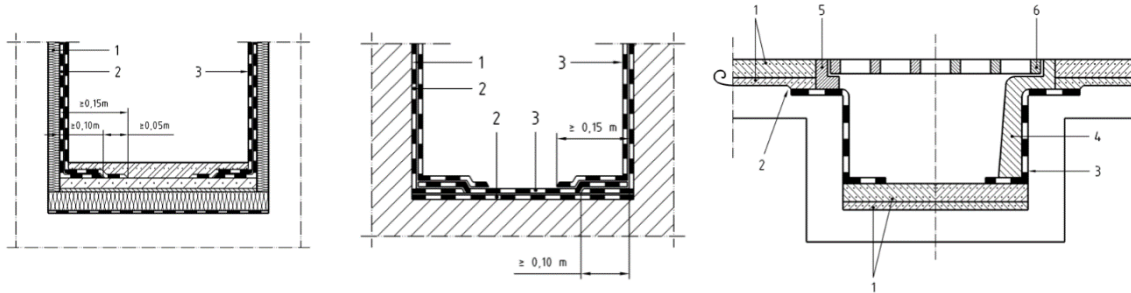


²⁰ Ministerio de Fomento. “Documento Básico HS salubridad”, DB-HS, diciembre 2014.

- También en el mismo documento se encuentran diferentes detalles donde se indican las diferentes posibilidades de cómo impermeabilizar el canalón.

Figura 14

Detalles de canalones, impermeabilización según NF P 84-204-1-1.



Se observa en este caso cómo por ejemplo la norma francesa, en su documento NF P 84-204-1-1 del noviembre de 2004 (DTU 43.1- Obras de edificación), contiene más detalles y se centra en definir más estrictamente los elementos que intervienen, así como las capas de revestimiento y su materialidad. Utiliza los detalles constructivos mayormente mientras que el CTE contiene más dibujos esquemáticos, sin tanto detalle ni tanta definición, apoyados con aclaraciones escritas donde realmente aparecen las normas a seguir.

En cuanto a la información tratada, el CTE en este apartado se encarga de establecer las pautas más generales, como las distancias mínimas de los elementos más importantes y sus encuentros y no tanto en los detalles de menor escala, por lo que hace más flexibles las soluciones a adoptar, siempre y cuando sigan cumpliendo con las demás obligaciones dentro de los apartados del CTE referidos a cubiertas planas.

Un ejemplo de esto último es el hecho de que en el CTE DB-HS 5 referido a evacuación de aguas no se encuentre ningún detalle del canalón con sus capas como sí se encuentra en la NF (Figura 13). En cambio, se encuentran tablas donde se definen las pendientes de evacuación mínimas necesarias en función de la zona del territorio donde se sitúe la cubierta o el número mínimo de sumideros necesarios.

Figura 17

Tabla CTE DB-HS 5 número de sumideros necesarios.

| Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²) | Número de sumideros |
|---|---------------------------|
| S < 100 | 2 |
| 100 ≤ S < 200 | 3 |
| 200 ≤ S < 500 | 4 |
| S ≥ 500 | 1 cada 150 m ² |

Figura 18

Tabla CTE DB-HS 5 pendientes evacuación de aguas.

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²) | | | | Diámetro nominal del canalón (mm) |
|--|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| Pendiente del canalón | | | | |
| 0.5 % | 1 % | 2 % | 4 % | |
| 35 | 45 | 65 | 95 | 100 |
| 60 | 80 | 115 | 165 | 125 |
| 90 | 125 | 175 | 255 | 150 |
| 185 | 260 | 370 | 520 | 200 |
| 335 | 475 | 670 | 930 | 250 |

Todo esto comentado se ejemplifica mejor en el caso de los rebosaderos, donde se ve más claramente la diferencia de detalles y explicación entre una norma y otra:

Figura 19
Rebosadero según CTE DB-HS 1.

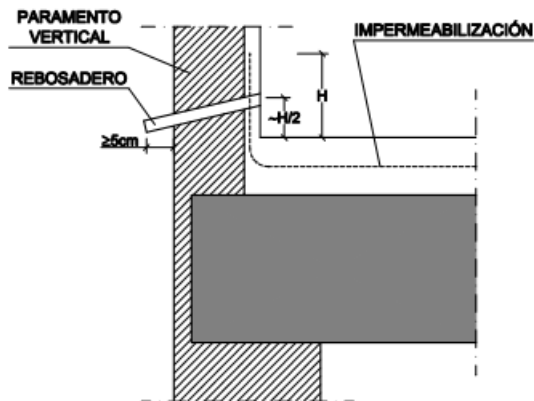
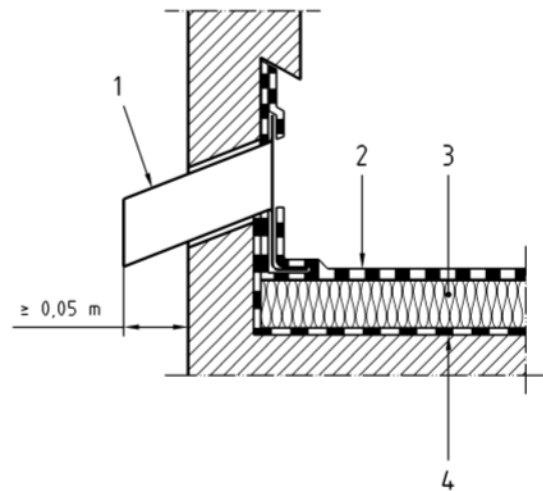
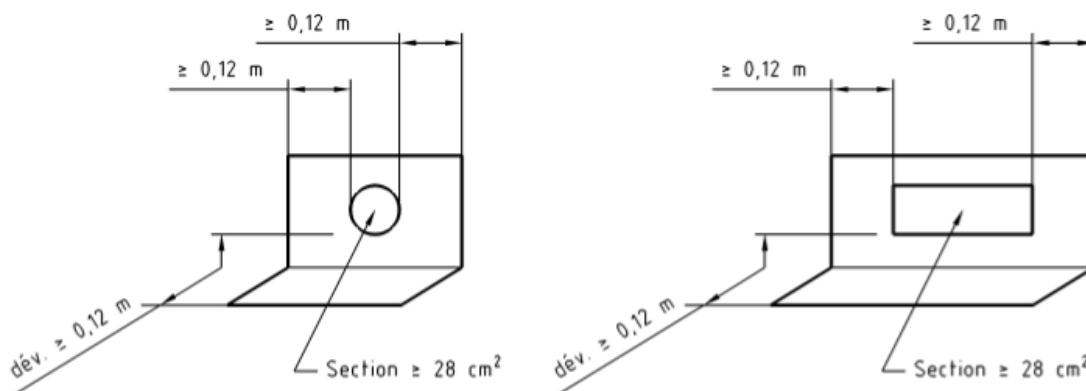


Figura 20
Rebosadero según NF P 84-204-1-1.



En ambos casos se estipula que el rebosadero debe sobresalir 5cm como mínimo de la línea de fachada o del paramento vertical, indicado mediante la cota en los dibujos. Sin embargo, la NF en su dibujo detalla mucho más los demás elementos, como las láminas impermeabilizantes y el aislamiento; en cambio el CTE indica la impermeabilización de manera simplificada. Es más, detalla las cotas del elemento rebosadero, con su placa y las disposiciones mínimas:

Figura 21
Disposiciones mínimas rebosadero según NF P 84-204-1-1.



Esto es debido seguramente a que el CTE está más desglosado y contiene numerosos documentos, cada uno enfocado a un aspecto en concreto, por lo que cada documento se centra en el tema que le ocupa dejando el resto de manera simplificada, los cuales ya se explicitarán más detenidamente en sus debidos apartados.

Por otro lado, el documento francés contiene menos anexos y apartados por lo que concentra toda la información. Además, el CTE tiene anexos gráficos de detalles constructivos y soluciones, lo que libera más aún de detallar los dibujos en los documentos explicativos.

Remates: Para conseguir un buen acabado de los elementos y que la cubierta cumpla su función de la mejor manera, es necesario prestar atención especial al diseño de los remates finales de las capas impermeables y de sellado. Probablemente lo más importante en este apartado es definir estos encuentros para lograr una total impermeabilización, así como una buena resistencia mecánica de las uniones para sobrellevar las condiciones externas que puedan comprometer estas juntas.

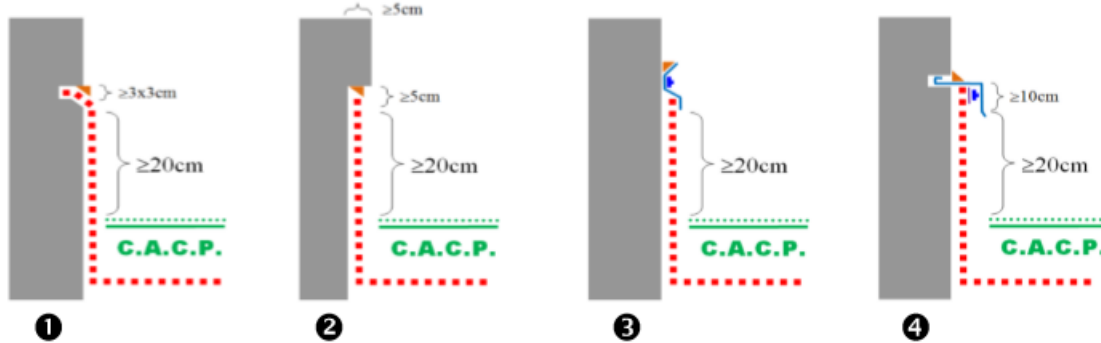
Volviendo a las dos normas en cuestión (CTE y NF) para comparar las posibles soluciones que contemplan se observa que:

El Código Técnico de la Edificación, para la coronación de la entrega vertical de la impermeabilización, dispone de varias soluciones posibles (algunas ya mencionadas anteriormente, pág.13).

Figura 22

Distintos tipos de coronación de la lámina impermeable con paramento vertical.

NOTA. Por: Manuel Jesús Carretero Ayuso (https://fundacionmusaat.musaat.es/files/QP_3.PDF)



Estas soluciones son rozas en el paramento con las medidas dispuestas, retranqueos, perfiles o chapas metálicas con fijaciones metálicas para dispersar el agua, o varias posibilidades conjuntas.

En cambio, la Norma Francesa (Norme Française, NF), para este remate en casi todos sus dibujos incluye el retranqueo biselado del paramento, por lo que en primera instancia es la solución más utilizada por la NF. En otros dibujos y en defecto de este retranqueo, una de sus soluciones es el uso de láminas metálicas como impermeabilización de la esquina.

Figura 24

Retranqueo con bisel para impermeabilización. (NF)

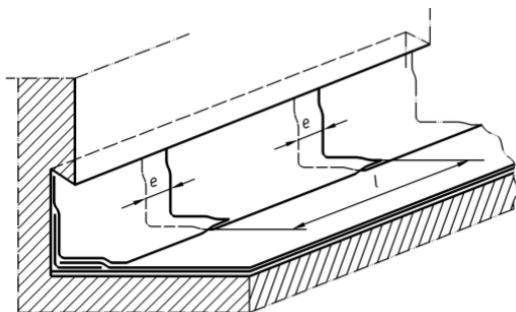
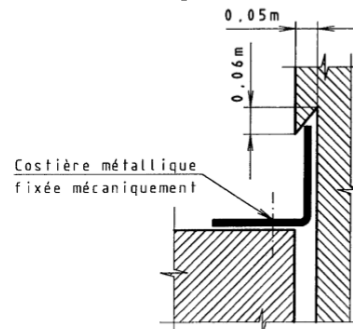


Figura 23

Chapa metálica como impermeabilización. (NF)



También recoge soluciones con chapas metálicas como protección para recibir a la lámina bituminosa de la impermeabilización, aunque aparecen en paramentos de doble hoja o como reparación del bisel del retranqueo cuando este se deteriora y ya no dispersa el agua de la mejor forma.

“Les reliefs après réfection devront comporter à leur partie supérieure un ouvrage étanche qui écarte l'eau ruisselant sur les éléments placés au dessus d'eux afin d'éviter l'introduction d'eau derrière le relevé d'étanchéité.”

“Los relieves después de la reparación deben incluir en su parte superior una estructura impermeable que dispersa el agua que fluye sobre los elementos colocados encima de ellos para evitar la introducción de agua detrás del sello.”²¹

Figura 25

Uso de chapas metálicas en remates.
NF P 84-208-1 y NF P10-203-1

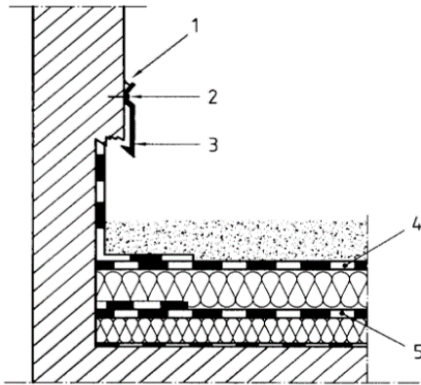
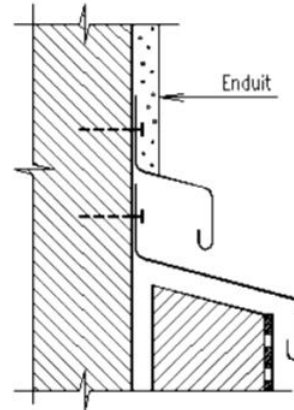


Figura 26

Uso de chapas metálicas en remates.
NF P 84-208-1 y NF P10-203-1



En cuanto a remates superiores del paramento vertical, en ambos países las soluciones son parecidas. Se encuentran resultados variados en función de diversos factores como son el sistema constructivo del antepecho, el clima, el tipo de acabado, el uso de la cubierta, etc.

En los documentos de la norma francesa se encuentran algunos detalles en los que se ven estas distintas opciones:

En estructuras de hormigón armado, si las condiciones lo permiten, el remate puede ser el mismo paramento de hormigón con sus debidos elementos de dispersión de aguas por escorrentía, goterones, rozas para la impermeabilización, etc. (Figura 22)

En su defecto, se puede rematar el muro con chapa metálica, con un sellado y fijada mecánicamente contra las acciones del viento y de uso, continuándola hasta albergar la lámina o el elemento de impermeabilización. (Figura 23)

Figura 27

Remate superior muro cubierta, hormigón visto.
NF P10-203-1

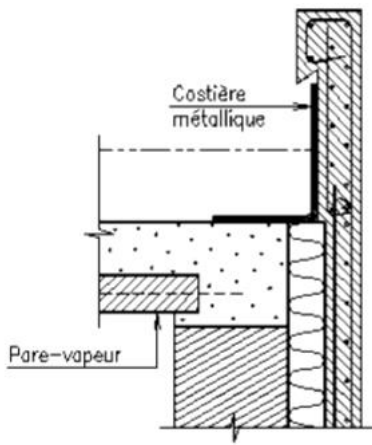
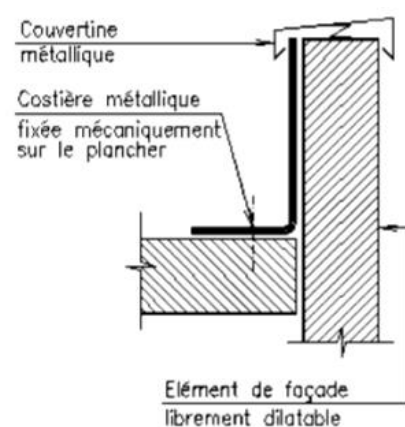


Figura 28

Remate superior con chapa metálica.
NF P10-203-1



²¹ Norme Française, NF P 84-208-1, DTU 43.5. “Travaux de bâtiment”, Novembre 2002. (Traducido)

Otra opción es la de prolongar el impermeabilizante hasta la parte superior del murete, así el agua discurre por ella sin tocar ningún elemento estructural. Esta opción puede ser mejor en cubiertas no transitables, donde la imagen de este acabado no es de importancia y el muro no alcanza tanta altura para cubrir. (Figura 24)

Una variante para este acabado y mejorar su apariencia estética, sería añadir a la solución una lámina metálica para embellecer el acabado final. De esta forma se ocultan las láminas bituminosas y los aislantes (Figura 25). Existen pues muchas opciones de acabado para esta solución.

Figura 29

Prolongación capa impermeabilización remate.
NF P10-203-1.

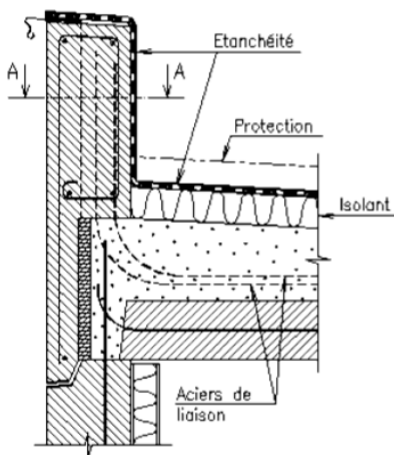
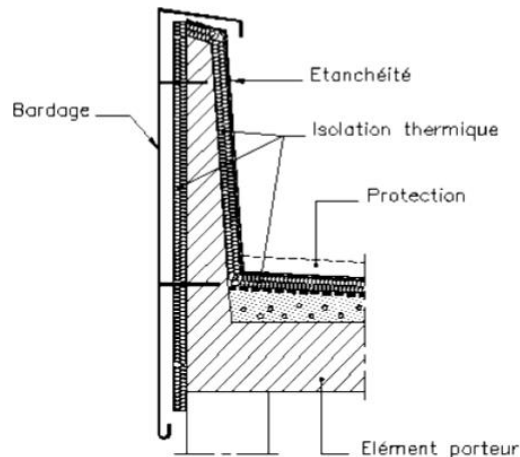


Figura 30

Impermeabilización con acabado metálico.
NF P10-203-1.

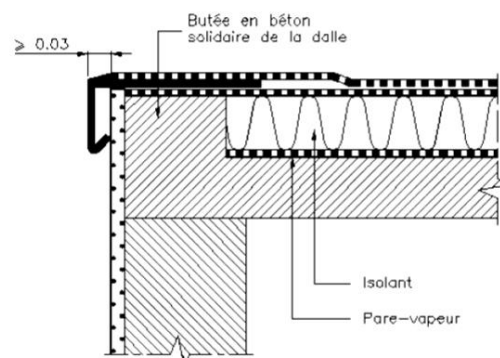


Por otro lado, en obras de ladrillo, se observa como las soluciones más vistas son con chapa metálica, o con alféizar de piedra.

En cubiertas sin antepecho, los remates se vuelven más unificados, siendo en la gran mayoría de los casos piezas metálicas de muy diversas formas y acabados las que resuelven el remate. Esta pieza recibe la impermeabilización de la cubierta y la fija a sí misma, creando una pendiente hacia el lugar de evacuación de aguas de la cubierta. En la cara externa, esta pieza se separa de la fachada actuando a modo de goterón. En función de los materiales de acabado tanto de la cubierta como de la fachada, estas piezas metálicas se relacionarán con sus elementos de una forma u otra. En la NF se haya algún ejemplo de este remate, aunque existen múltiples detalles posibles.

Figura 31

Remate liso, NF P10-203-1.



En definitiva, cada país establece sus códigos y normas para sus proyectos de construcción. De la misma forma, cada uno de ellos posee su propio orden y está estructurado en base a unos parámetros como se ha podido observar en este apartado: por ejemplo, el CTE se compone de documentos básicos ordenados en base a dos áreas reguladas, como son la seguridad estructural y la habitabilidad (DB SE, DB SI, DB SUA, DB HE, etc.), dentro de los cuales se encuentran los anexos pertinentes; mientras, la NF se ordena por temas más concretos (Travaux de bâtiment, Maçonnerie des toitures et d'étanchéité), por lo que la información que contienen es mucho más detallada.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

En el caso comparado, las diferencias son mínimas entre ambas normas, no más allá de diferencias de algunas distancias o disposiciones mínimas. Esto se debe a que ambos países se encuentran cerca y las condiciones son muy similares, tanto topográficas como climatológicas. Sin embargo, debido a las grandes diferencias entre otros países (climatología, tradiciones constructivas, ordenación, etc.), junto con la flexibilidad posible para cumplir los objetivos europeos, existen en Europa múltiples documentos y leyes que regulan el mundo de las cubiertas planas.

Esto se traduce en un sinfín de soluciones constructivas válidas reguladas y extendidas por todo el territorio europeo, algunas de las cuales se analizarán más detenidamente en los ejemplos posteriores.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Clasificación y tipologías

3. DISEÑO Y TIPOLOGÍA

Dentro de las cubiertas planas de los edificios se han ido implementando nuevas tipologías con el paso del tiempo. La continua evolución técnica permite una experimentación con los diseños y funciones que estas pueden albergar.

A pesar de que, como dice en su tesis para el TFM Luis Roberto Chacón Flores, ya anteriormente con las altanas venecianas se adaptaban las cubiertas inclinadas para su habitabilidad, uno de los mayores avances que permitió la inserción de las cubiertas planas en la edificación fue la opción de poder aprovechar este nuevo espacio de la manera más óptima y económica posible: “si desde la etapa del diseño hay una intención de ocupar la envolvente superior para realizar cualquier tipo de actividad, la mejor opción en materia de utilidad, es la cubierta plana”.²²

Por lo tanto, atendiendo a esta nueva función, actualmente la mayor parte de los diseños de cubiertas planas en edificación se pueden clasificar de forma general en:

- **CUBIERTA PLANA TRANSITABLE:** La cubierta plana transitable es aquella diseñada y calculada para soportar el tránsito peatonal y/o rodado en su superficie. Para ello su cara superficial debe estar protegida debidamente para cumplir dicha función. Supone un avance en cuanto a optimización y aprovechamiento de la envolvente superior, permitiendo que ésta albergue las diferentes actividades humanas además de proporcionar una cobertura al edificio.
- **CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE:** A diferencia de la anterior, en su diseño y cálculo no se contempla un uso de la cubierta, cumpliendo ésta la única función de cubierta del edificio accesible solamente para labores de mantenimiento.

Es fácil pensar que, con la aparición de la cubierta transitable, esta última quede en segundo plano ya que no aprovecha el espacio superior. Sin embargo, cabe decir que esa optimización del espacio a veces comporta una peor optimización del presupuesto o del material, por lo que cada cual tendrá sus ventajas y desventajas.

En relación con estas dos tipologías, en temas de diseño y funcionalidad, aparecen otras variedades entre las cuales destacan por su uso extendido:

CUBIERTA PLANA VEGETAL: Como ya se ha contemplado anteriormente, la cubierta plana ha existido comúnmente por la zona mediterránea desde las antiguas civilizaciones. Ya con trazas de vegetación abundante, las cubiertas vegetales podrían tener su origen en referentes como los Jardines Colgantes de Babilonia (Irak), comparables con terrazas escalonadas en la actualidad.



Figura 32
Gardens of Babylon.

(<https://www.wonders-of-the-world.net/Seven/Maarten-van-Heemskerck.php>)

²² Luis Roberto Chacón Flores, “RECUPERANDO LA CUBIERTA”, *Análisis de la Cubierta Plana Como Espacio Habitable y su Contribución en la Protección Solar del Edificio, Aplicación en climas secos semiáridos*, (UPC) 2014.



Sin embargo, también es a mediados del siglo XX cuando se produce el desarrollo de nuevos materiales impermeabilizantes y nuevas técnicas aplicadas a las cubiertas.

A raíz de esta investigación y aplicación en busca de alternativas innovadoras de diseño y eficiencia energética surge la cubierta con manto vegetal tal y como se conoce hoy en día. Gracias a sus cualidades de acondicionamiento y a la variedad de especies diferentes aplicables al diseño, esta tipología ha ido incrementando su uso en la construcción en las últimas décadas.



Figura 33
Casa en Nha Trang

Nha Trang, de Hiroyuki Oki,
Plataforma Arquitectura.

(<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/792870/casa-en-nha-trang-vo-trong-nghia-architects-plus-icada/579f91d7e58ece52e700036b-a-house-in-nha-trang-vo-trong-nghia-architects-plus-icada-photo>)

CUBIERTA PLANA ALJIBE: Gracias a los avances tecnológicos y los nuevos materiales sintéticos, a raíz de su aplicación militar y posteriormente adaptados para otros fines como la construcción, aparecen materiales que mejoran de las propiedades de las cubiertas planas, como temas de durabilidad, estabilidad térmica, estanqueidad, etc.

Destacaron las láminas impermeabilizantes, las cuales en su experimentación y desarrollo exigían una protección que impidiera su degradación con la exposición a la intemperie. Una de las soluciones fue la de cubrir la cubierta y estas láminas con una lámina de agua, de manera que estas mantenían sus prestaciones mucho más tiempo.

Por otro lado, la cubierta aljibe también permite recoger, acumular, almacenar y utilizar aguas pluviales.

Actualmente esta tipología se utiliza, además de aprovechando las cualidades mencionadas, también con fines estéticos y de diseño, ya que las superficies de agua crean reflejos y sensaciones compositivas interesantes.



Figura 34
Edificio Moneo, 1992

Edificio Moneo, Fundación Pilar i Moneo

(<https://miromallorca.com/es/fundacion/arquitectura/moneo/>)



CUBIERTA PLANA INDUSTRIALIZADA: Las cubiertas planas han ido avanzando hacia una economización de medios e industrialización de los procesos constructivos, para lograr mayores velocidades de montaje y menor mano de obra in situ.

Hay un gran número de sistemas y soluciones, así como de tipologías que resuelven las cubiertas planas de forma industrializada. Un ejemplo son las cubiertas deck, o las cubiertas de paneles sándwich, los cuales pueden estar conformados por diferentes materiales (metálicas, de madera, etc.). Son sistemas a base de paneles prefabricados, los cuales resuelven problemas de aislamiento e impermeabilización de forma integral gracias a sus capas.

Figura 35
Cubierta Deck



(<http://gilteulades.com/es/cubiertas/cubierta-deck/>)

4. CLASIFICACIÓN

Analizando las diferentes tipologías existentes y entrando más en detalle, surge otra clasificación más técnica que la anterior en la que se reflejan: el proceso y el orden constructivo, los componentes que conforman las capas de la cubierta y su relación entre ellas.

Esta clasificación, según afirma la MUSAAT en su fichero “Cubiertas planas: tipologías y clases de protección”,²³ se realiza normalmente en función del tipo de acabado de su capa de protección, de la existencia o no de una capa de aislante térmico y de su ubicación.

Tomando como referencia lo anterior, junto con la clasificación según M.J. Carretero, se puede llegar a la siguiente diferenciación de tipos de cubiertas en función de sus capas componentes para el posterior estudio pormenorizado:

Tabla 1
Tipos de cubiertas en función de sus capas componentes.

| TRANSITABLE | ACABADO | AISLANTE | VARIANTES | | |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----|
| TRANSITABLE | SOLADO FIJO | SIN AISLAMIENTO | NO VENTILADA | 1 | |
| | | | VENTILADA | 2 | |
| | | CON AISLAMIENTO | CONVENCIONAL | NO VENTILADA | 3 |
| | | | | VENTILADA | 4 |
| | | | INVERTIDA | 5 | |
| | SOLADO FLOTANTE | SIN AISLAMIENTO | | 6 | |
| | | CON AISLAMIENTO | CONVENCIONAL | 7 | |
| | | | INVERTIDA | 8 | |
| NO TRANSITABLE | GRAVA | SIN AISLAMIENTO | | 9 | |
| | | CON AISLAMIENTO | CONVENCIONAL | 10 | |
| | | | INVERTIDA | 11 | |
| | AJARDINADA | SIN AISLAMIENTO | VARIANTES PARA: | INTENSIVA | 12 |
| | | CON AISLAMIENTO | | EXTENSIVA | 13 |
| | AUTOPROTEGIDA | SIN AISLAMIENTO | | | 14 |
| | | CON AISLAMIENTO | CONVENCIONAL | | 15 |

Se van a analizar a continuación algunos de los tipos más representativos.

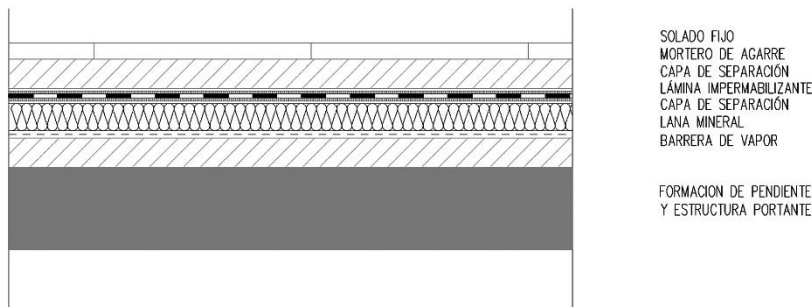
Tipo 3: Corresponde a una cubierta transitable, donde la capa pisable está compuesta por un revestimiento de ladrillos, baldosas, adoquines, o similares tomados a la cubierta con mortero de agarre o nivelación. Normalmente suele disponerse con una capa de aislamiento (dependiendo del uso que vaya a cubrir la cubierta) y en función de la disposición de ésta con respecto a la lámina impermeabilizante se distinguen dos subtipos: la cubierta plana convencional, y la cubierta plana invertida.

En este caso (tipo 3) la lámina impermeable se sitúa encima del aislante, por ello se clasifica como convencional. En estas cubiertas el impermeabilizante se encuentra en una posición más exterior estando así más expuesto a los rayos UVA procedentes del Sol, lo que favorece su degradación. Por otro lado, también se encuentra más vulnerable a las variaciones térmicas producidas por el clima exterior, lo que implica disponer láminas de menor superficie para paliar los cambios volumétricos y por consiguiente aumentar las juntas, favoreciendo también la posibilidad de filtraciones.

²³ Manuel Jesús Carretero Ayuso, “Fichas Fundación MUSAAT”, *Cubiertas planas: tipologías y clases de protecciones*.

Al ser no ventilada, todas las capas componentes de la cubierta quedan compactas en un mismo paquete y deben protegerse. De este modo, la lámina impermeable deberá ir protegida por ambas caras con capas separadoras antipunzonantes. Por esta razón también se da lugar a condensaciones en la parte inferior al impermeabilizante y es necesaria una barrera que recoja esas condensaciones para impedir que afecten a la estructura portante.

Figura 36



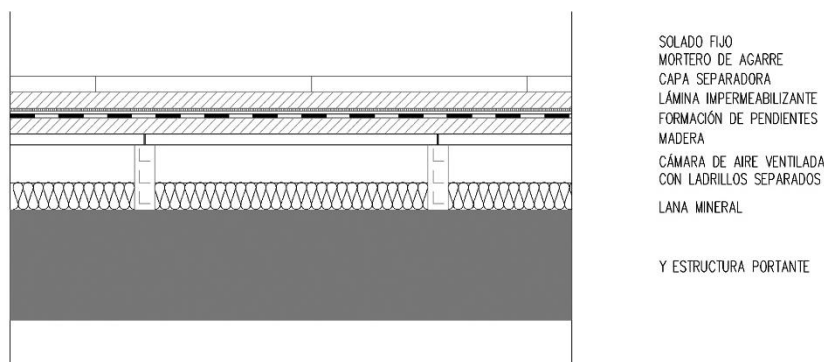
Tipo 4: Igual que el anterior, con la diferencia de ser en este caso ventilada. Esto se traduce en que la cubierta queda dividida en dos hojas separadas por una cámara de aire abierta al exterior. La hoja superior de la cubierta ventilada está destinada a proteger el resto de la cubierta de los agentes atmosféricos, la humedad y la radiación solar y la inferior tiene la función de dotar a la cubierta ventilada de un buen aislamiento térmico.

La hoja superior debe sustentarse con una estructura auxiliar formada por apoyos, normalmente piezas cerámicas en forma de tabique conejero para permitir el paso del aire; y una base sobre estos apoyos que será la encargada de transmitir a esos apoyos las cargas de las capas superiores. Además, esta estructura auxiliar debe descansar sobre la estructura portante de la cubierta, ya que si no podría dañar el aislante debido al punzonamiento de los apoyos.

Como es del tipo convencional la lámina impermeable deberá estar por encima del aislante, pudiendo estar ésta en la hoja superior, destinada a la acción de protección frente a agentes atmosféricos y a la radiación solar; o en la inferior, junto con el aislante térmico (posición más protegida frente al exterior y a los cambios térmicos).

En relación con el tipo no ventilado, una de las ventajas del tipo que nos ocupa es que la cámara de aire reduce la acumulación de calor y las condensaciones, por lo que las variaciones volumétricas serán menos importantes y no será necesaria la barrera contra el vapor. Por otro lado, la existencia de la estructura auxiliar y sus apoyos en contacto con el forjado hacen que el aislante térmico deba interrumpirse, dando lugar a posibles puentes térmicos, a menos que el aislante se encuentre de forma continua por debajo del forjado.

Figura 37

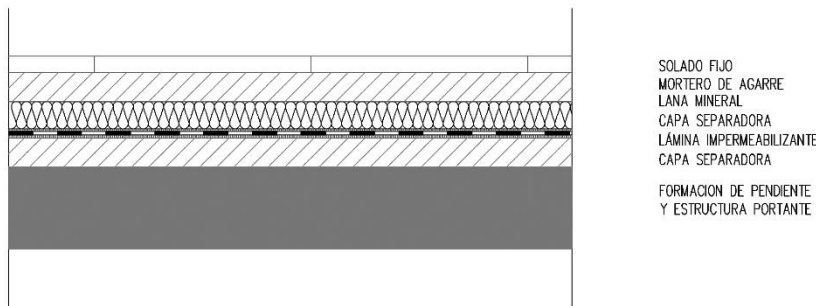


Tipo 5: A mediados del siglo XX, con la aplicación de nuevos materiales en la construcción como ya dice Ramón Grau en su libro “La cubierta plana. Un paseo por su historia”, aparece el poliestireno extruido (XPS) como aislante, el cual se empieza a utilizar “debido principalmente a sus excelentes cualidades para la protección contra impactos y sus propiedades de aislamiento térmico, así como por su ligereza”.²⁴

Con este nuevo material (XPS) más resistente al exterior, surge la posibilidad de proteger la lámina impermeabilizante con el aislante, cuando hasta ahora era al revés. Este cambio permite que esta lámina quede mejor protegida del exterior, evitando así las variaciones volumétricas a causa de las temperaturas del ambiente y la incidencia del Sol, y por consiguiente reduciendo el número de juntas entre láminas.

Se consigue con este nuevo tipo una mejor impermeabilización y un mejor aislamiento.

Figura 38

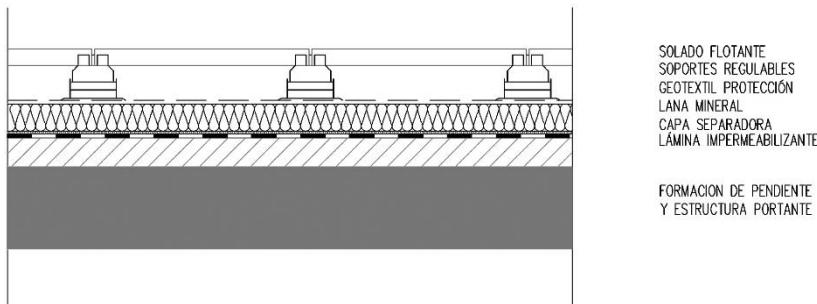


Tipo 8: En este caso el elemento pisable son baldosas apoyadas sobre soportes elevados, dejando una cámara de aire que facilita la difusión del vapor de agua como en el caso de la ventilada (Tipo 4) y permitiendo dejar la cubierta a nivel.

Los soportes apoyan en este caso sobre el aislante, gracias a las mejores resistencias mecánicas, permitiendo así que este sea continuo y no dé lugar a puentes térmicos. Estos soportes son regulables en altura para conseguir superficies totalmente horizontales, con las mínimas pendientes para evacuación de aguas. Además, las juntas entre baldosas son abiertas permitiendo la filtración de agua hacia la capa impermeabilizante, que la conduce hacia el punto de evacuación. El aislante también permite el paso de agua a través de él ya que “presenta burbujas cerradas, por lo que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes”.²⁵

El acabado flotante protege los materiales de las capas inferiores de la agresividad del exterior, favoreciendo su mejor comportamiento y durabilidad, así como también facilita las labores de mantenimiento de estas, ya que se pueden retirar baldosas sin problemas y volver a colocar.

Figura 39

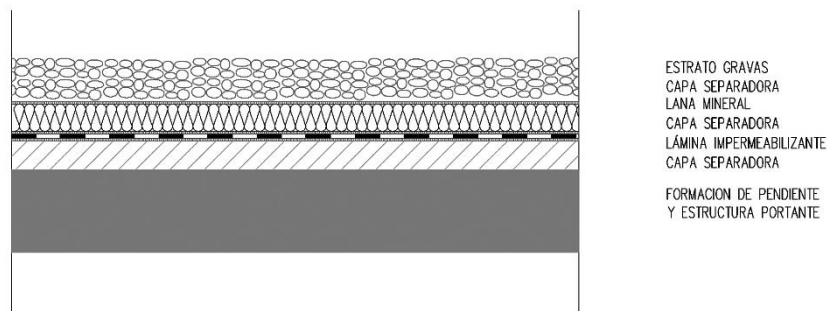


²⁴ **Francisco Ignacio Lauret Cuesta**, *Tesis de Grado*, “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE DESECHOS DE POLIESTIRENO EXTRUIDO EXPANDIDO Y SU REUTILIZACIÓN EN LÁMINAS PARA TERMOFORMADO”, 2014

Tipo 11: La capa de acabado de esta tipología no permite que esta sea transitable. Sin embargo, la capa de gravas cumple la función de proteger las capas inferiores, de impermeabilización y aislamiento, ya que filtra la incidencia directa de la luz solar y su peso impide que el viento levante la lana mineral y la deteriore, quedando en ese caso expuesta la impermeabilización.

La grava empleada es de canto rodado de diámetro comprendido entre 16 y 32 mm, para que así no dañe las láminas inferiores. Además, el espesor del estrato de gravas debe ser mayor de 50 mm y los sumideros y desagües deben ir protegidos con rejillas metálicas para contenerlas.

Figura 40



Tipo 12: La cubierta con manto vegetal o ajardinada responde a muchas variantes posibles. Este acabado ha adquirido con el tiempo mayor uso, muchas veces de la mano de la arquitectura ecológica o autosostenible gracias a sus ventajas hacia este aspecto. Es una tipología relativamente moderna: aunque en la tradición se observan ya jardines en terrazas y vegetación decorando las construcciones, es en la actualidad donde esta vegetación forma parte de la cubierta, integrando una de sus capas y actuando en conjunto con los otros estratos que la conforman. Por esta razón, las cubiertas vegetales se pueden concebir como cubiertas invertidas, ya que el aislante térmico ya posee buena resistencia y rigidez para situarse en el exterior de la lámina impermeable.

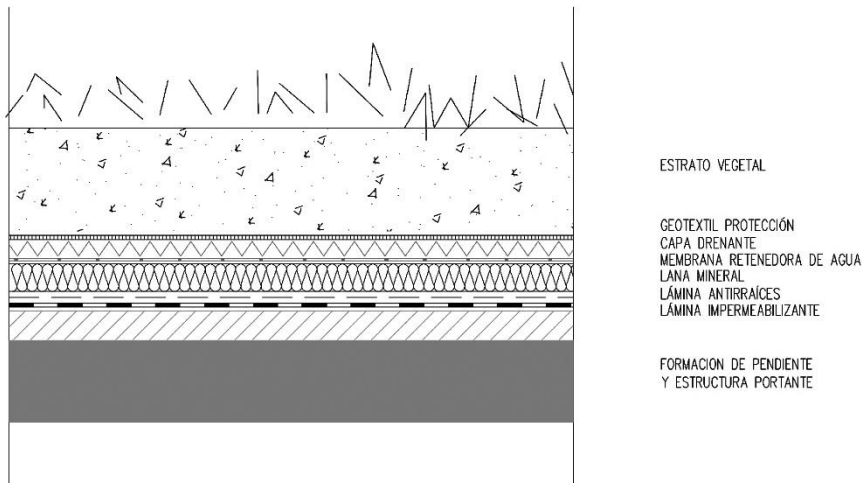
La capa vegetal permite multitud de acabados y combinaciones, gracias a la gran variedad de especies que admite esta tipología y a la posibilidad de utilizarse en una misma cubierta junto con otros acabados. Se pueden conseguir pues espacios de interés en cubierta para el uso y disfrute de la misma, así como destinarla a actividades de cultivo o huerta urbana, práctica cada vez más común.

La cubierta ajardinada presenta muchas ventajas que propician su uso cada vez más extendido para cumplir “mejores niveles de confort interior con la máxima eficiencia energética”.²⁶ Por una parte el manto vegetal actúa como capa de protección de la cubierta frente al exterior, así como también absorbe la radiación solar incidente y la disipa, disminuyendo el sobrecalentamiento tanto de la cubierta como de los espacios interiores como se ha constatado en los apuntes de construcción de la ETSA UPV. Esto se traduce en menores pérdidas térmicas y una mayor eficiencia. Por otro lado, la existencia de plantas mejora la calidad del aire de la zona y dotan al lugar de superficie verde.

Uno de los acabados es el de la cubierta intensiva (tipo 12), que corresponde con un manto vegetal de mayor espesor, desde 20 hasta 100 cm, y su cálculo admite especies de mayor tamaño.

²⁶ Cátedra de construcción II, DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS. “UNIDAD DOCENTE 2”, *Cubiertas Industrializadas*.

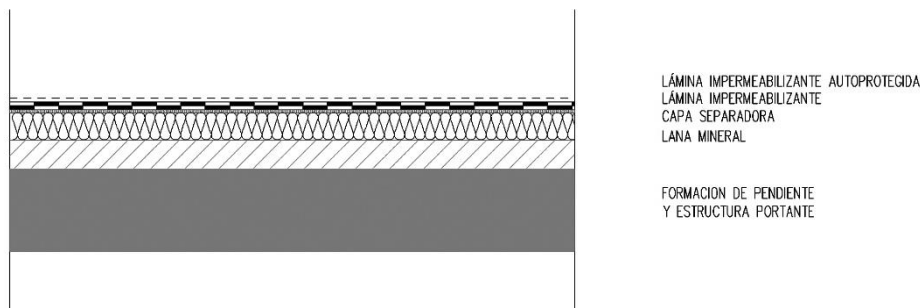
Figura 41



Tipo 15: Aquí la capa de acabado es una lámina impermeable a la intemperie, la cual está preparada para soportar factores externos. Esta tipología debe cumplir los mismos requisitos de estanqueidad y aislamiento, por lo que al igual que en los demás tipos, se debe prestar gran atención a la hora de realizar la impermeabilización. En este caso la impermeabilización se realiza mediante dos láminas normalmente adheridas y con tratamientos especiales en esquinas, solapes, y pliegues (imprimaciones bituminosas, bandas de refuerzo, sellados, perfiles metálicos, etc.) para evitar el paso del agua a las capas inferiores.

Una de las características de este acabado es la facilidad de aplicación en obra, con la única complicación de conseguir una impermeabilización constante en los puntos críticos. Además, con las láminas en la superficie las labores de mantenimiento y reparación también se ven favorecidas.

Figura 42





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Casos de estudio

5. EJEMPLOS / CASOS DE ESTUDIO

5.1 NEMO SCIENCE MUSEUM: Oosterdok, Amsterdam – Renzo Piano

El Science Center Nemo es un museo de ciencias ubicado en Ámsterdam, Países Bajos. Sus orígenes se sitúan en 1923 bajo el nombre de Museum van den Arbeid (Museo del Trabajo). Con el tiempo ha adquirido varios nombres hasta que, en 1997 Renzo Piano completó el edificio conocido actualmente.

Este edificio se encuentra en el puerto de Ámsterdam, Holanda, país donde la construcción de diques ha estado siempre presente desde sus orígenes para ganar terreno al mar. Gracias a esto adquirió gran importancia en el comercio marítimo. Renzo Piano pretende enfatizar la importancia de esta actividad histórica, que ha sido la gran impulsora de la economía local, diseñando un proyecto que recuerde a un barco anclado. Plasma así la imagen de las naves que plagaban los puertos y diques holandeses, inmovilizando ese recuerdo para que dure en la vista de los vecinos. Además, con la materialidad del cobre que recubre las fachadas, el edificio adquiere un aspecto de cierto desgaste que marca el paso del tiempo.

La forma del edificio, arraigada a la tradición marítima del lugar como es la pesca y el comercio internacional, ensalza de alguna manera esa actividad sostenible y local (ODS objetivo 12), además de dotar la zona de mayor identidad recordando la imagen del pasado. De esta manera, potencia la intención de volver a recuperar esas tradiciones apostando por una economía más sostenible y cercana, a la vez que volvería despertar los oficios de la zona.

Su materialidad también adquiere cierta sostenibilidad, ya que al pretender darle marcar el paso del tiempo, el material desgastado sigue siendo bello y no hay necesidad de sustituirlo. Esto prolonga la durabilidad de la fachada, reduce gastos de reparaciones y mantenimiento, y realza el uso de materiales reciclables.

Figura 43

Nemo museo, forma exterior y materialidad.



(<https://amsterdamdo.com/nemo-museo-de-ciencias>)

La estructura del edificio consta de un esqueleto metálico recubierto de hormigón, la cual descansa sobre los cimientos del túnel situado justo debajo del museo: de ahí la curvatura del edificio para adaptarse al túnel.

Además, “A diferencia de los museos de arte o historia que son básicamente contemplativos, el concepto de este edificio es la interactividad con el usuario”,²⁷ por lo que se observa una intención de acercar ese edificio y sus espacios al pueblo, interactuando directamente con los visitantes.

De igual forma que el museo acerca interactivamente la tecnología y sus grandes avances a los visitantes, el edificio los acerca a otros avances históricos y de gran relevancia en la sociedad europea: las cubiertas como espacio social. La cubierta del edificio, concebida como una plaza escalonada, adquiere gran importancia en la composición del lugar. Se convierte tal vez en la zona más transitada y de mayor interés del edificio, ya que además de como cubierta funciona como plaza de la ciudad y exposición al aire libre, la cual al estar elevada posee grandes visuales tanto hacia la ciudad holandesa como a su mar.

Figura 44

Nemo museo, plaza pública en cubierta. Foto de Digidaan.



(<http://etheriamagazine.com/2018/10/06/museo-nemo-en-amsterdam-ciencia-para-toda-lafamilia/>)

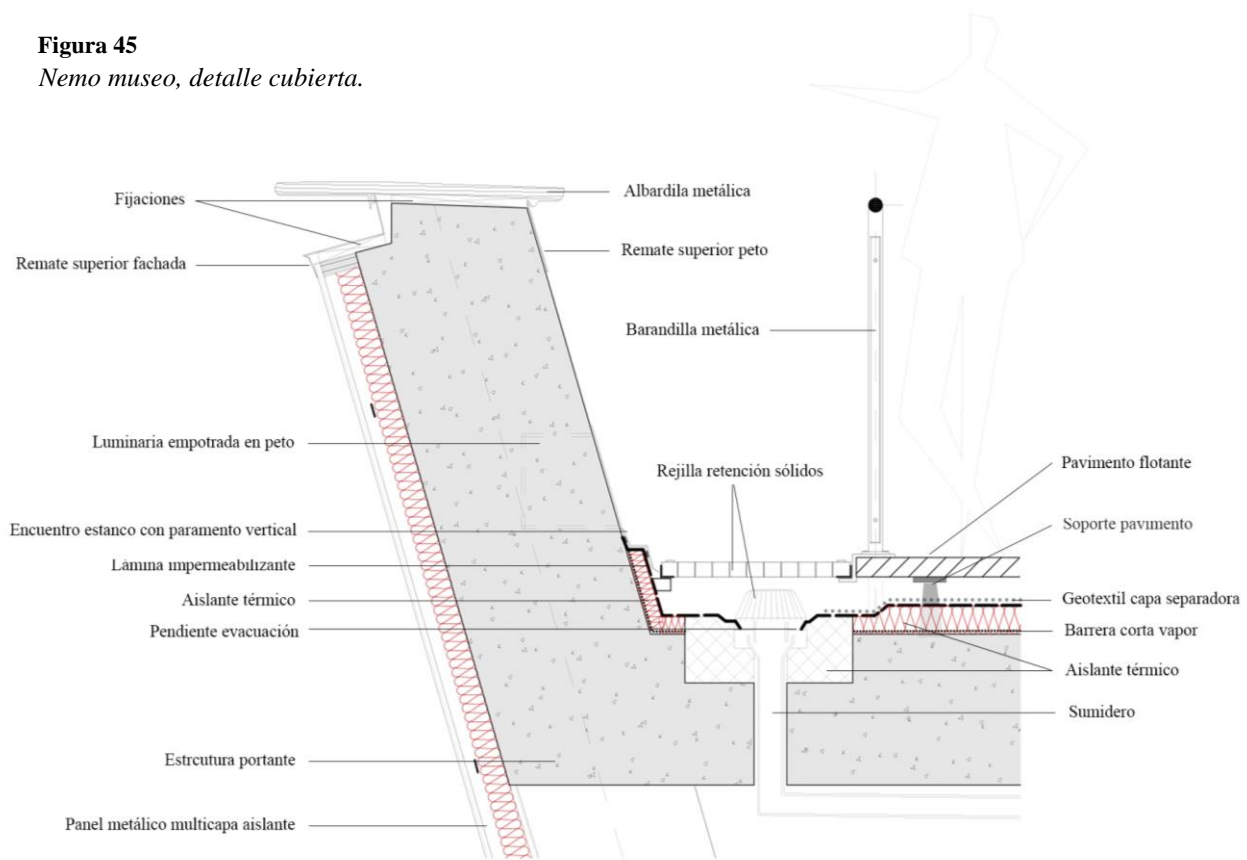
Un espacio público de este tipo, abierto y con vistas, llama la atención de cualquier transeúnte que, incitado a acercarse, pasa a formar parte del espacio durante un periodo de tiempo. Esto reúne a personas muy diferentes en un mismo espacio, todas disfrutándolo conjuntamente, lo que ensalza la inclusión social. Además, en este caso, el espacio público contiene varias actividades que involucran a los individuos a participar y cooperar en ellas creando un ambiente agradable, a la vez que los niños aprenden no solo sobre tecnología sino también sobre amabilidad hacia las demás cosas del planeta. (ODS objetivos 3 y 11)

Esta cubierta contiene bancos y zonas de descanso, fuentes, láminas de agua, iluminación y otros elementos que deben tenerse en cuenta a la hora de confeccionar su diseño. Por otro lado, no hay que olvidar que su función principal es la de actuar como cubierta del museo, dotándolo de las condiciones de seguridad y habitabilidad idóneas, siempre buscando la optimización energética y la durabilidad de los materiales.

²⁷ Carlos Zeballos, ARQUITECTO. “Renzo Piano en Ámsterdam: Centro Nemo”, 2009.

Figura 45

Nemo museo, detalle cubierta.



Como se observa en el detalle (Figura 39), la estructura portante es de hormigón armado y acero, recubierto del aislamiento térmico pertinente y la impermeabilización adecuada en las zonas donde sea de aplicación.

En el dibujo (Figura 39) aparece el remate en fachada. El recubrimiento posterior de la fachada, constituido por paneles metálicos multicapa con acabado de cobre, actúa como capa de total impermeabilización contra el agua exterior. El aislamiento térmico queda al lado exterior de la estructura portante, tanto del remate como de la fachada, quedando embebido en los paneles metálicos, ya que son estos los que incorporan la lana mineral en su interior.

Son las mismas planchas de cobre ancladas mecánicamente a la fachada las que, en su remate superior se pliegan y pasan a formar parte de las piezas que conforman la albardilla metálica, prolongando la total estanqueidad de la fachada hasta la parte interior del peto de cubierta.



Figura 46

Nemo Museum, Remate metálico.

En las partes superior e interior del peto, sin embargo, no aparece aislamiento: esto da lugar a puentes térmicos en esta parte. En la cara interior del peto la estructura de hormigón queda visto, por lo que habría que recubrirlo con pinturas impermeabilizantes para evitar filtraciones en dicha zona.

Entrando ya en la cubierta y sus disposiciones, en el detalle (Figura 39) se observa cómo se trata de una cubierta plana de hormigón armado, del tipo convencional ya que la impermeabilización se sitúa por encima del aislante. Esto se debe en parte a que la cubierta contiene un sistema de recogida de aguas que discurren por debajo del pavimento hasta los sumideros. Para ello debe existir bajo el suelo flotante una cámara de aire con base impermeable, por donde el agua de las fuentes y la que se filtre por el pavimento y/o las rejillas de recogida de aguas pluviales pueda discurrir.

Este sistema de recogida de aguas es muy común en la actualidad. Permite reutilizar el agua de las fuentes en un ciclo cerrado por lo que la pérdida y gasto de agua es la más sostenible posible. Además, el hecho de recoger las aguas pluviales permite destinarlas a un nuevo aprovechamiento por parte del edificio. (ODS objetivos 6, 12 y 13)

“Los efectos del cambio climático conducen a un escenario de aumento general de la severidad de las sequías tanto meteorológicas como hidrológicas, debido a los efectos combinados de la reducción de las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración”.²⁸

Teniendo en cuenta la escasez de agua y las sequías, las cuales aumentan cada año, todo edificio debería tener una cubierta diseñada para ser capaz de recoger, almacenar y reutilizar estas aguas. (ODS objetivo 14)

Volviendo al dibujo, y atendiendo a las normas del apartado 3, se observan similitudes entre lo que estipulan las normativas vistas (española y francesa) y la del caso que nos ocupa, es decir, la holandesa.

- Por un lado, la rejilla lateral queda enrasada a la capa de protección superficial, es decir, al pavimento pisable. Como ya se ha visto anteriormente, tanto el CTE como la NF constatan que, “[...] En cubiertas transitables este elemento debe estar enrasado con la capa de protección y en cubiertas no transitables, este elemento debe sobresalir de la capa de protección.”²⁹
- Otro aspecto en común es que la entrada del sumidero está rebajada (Figura 39), pronunciando la pendiente de la lámina impermeable para facilitar la evacuación del agua en el sentido correcto.
- En este caso, la particularidad que lo distingue de lo visto en las normativas anteriores es que el sumidero está oculto por la rejilla de la capa superficial. Un ejemplo de la flexibilidad en cuanto a soluciones posibles.

Figura 47
Rejilla pavimento



²⁸ IIAMA-UPV. Patricia Marcos, Antonio López y Manuel Pulido. “Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin”.

²⁹ Ministerio de Fomento, “Documento Básico HS salubridad”, DB-HS, diciembre 2014.



Se observa pues, como la normativa holandesa contempla disposiciones parecidas a las vistas, por lo que hay aspectos que son de carácter más universal en toda Europa. A pesar de esto, en cada país hay particularidades.

Cabe decir también, en relación con las tipologías definidas en el apartado 3, que al disponer en esta cubierta de una cámara de aire ventilada (Tipo 4) una de las ventajas es que esta cámara de aire reduce la acumulación de calor y las condensaciones, por lo que las variaciones volumétricas serán menos importantes y no será necesaria la barrera contra el vapor. Así pues, en el dibujo no aparece dicha capa referente a la barrera corta vapor.

Actualmente la cubierta se ha convertido en un techo verde: “una cubierta verde formada por 14 tipos de sedum y 25 diferentes tipos de hierbas que cubren el techo que mide más de 1000m² y admite un total de 17.500 plantas individuales”.³⁰



Figura 48

Nemo Museum, techo verde. Foto de Lukas Vacek.

(<https://gr.pinterest.com/pin/442900944592420598/>)

Los techos verdes poseen muchas ventajas en cuanto a aspectos técnicos y de ahorro de energía (ODS objetivo 13), pero a su vez también tienen una potente influencia social (ODS objetivo 11), así como actúan en beneficio de la autosostenibilidad. Por un lado, tras ellos hay multitud de estudios e investigaciones para su optimización y evolución, con los objetivos de mejorar las soluciones actuales y encontrar nuevos tipos de cubiertas (ODS objetivos 8 y 9). Por otro lado, dotan a las ciudades de los beneficios de los espacios verdes y la vegetación, con grandes impactos sobre la contaminación, la calidad del aire, su imagen, etc. Recuperando así toda la vegetación perdida.

Una cubierta pública, con soluciones relativamente modernas, que alberga diversas actividades. Un claro ejemplo de las posibilidades de uso y aprovechamiento que poseen las cubiertas planas, así como su fuerte valor social, el cual viene arrastrado desde sus orígenes.

³⁰ **Wiki arquitectura.** Nemo – Museo de Ciencias.

5.2 ESCUELA DE SECUNDARIA MARCEL SEMBAT: Haute Normandie, Francia – archi5.

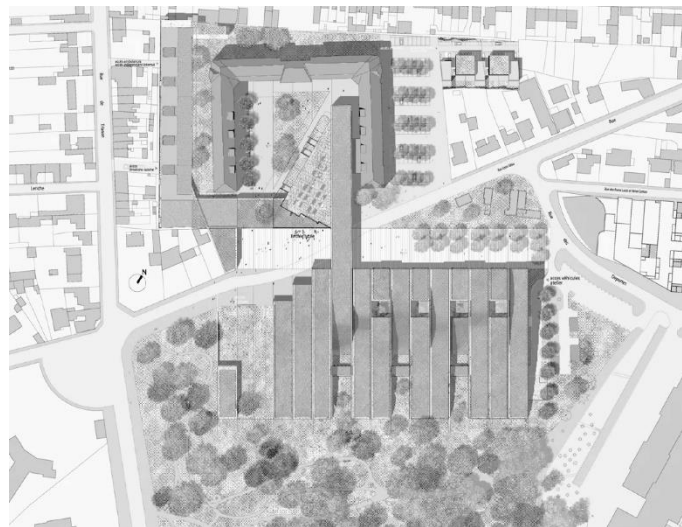
Este edificio se encuentra en Sotteville-l's-Rouen, Francia, y forma parte del Liceo Marcel Sembat. En su conjunto forman la escuela de secundaria, la cual está formada por seis edificios construidos entre los años 30 y 90.

El edificio que se va a analizar corresponde a la última rehabilitación y ampliación llevada a cabo en el conjunto, el año 2011. Este queda separado de la escuela por una calle, pero reconecta con el conjunto mediante un edificio puente, particularidad que recuerda a la escuela de la Bauhaus. La nueva parte de la escuela, que reúne la enseñanza técnica de la mecánica automovilística y de carrocería (aulas, talleres, etc.); se ha convertido en el edificio más reconocido de esta escuela visualmente gracias a su nuevo lenguaje y diseño.

Con este proyecto, los autores pretenden “devolver una unidad y una identidad visual fuerte y moderna al liceo. Intentamos reconectarlo con su entorno, en particular con el edificio de talleres para que sus líneas suaves y su inclinación acompañen naturalmente la topografía del parque.”³¹ Para ello integran el edificio tanto con el entorno urbano como con el entorno vegetativo correspondiente al parque del frente Sur:

- El primero queda solucionado con el puente que enlaza ambas partes de la escuela, el cual actúa a su vez metafóricamente como puente entre naturaleza y ciudad, salvando la calle divisoria. Además, la plaza creada frente al nuevo edificio origina un espacio público abierto que lo separa de la calle que cruza.
- Por otro lado, el edificio se relaciona con el entorno natural del parque a través de su cubierta.

Figura 49
Liceo Marcel, planta.



(<https://architizer.com/idea/268805/>)

La cubierta se concibe como un techo ondulado en un juego de diferentes alturas, en base a la topografía del terreno del parque, de forma que se adapta al entorno natural. Gracias a su capa de vegetación, la cubierta adquiere un tratamiento material que la distingue de las demás fachadas del edificio, así como de las demás cubiertas del lugar. Esto hace que el elemento cobre importancia en la composición además de actuar como nexo visual entre el parque y la escuela. Su forma sinuosa, además de distinguirla formalmente de las demás partes del edificio, hace este paso entre vegetación y urbe más amable y difuminado.

³¹ Archi5, “Escuela secundaria Marcel Sembat” Descripción por el equipo del proyecto, Plataforma Arquitectura, 2011.



Figura 50

Liceo Marcel, relación con el entorno. Foto de Sergio Grazia, Thomas Jorion.



(<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat>)

Los edificios orgánicos, es decir aquellos que se adaptan al entorno con la intención de causar el mínimo impacto, son una tipología cada vez más estudiada a la hora de realizar construcciones ecológicas. Estas construcciones avanzan hacia diseños integrados, los cuales además de responder formalmente al entorno, son capaces de responder al mismo en otros aspectos: aprovechamiento de la luz natural, ventilación, evacuación de aguas, captación y aprovechamiento de energías, etc. (ODS objetivo 11)

En este caso, el edificio pretende imitar la topografía del lugar, sirviéndose de la vegetación en cubierta para integrarse en el parque. Además de esa integración visual, la vegetación cumple otras funciones como la de proteger el interior del edificio del sol proveniente de Sur en épocas de calor, o actuando como aislante en épocas de frío, reduciendo así el consumo energético. También sirve para aprovechar el agua de las lluvias y retenerla en su estrato, haciendo su tratamiento prácticamente autosuficiente. (ODS objetivo 6)

Se trata de aprovechar los recursos que nos proporciona la naturaleza de cada lugar. (ODS objetivo 13)

Las diferentes alturas de las cubiertas y sus ondulaciones permiten practicar aberturas para la entrada de ventilación e iluminación natural.



Figura 51

Liceo Marcel. Foto de Sergio Grazia.

(<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-206166/escuela-secundaria-marcel-sembat-archi5>)

La cubierta responde al tipo de cubierta industrializada o cubierta deck, ya que está formada por perfiles metálicos conformados en taller y cubiertos por chapas deck. Estos asientan la estructura que, al ser de acero, consigue una rápida, sencilla y limpia ejecución de puesta en obra. Incluso a pesar de la compleja sinuosidad y ondulación de los elementos, el acero galvanizado por inmersión en caliente de taller permite conseguir estas formas con acabados perfectos y sin contratiempos, algo difícil de lograr en la elaboración in situ. Además, este acabado queda visto, dándole identidad al proyecto: “Con ello alude a la condición industrial y/o mecánica de la enseñanza que se imparte y propone una estética del galvanizado que resulta sana y hasta saludable.”³²

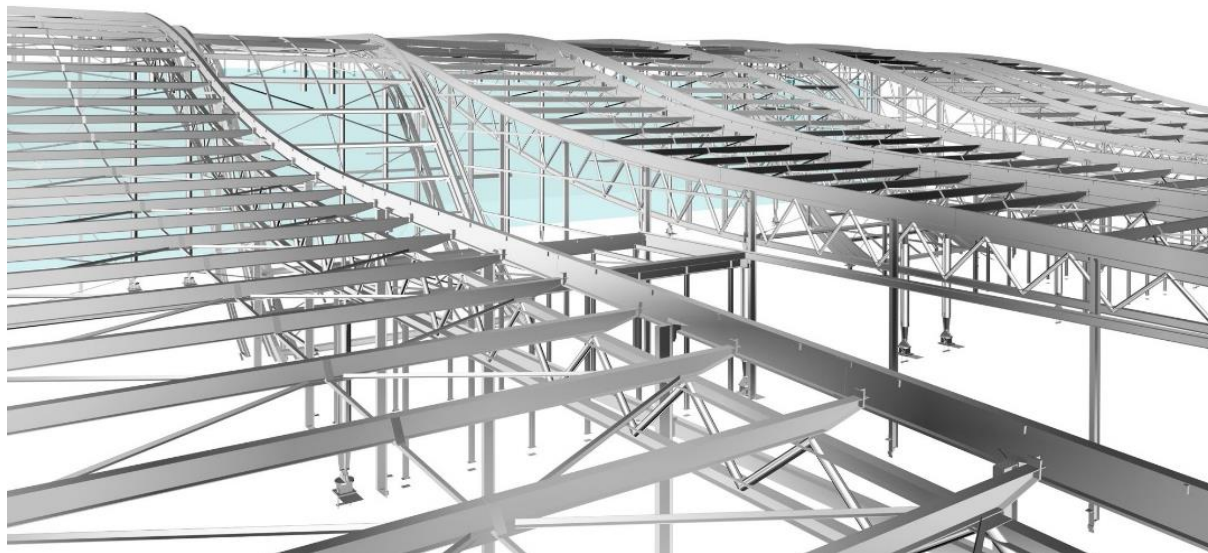
Las estructuras industrializadas han supuesto un gran avance para la construcción en la actualidad. Desde la Revolución Industrial, esta forma de construir ha ido evolucionando gracias a la gran investigación tecnológica y su aplicación en la arquitectura.

Muchas veces se relaciona la industria con la contaminación, sin embargo, existen tanto ventajas como desventajas en cuanto a repercusiones en el medioambiente. La industria también avanza hacia la sostenibilidad del medio, y repercute en muchos sectores, por lo que es importante su investigación y optimización. (ODS objetivos 7 y 9)

En este caso, este edificio se ha construido en taller, bajo procesos de producción a gran escala, por lo que el coste económico y de elaboración se ve optimizado. Por otro lado, su estructura queda vista así que se reduce gasto material y trabajo, de la mano de reducción de explotación de recursos y de contaminación en su producción. Es posible diseñar una estructura con materiales industriales como el acero o el hormigón y que estos queden vistos, sin perder calidad de espacios ni interés arquitectónico, no siempre más es mejor, por lo que se puede ahorrar gran cantidad de recursos sin explotar en su hábitat natural. (ODS objetivo 12)

Se muestra aquí una imagen que facilita la comprensión de la estructura, cómo los perfiles y las cerchas galvanizadas se conectan:

Figura 52
Liceo Marcel, axonometría estructura.

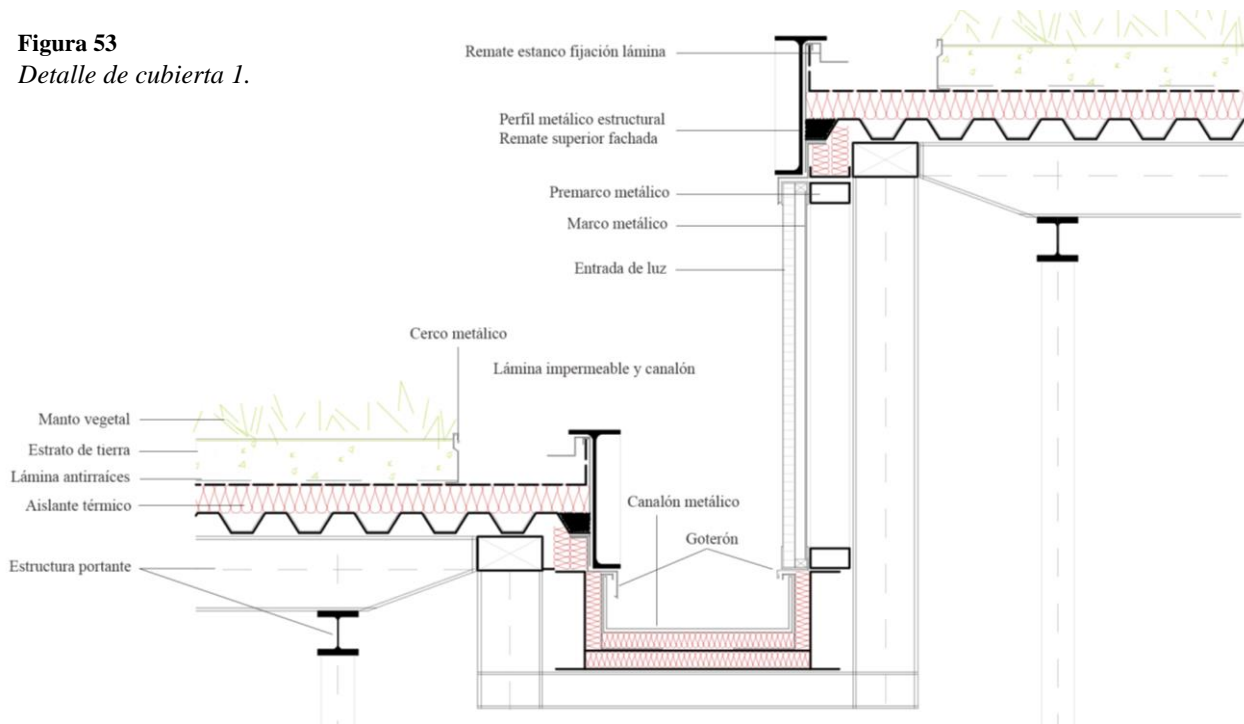


(<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat>)

Como se observa en la Figura 47, la estructura queda totalmente definida por perfiles IPE, HEB y perfiles de arriostramiento. En el siguiente dibujo se detallan las partes de la cubierta, y también como se relaciona con la estructura portante.

³² F. Pfenniger, “Escuela secundaria Marcel Sembat”. *Arquitectura + acero*.

Figura 53
Detalle de cubierta 1.



La relación más destacable entre estructura y cubierta es como se resuelve todo en base a sus perfiles metálicos.

- Principalmente, los IPE están dimensionados de manera que “por una parte cubren o dan el espesor necesario a la cubierta vegetal al tiempo que permiten asumir las cargas adicionales que estas cubiertas suelen representar (una cubierta vegetal-extensiva como ésta representa, a lo menos, una sobre carga entre 70 y 150kg/m², dependiendo de los sustratos y de las especies a plantar).”³³
- También los mismos IPE sirven como embellecedores laterales del remate de cubierta, ocultando todas las capas que asume.
- El encuentro de la impermeabilización con el perfil IPE se resuelve con la ascensión vertical de esta por el mismo, y anclada mecánicamente con una chapa metálica que asegura la estanqueidad. Asimismo, el perfil IPE actúa como pared del canalón por el que se evacúan las aguas gracias a la pendiente de la cubierta, efectuada por su forma sinuosa.

Las zonas ajardinadas se limitan con una chapa metálica, la cual cumple a su vez la función de pared del canalón.



Figura 54
Remate canalón IPE.
Foto de Sergio Grazia.

(<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat>)

³³ F. Pfenniger, “Escuela secundaria Marcel Sembat”. *Arquitectura + acero*.

- Se observa como el juego de alturas entre cubiertas permiten realizar paños transparentes o vidriados para la entrada de luz; y como el espacio entre ambas cubiertas se resuelve sutilmente con perfilera de chapas metálicas, como canalón que gracias a la forma de la cubierta permite que discurra el agua.
- Las chapas alveoladas tipo deck que recubren la estructura funcionan como soporte estanco que recibe las capas de la cubierta. Sobre estas planchas metálicas se coloca el aislante térmico y sobre este la impermeabilización, la cual cubre toda la superficie de la cubierta. Cabe decir que bajo las zonas vegetadas debe aparecer una lámina o capa de protección sobre la impermeabilización, ya que las raíces podrían dañarla. A no ser que esta sea autoprotégida o resistente para cumplir su función.



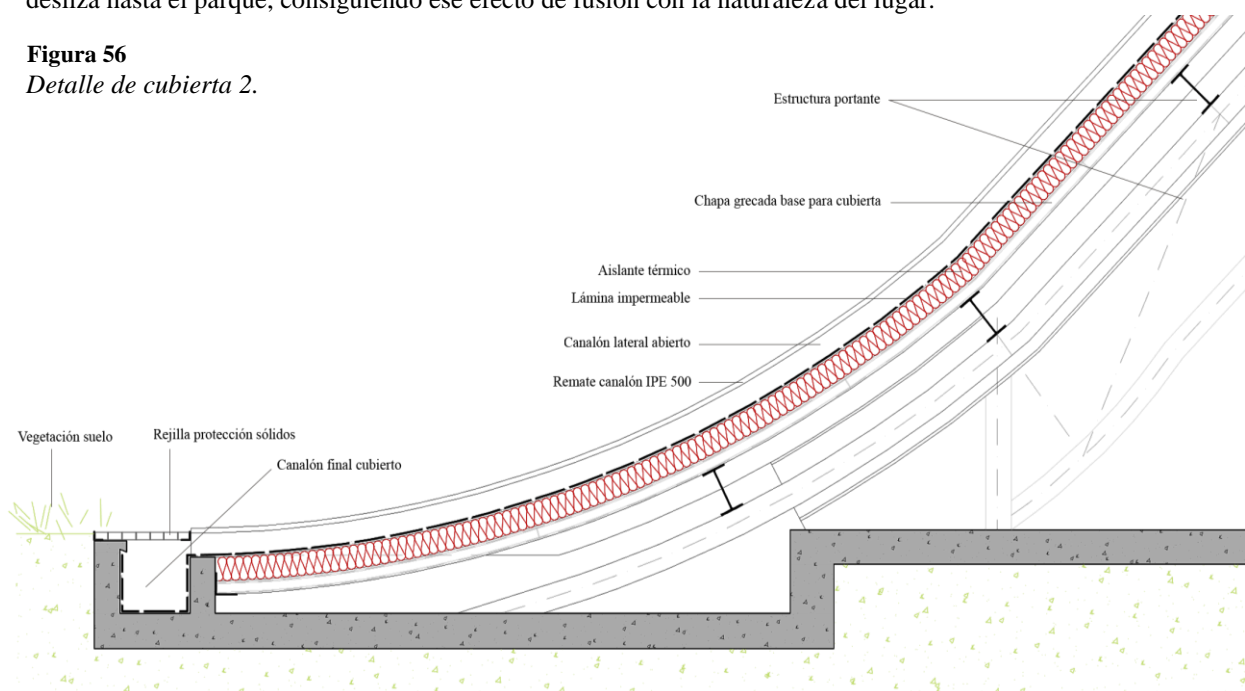
Figura 55
Chapa cubierta Deck.
Foto de Sergio Grazia.

(<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat>)

- Por otro lado, el aislamiento térmico de la cubierta se plantea de manera que cubre todos los remates y esquinas de la cubierta, por lo que se reducen notablemente los puentes térmicos en este elemento del edificio.

En el remate inferior es interesante como la cubierta se encuentra con el terreno, ya que en algunos puntos esta se desliza hasta el parque, consiguiendo ese efecto de fusión con la naturaleza del lugar.

Figura 56
Detalle de cubierta 2.





- La cubierta desciende hasta la cota del suelo, donde se haya un canalón con sus elementos de recogida de agua pertinentes: sumidero, rebosadero, etc. Como indica la norma francesa vista anteriormente (NF) este debe ir provisto de una protección contra residuos sólidos (rejilla). Por eso a diferencia de los canalones perimetrales, los cuales van descubiertos de cualquier elemento, este canalón final que recoge el agua que discurre por la cubierta sí que va cubierto. Es aquí donde termina toda el agua, tanto la de los canalones del perímetro como la que se filtra por el estrato vegetal hasta la impermeabilización.

Un edificio bien integrado en su entorno, amable con el lugar. Su cubierta verde le devuelve la vegetación al parque contiguo, y le brinda mejores prestaciones al edificio. La cubierta, al ser industrializada, es sencilla en su ejecución y reduce los encuentros difíciles a pesar de su compleja forma.



5.3 SEDE CORPORATIVA IBENERGI: Santa María de Benquerencia, Toledo – Taller Abierto

Este edificio corresponde a la nueva sede de la empresa Ibenergi, dedicada al asesoramiento energético. Se sitúa en el área industrial de Santa María de Benquerencia, en Toledo.

La intención de este proyecto es la de crear espacios de trabajo agradables para mejorar la calidad humana del interior del edificio, “Se trata de una convivencia de ámbitos unitarios, confiados a la actividad colectiva y cooperativa de un grupo de personas bien organizadas.”³⁴ Así pues, este proyecto no busca un impacto visual desde el exterior, sino el confort interior. Por esta razón su exterior es simple y limpio, de lenguaje moderno y apariencia ligera gracias a su materialidad.

Figura 57

Sede corporativa Ibenergi. Foto de Montse Zamorano.



(<https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/>)

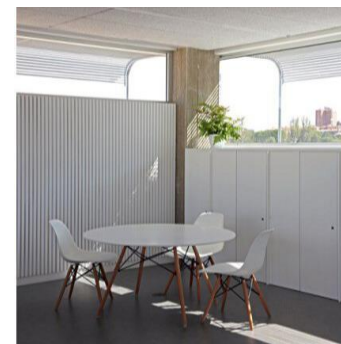
En relación con los ODS, los edificios cumplen una gran función social, por eso es importante diseñar espacios agradables y enfocados a la función que en ellos se desarrolla.

Figura 58

Sede corporativa Ibenergi, entorno saludable.

Foto de Jorge López Sacristán.

(<https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/>)



³⁴ **Taller abierto.** “Sede corporativa Ibenergi”, *Tectónica*, 2019.



En la actualidad las personas pasan mucho tiempo en su lugar de trabajo, y este debe ser el adecuado para garantizar unas buenas condiciones de trabajo y de salud (ODS objetivo 3). Por otro lado, el diseño de un espacio también afecta al clima que en él se crea: un entorno limpio, agradable y saludable potencia mejores relaciones entre las personas, ya que el ambiente afecta a los individuos que lo habitan. Todo esto se ve reflejado en la productividad de los trabajadores, así como en su salud y bienestar.

Con su implantación, este edificio busca conseguir buena iluminación y ventilación, de forma que sus oficinas tengan la mejor iluminación natural. Para ello se dispone el edificio con doble orientación, de manera que se abren huecos a ambos lados para permitir la ventilación cruzada natural en las épocas calurosas del año, así como entradas de luz a Sur y Norte.

Un aspecto importante para esto también es el poder controlar esa iluminación de forma fácil y cómoda. En este caso se utilizan la vegetación alrededor del edificio y elementos de protección como pérgolas. Es un ejemplo de que los elementos naturales pueden ser también una gran herramienta en la construcción y en el diseño arquitectónico.

Figura 59

Sede corporativa Ibenergi, iluminación interior. Foto de Jorge López Sacristán.



(<https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/>)

La estructura portante de esta obra está proyectada en base a: pilares de hormigón armado, el cual se deja desnudo ya que es un material de carácter frío y le da pureza al interior; forjados y elementos portantes horizontales mediante losas de hormigón. Por lo demás, estos elementos sirven de base sobre los que se apoyan los sistemas ligeros de cerramiento, suelo técnico y falso techo, así como la cubierta.

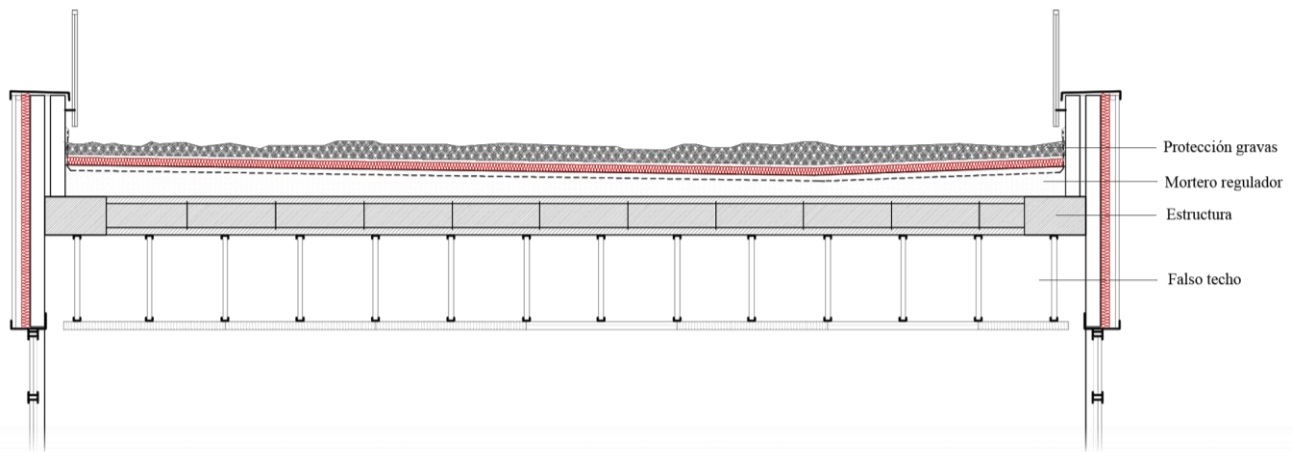
La cubierta de esta obra no adquiere el mismo protagonismo que las de los ejemplos anteriores, en este caso no admite el tránsito de personas, lo que se ve reflejado en su diseño. En los casos comentados las cubiertas desempeñan diversas funciones: social, cobertura, integración paisajística...; en el caso actual, la misión de la cubierta es exclusivamente la de proporcionar cobertura al edificio, y dotarle de las condiciones óptimas en cuanto a seguridad, salubridad y mantenimiento.

Esta razón permite que la cubierta se diseñe atendiendo a otros factores, centrandó su atención y diseño constructivo en favor de la durabilidad, perfecta estanqueidad y buen desempeño energético. La principal diferencia, como se observa en el siguiente detalle (Figura 55), es la disposición de las láminas impermeabilizantes:

- Se trata de una cubierta plana invertida, ya que la impermeabilización ocurre debajo del aislamiento térmico. Como ya se ha mencionado en otros apartados anteriores, esto se traduce en una mayor protección de las láminas bituminosas frente a la exposición exterior, así como a las variaciones volumétricas por las temperaturas. El aislamiento protege a la impermeabilización, por lo que se reducen los problemas de filtraciones y se garantiza una mejor estanqueidad. Además, gracias a esta disposición, no es necesario colocar una capa o barrera contra el vapor y las condensaciones.

Figura 60

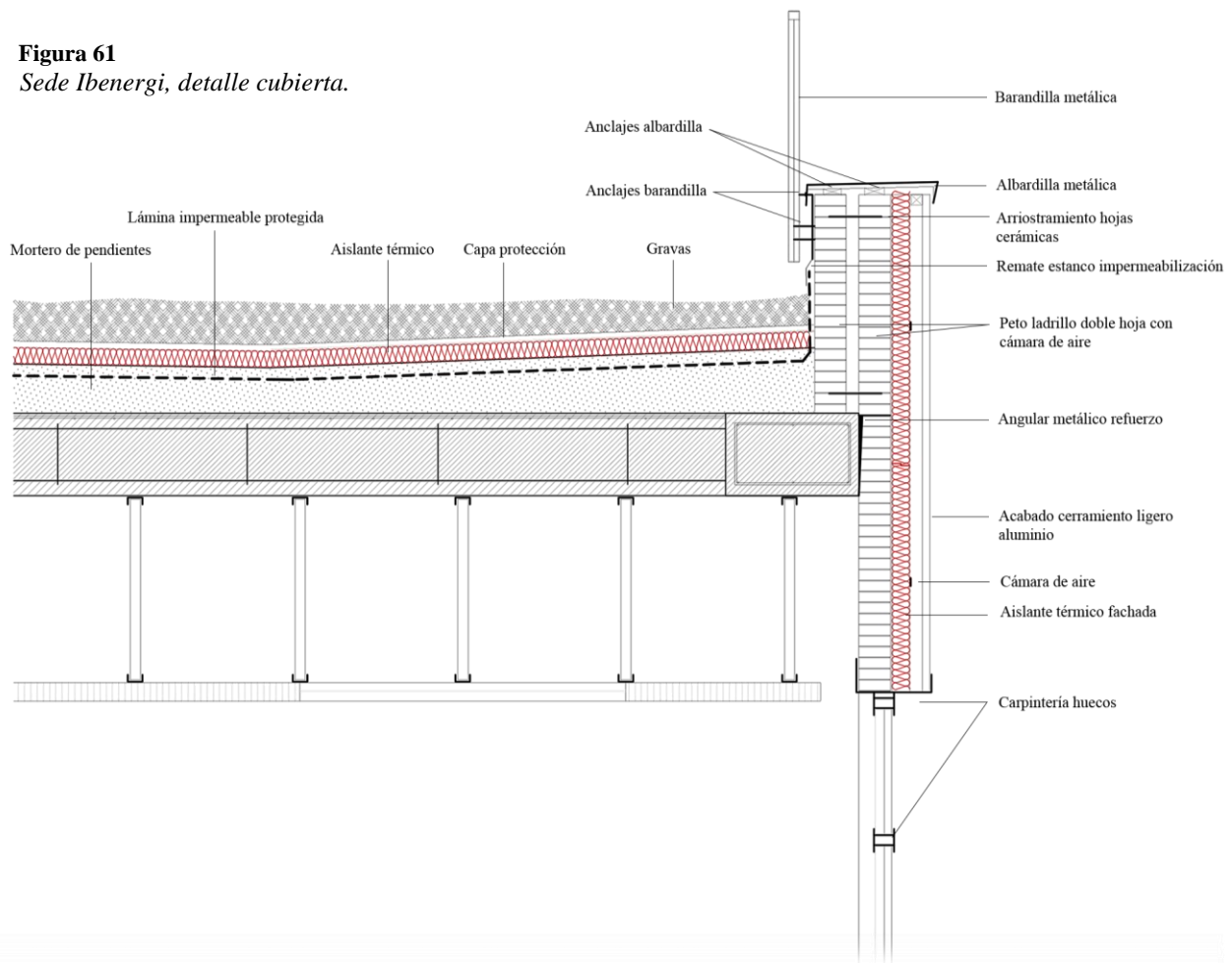
Sede Ibenergi, sección cubierta.



- La cubierta se compone de una estructura o forjado de losetas armadas de hormigón, seguido de una capa de mortero para formar las pendientes de evacuación de aguas. Esta última capa sirve de base para la impermeabilización junto sus láminas protectoras, y sobre ésta el aislamiento.
- La capa de protección superficial son gravas, las cuales por un lado filtran los rayos solares que inciden en la cubierta, y por otro lado actúan como capa pesada que impide que los vientos puedan levantar en alguna ocasión las capas inferiores y comprometer así su integridad.
- Al ser no transitable, salvo para labores de mantenimiento, los petos laterales no son tan altos. De esta forma la fachada se reduce en altura y aligera su imagen. Sin embargo, deben existir otros elementos de protección de acuerdo con las leyes de Seguridad y Protección, por eso aparecen las barandillas diseñadas en aluminio acorde a la imagen del edificio. Son unos elementos finos, sin gran impacto visual, sujetos a la cara interior del peto.

En el siguiente dibujo (Figura 56) aparece más ampliada la zona a analizar, donde se observan más detalladamente la composición de las partes de la cubierta y como se resuelven los encuentros entre los diferentes elementos que la conforman:

Figura 61
Sede Ibenergi, detalle cubierta.



- Por un lado, el peto está formado por dos hojas cerámicas de medio pie con cámara de aire entre ambas. Como indican las normas, la hoja exterior, al ser corrida por delante del forjado, debe ir sujeta mecánicamente con angulares metálicos al mismo forjado o a la estructura portante. Asimismo, las dos hojas deben ir arriestradas con piezas metálicas (Figura 56). Esto solo ocurre en los petos, ya que en las fachadas la hoja es simple.
- El remate superior del peto se realiza con chapa metálica, en consonancia con el edificio y la fachada. Esta albardilla de aluminio se dobla para ser prolongada verticalmente por las planchas de aluminio estriado de la fachada, las cuales le proporcionan al edificio impermeabilidad.
- En la cara interior del peto, se observa cómo se cumple la norma del documento del CTE DB-HS donde se especifica que la impermeabilización debe ascender por el peto vertical, hasta anclarse mecánicamente al paramento con una pieza de metal que garantiza la estanqueidad del encuentro.
- Finalmente, mientras la estanqueidad queda garantizada en cubierta y en fachada; se observa discontinuidad por parte del aislamiento térmico en la parte del peto, por lo que puede dar lugar a puentes térmicos.

Es un edificio más discreto, en el que la cubierta no forma parte de la ciudad, ni tampoco le aporta vegetación o zonas verdes que favorezcan el ambiente. Sin embargo, es una cubierta estudiada desde el punto de vista técnico, más ligada a las normativas actuales en cuanto a la resolución constructiva de sus capas y remates.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Conclusiones

6. CONCLUSIONES

El análisis de la cubierta plana en Europa y su recorrido histórico en este territorio muestra que dicho estudio ha sido primordial para concluir que, a pesar de existir muchos puntos en común entre las diferentes cubiertas planas que se encuentran, hay tras ellas gran cantidad de factores que influyen en su razón de ser. Toda cubierta en su diseño y construcción está condicionada por la historia del país en que se encuentra, sus tradiciones constructivas, la sociedad que la rodea, el ambiente y clima del lugar, entre otras cosas. Así pues, cada cubierta tendrá sus particularidades, dentro de la generalidad en la que se encuentre.

Sin embargo, esta investigación ha buscado aproximarlas realizando un paralelo para al final llevar a cabo un diálogo entre sus diferencias y similitudes.

6.1 Consideraciones generales basadas en los orígenes y evolución

Primeramente, se observa como el origen moderno (s. XX) de las cubiertas planas y su extensión por Europa parte de un mismo punto, el cual se encuentra en las antiguas civilizaciones de la zona mediterránea. Esto reunía esta tipología en un origen común y las técnicas no estaban muy desarrolladas, por lo que había un tipo estandarizado y poco desarrollado. Además, todo esto ocurría en el centro de Europa, lo que potencia la metáfora de un modelo central que se reproduce por el territorio. Con el paso del tiempo, se extienden estas cubiertas motivadas por la sociedad del momento, la cual a su vez responde a los hechos históricos de la época. A partir de aquí es cuando empiezan a desarrollarse investigaciones y avances tecnológicos que permiten que estas cubiertas vayan evolucionando, y con esto se produce la dispersión de las cubiertas planas en nuevos diseños, mejores o peores acabados, distintas disposiciones constructivas, mejores o peores materiales, etc.

Se observa como al final, estas cubiertas resurgieron por las nuevas inquietudes de la sociedad, la cual demandaba espacios nuevos movida por las causas del momento. De igual forma, la evolución de esta tipología está marcada por todos los hechos ocurridos: guerras, movimientos sociales y artísticos, etc. Ahora, la evolución de estas cubiertas avanza hacia las motivaciones de la actualidad, es decir, hacia la optimización constructiva y la cooperación con el medioambiente.

6.2 Consideraciones generales basadas en aspectos normativos

Por su gran extensión en toda Europa, así como por su constante desarrollo, investigación y especialización por parte de múltiples sectores de la construcción, las cubiertas planas se han dispersado como se dice anteriormente. Esto significa que existen incontables soluciones tipo para resolver una cubierta, todas ellas válidas.

Para controlar todo esto es necesario acotar los aspectos más importantes de las cubiertas para su construcción, debido a que una cubierta debe satisfacer cuestiones de seguridad estructural y de confort para la habitabilidad.

Así pues, aparecen Normas, Decretos, Directivas y Reglamentos por parte del Parlamento Europeo para acotar la práctica y el desarrollo de este elemento constructivo.

Como conclusión, se observa que esto responde a un proceso largo y laborioso, ya que hay infinitud de leyes en este ámbito y no responden a una estructura clara y organizada. Por ello, esta investigación ha resumido estos aspectos y comenta cómo cada país cumple con lo estipulado por parte de Europa. Por otro lado, se encuentran bastantes similitudes entre las normativas de varios países como en el caso de España y Francia.



6.3 Consideraciones basadas en los análisis de los casos

Del estudio y análisis de los ejemplos o casos de estudio se extraen diferentes conclusiones, en relación con las normativas mencionadas, el diseño, y la función social o medioambiental de la cubierta.

Por un lado, se observa cómo las cubiertas cumplen con las normas vigentes, ya que el cumplimiento de estas es de obligatoriedad en todo proyecto. También cómo muchas soluciones de detalles y remates son comunes en diferentes países, por lo que sus normas contemplan los mismos modos de resolver estas cuestiones.

Por otro lado, las diferentes cubiertas estudiadas y su disposición constructiva responden a cuestiones de diseño y funcionalidad, es decir, las diferencias entre ellas vienen motivadas por si son transitables, por su capa de protección superficial, etc.

Finalmente, en este análisis aparece con fuerza el aspecto social de las cubiertas planas, latente desde sus inicios y ejemplificado en los edificios de la actualidad. Cómo estas son capaces de crear espacios de interés público favoreciendo la relación entre personas, o simplemente cómo integran el entorno con el edificio. En este trabajo se evidencia la gran labor que aportan las cubiertas en favor del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible europeos, alcanzando muchos de los puntos que aquí se contemplan.

El estudio de los casos concluye en que a pesar de que las cubiertas cumplan con las normativas para su uso, estas normas son muy parecidas entre los diferentes países. Por esta razón, que una cubierta plana cumpla con lo estipulado en la ley no significa en todos los casos que dicha cubierta esté optimizada y diseñada acorde a su entorno, uso y climatología. Sin embargo, también concluye con la idea de que cada vez se observan cubiertas más amables con el medioambiente, ya sea gracias a su integración en el entorno, o a su diseño y construcción más limpios y eficientes.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

Anexos



ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: “Weissenhof árabe”. Postal de época | 14 |
| https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23163/1/Páginas%20desdeRA12-9.pdf | |
| Figura 2: Belén, 1854..... | 14 |
| https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23163/1/Páginas%20desdeRA12-9.pdf | |
| Figura 3: Casa Scheu..... | 15 |
| https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/23163/1/Páginas%20desdeRA12-9.pdf | |
| Figura 4: Croquis para el proyecto Durand, en Argel..... | 16 |
| http://www.tectonica.es/arquitectura/cubiertas/planas/cubierta_cuerpos_puros.html | |
| Figura 5: Pendientes cubiertas planas según CTE DB-HS 1 | 20 |
| Figura 6: Pendientes cubiertas planas según NF P 84-204-1-1 | 20 |
| Figura 7: Encuentro cubierta con paramento vertical según CTE DB-HS 1 | 21 |
| Figura 8: Tabla para los valores de H, según norma francesa NF P 84-204-1-1 | 22 |
| Figura 9: Tabla para los valores de H, según norma francesa NF P 10-203-1 | 22 |
| Figura 10: Sumidero según CTE DB-HS 1 | 23 |
| Figura 11: Canales según CTE DB-HS 1 | 23 |
| Figura 12: Sumidero según NF P 84-204-1-1 | 24 |
| Figura 13: Sumidero según NF P 10-203-1 | 24 |
| Figura 14: Sumidero según NF P 10-203-1 | 24 |
| Figura 15: Sumidero según NF P 84-204-1-1 | 25 |
| Figura 16: Sumidero según NF P 84-204-1-1 | 25 |
| Figura 17: Tabla CTE DB-HS 5 número de sumideros necesarios..... | 26 |
| Figura 18: Tabla CTE DB-HS 5 pendientes evacuación de aguas | 26 |
| Figura 19: Rebosadero según CTE DB-HS 1 | 27 |
| Figura 20: Rebosadero según NF P 84-204-1-1 | 27 |
| Figura 21: Disposiciones mínimas rebosadero según NF P 84-204-1-1 | 27 |
| Figura 22: Distintos tipos de coronación de la lámina impermeable con paramento vertical | 28 |
| https://fundacionmusaat.musaat.es/files/QP_3.PDF | |
| Figura 23: Retranqueo con bisel para impermeabilización. (NF) | 28 |
| Figura 24: Chapa metálica como impermeabilización. (NF)..... | 28 |
| Figura 25: Uso de chapas metálicas en remates, NF P 84-208-1 y NF P10-203-1 | 29 |
| Figura 26: Uso de chapas metálicas en remates, NF P 84-208-1 y NF P10-203-1 | 29 |
| Figura 27: Remate superior muro cubierta, hormigón visto. NF P10-203-1..... | 29 |
| Figura 28: Remate superior con chapa metálica. NF P10-203-1 | 29 |
| Figura 29: Prolongación capa impermeabilización remate. NF P10-203-1..... | 30 |
| Figura 30: Impermeabilización con acabado metálico. NF P10-203-1 | 30 |
| Figura 31: Remate liso, NF P10-203-1 | 30 |
| Figura 32: Gardens of Babylon..... | 33 |
| https://www.wonders-of-the-world.net/Seven/Maarten-van-Heemskerck.php | |
| Figura 33: Casa en Nha Trang | 34 |
| https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/792870/casa-en-nha-trang-vo-trong-nghia-architects-plus-icada/579f91d7e58ece52e700036b-a-house-in-nha-trang-vo-trong-nghia-architects-plus-icada-photo | |
| Figura 34: Edificio Moneo, 1992 | 34 |
| https://miromallorca.com/es/fundacion/arquitectura/moneo/ | |
| Figura 35: Cubierta Deck | 35 |
| http://gilteulades.com/es/cubiertas/cubierta-deck/ | |
| Figura 36: Cubierta tipo 3 | 37 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 37: Cubierta tipo 4 | 37 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 38: Cubierta tipo 5 | 38 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 39: Cubierta tipo 8 | 38 |
| Elaboración propia. | |



| | |
|---|----|
| Figura 40: <i>Cubierta tipo 11</i> | 39 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 41: <i>Cubierta tipo 12</i> | 40 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 42: <i>Cubierta tipo 15</i> | 40 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 43: <i>Nemo museo, forma exterior y materialidad</i> | 42 |
| https://amsterdamdo.com/nemo-museo-de-ciencias | |
| Figura 44: <i>Nemo museo, plaza pública en cubierta. Foto de Digidaan</i> | 43 |
| http://etheriamagazine.com/2018/10/06/museo-nemo-en-amsterdam-ciencia-para-toda-lafamilia/ | |
| Figura 45: <i>Nemo museo, detalle cubierta</i> | 44 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 46: <i>Nemo Museum, Remate metálico</i> | 44 |
| Facilitada por: Carlos Lerma Evira. | |
| Figura 47: <i>Rejilla pavimento</i> | 45 |
| Facilitada por: Carlos Lerma Evira. | |
| Figura 48: <i>Nemo Museum, techo verde. Foto de Lukas Vacek</i> | 46 |
| https://gr.pinterest.com/pin/442900944592420598/ | |
| Figura 49: <i>Liceo Marcel, planta</i> | 47 |
| https://architizer.com/idea/268805/ | |
| Figura 50: <i>Liceo Marcel, relación con el entorno. Foto de Sergio Grazia, Thomas Jorion</i> | 48 |
| http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat | |
| Figura 51: <i>Liceo Marcel. Foto de Sergio Grazia</i> | 48 |
| https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-206166/escuela-secundaria-marcel-sembat-archi5 | |
| Figura 52: <i>Liceo Marcel, axonometría estructura</i> | 49 |
| http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat | |
| Figura 53: <i>Detalle cubierta</i> | 50 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 54: <i>Remate canalón IPE. Fotografía de Sergio Grazia</i> | 50 |
| http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat | |
| Figura 55: <i>Chapa cubierta Deck, Fotografía de Sergio Grazia</i> | 51 |
| http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat | |
| Figura 56: <i>Detalle Cubierta</i> | 51 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 57: <i>Sede corporativa Ibenergi. Foto de Montse Zamorano</i> | 53 |
| https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/ | |
| Figura 58: <i>Sede corporativa Ibenergi, entorno saludable. Foto de Jorge López Sacristán</i> | 53 |
| https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/ | |
| Figura 59: <i>Sede corporativa Ibenergi, iluminación interior. Foto de Jorge López Sacristán</i> | 54 |
| https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/ | |
| Figura 60: <i>Sede Ibenergi, sección cubierta</i> | 55 |
| Elaboración propia. | |
| Figura 61: <i>Sede Ibenergi, detalle cubierta</i> | 56 |
| Elaboración propia. | |
| Tabla 1: <i>Tipos de cubiertas en función de sus capas componentes</i> | 36 |
| Fundación MUSAAT. | |



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archi5. “Escuela secundaria Marcel Sembat” Descripción por el equipo del proyecto. *Plataforma Arquitectura*, 2011.

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-206166/escuela-secundaria-marcel-sembat-archi5>

BLESIL Project, Noticias, “Las Directivas europeas y el sector de la construcción”, 2015.

<https://www.blesil.eu/es/noticias/84-las-directivas-europeas-y-el-sector-de-la-construccion.html>

Carretero Ayuso, Manuel Jesús. “Fichas Fundación MUSAAT”, *Cubiertas planas: tipologías y clases de protecciones*.

<https://www.musaat.es/var/site/storage/original/application/c4ae578dea64d6015eaeae3468b49cc6.pdf>

Cátedra de construcción II, Departamento de construcciones arquitectónicas. “UNIDAD DOCENTE 2”, *Cubiertas Industrializadas*.

Chacón Flores, Luis Roberto. “RECUPERANDO LA CUBIERTA”, *Análisis de la Cubierta Plana Como Espacio Habitable y su Contribución en la Protección Solar del Edificio, Aplicación en climas secos semiáridos*, 2014.

(TESINA PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁSTER EN ARQUITECTURA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE).

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona Universidad Politécnica de Cataluña.

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/103711/LRChacon_TFM.pdf

CSIC, Ministerio de fomento. “Código Técnico de la Edificación”, 2015.

<https://www.codigotecnico.org/>

Espejo, Francisco. “El significado es el uso” 2017, en “La filosofía en sus problemas actuales”, 2017 (ed. Andrés Gatica Gattamelati), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC/CONICYT).

<https://www.teseopress.com/filosofiayproblemas/front-matter/14-2/>

Graus, Ramon. “La Cubierta Plana. Un paseo por su historia”, *Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)*, 2004.

Lauret Cuesta, Francisco Ignacio. “Análisis de las propiedades de desechos de poliestireno extruido expandido y su reutilización en láminas para termoformado”, 2014

(Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38262>

LOE. “Ley 38/1999”, de 5 de noviembre, *Ordenación de la Edificación*.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1999-21567>

Loos, Adolf. *Das "Grand-Hotel Babylon"*, 1923.

Recuperado de: **Graus, Ramon.** “La Cubierta Plana. Un paseo por su historia”, *Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)*, 2004.

Liernur, Jorge Francisco. “Orientalismo y Arquitectura Moderna: El debate sobre la cubierta plana”, *Ra. Revista de Arquitectura (Universidad de Navarra)*, 2016.

<https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-arquitectura/article/view/4453/3832>

M. Doughty, Charles. “Pasajes de la Arabia Desierta”, *Ediciones del viento*, 2006.



Marcos Patricia, López Antonio y Pulido Manuel. (IIAMA-UPV). “Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin”, *Journal of Hydrology*, 2017.

Recuperado de: <https://www.iiama.upv.es/iiama/en/newsroom/news/el-cambio-climatico-provocara-sequias-mas-frecuentes-y-severas-en-la-cuenca-del-jucar.html>

Ministerio de Fomento. “Documento Básico HS salubridad”, DB-HS, diciembre 2014.

https://www.afme.es/phocadownload/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion/DB-HS.pdf

Norme Française, NF P 10-203-1, DTU 20.12. “Maçonnerie des toitures et d'étanchéité, Septembre” 1993. (Traducido)

Norme Française, NF P 84-208-1, DTU 43.5. “Travaux de bâtiment”, Novembre 2002. (Traducido)

Pfenniger, F. “Escuela secundaria Marcel Sembat”. *Arquitectura + acero*.

<http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/edificios-para-la-educacion/escuela-secundaria-marcel-sembat>

Rukschio, Burkhardt, Schachel, Roland, Loos, Adolf. “Leben und Werk, Salzburg”, Ed. Residenz Verlag, 1982.

Recuperado de: **Liernur, Jorge Francisco.** “Orientalismo y Arquitectura Moderna: El debate sobre la cubierta plana”, *Ra. Revista de Arquitectura (Universidad de Navarra)*, 2016.

<https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-arquitectura/article/view/4453/3832>

Selecta Home, arquitectos. “La cubierta: La quinta fachada”, 2015.

<https://www.selecta-home.eu/autopromocion/la-cubierta-la-quinta-fachada/>

Stick López Padilla, Eduard. “La arquitectura moderna como experimento: la Weissenhofsiedlung y la relación entre la técnica y la forma”, (Universidad del Valle y Universidad del Pacífico), 2011.

Taller abierto. “Sede corporativa Ibenergi”. *Tectónica*, 2019.

<https://tectonica.archi/projects/sede-corporativa-ibenergi-1/>

Wiki arquitectura. Nemo – Museo de Ciencias.

Zeballos, Carlos. “Renzo Piano en Ámsterdam: Centro Nemo”, *Mi Moleskine Arquitectónico*, 2009.

<http://moleskinearquitectonico.blogspot.com/2009/10/renzo-piano-en-amsterdam-centro-nemo.html>