

DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

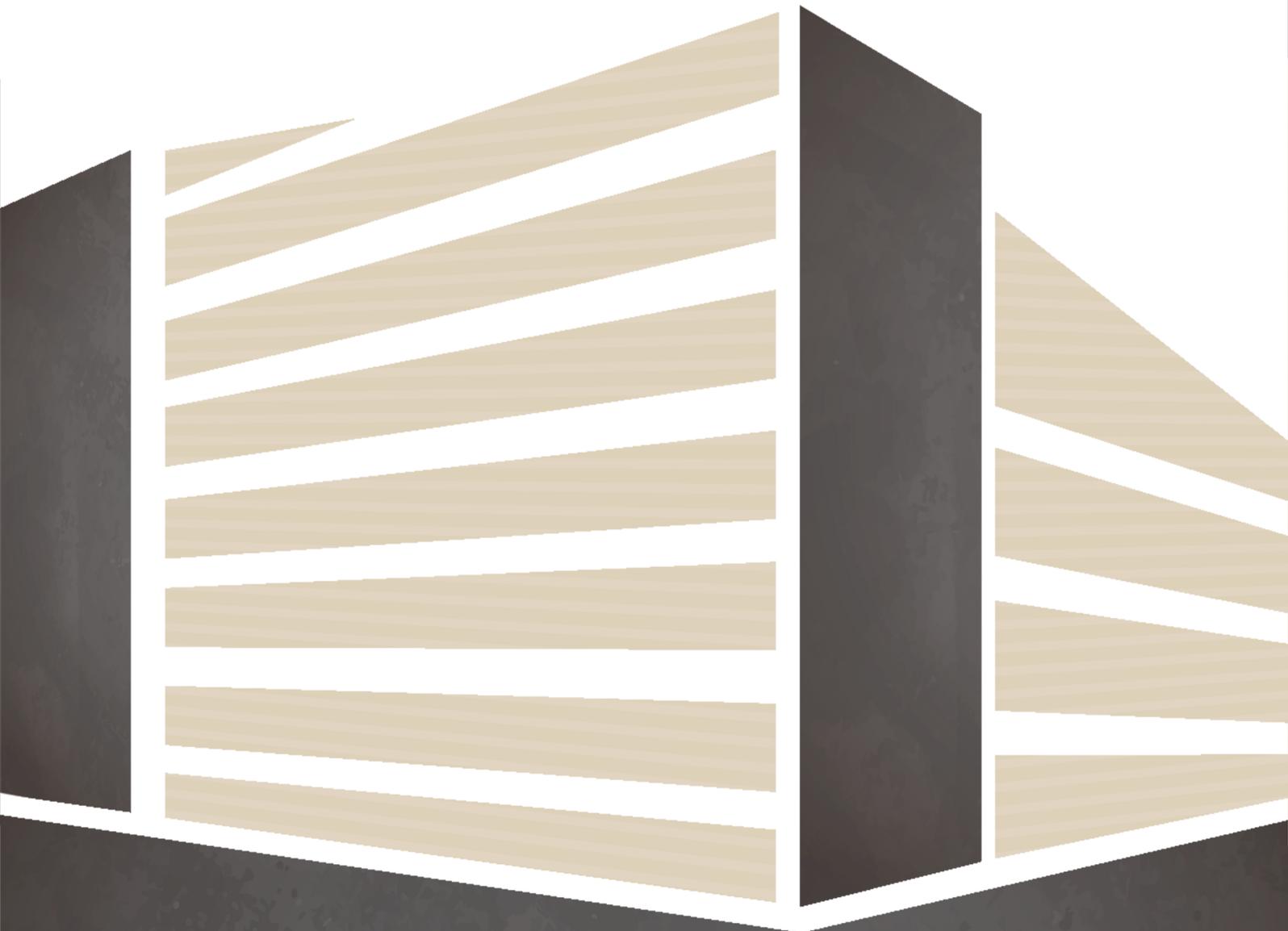
Trabajo Final de Grado - Arquitectura Técnica

Autor: Alberto Llinares Sanz

Tutor: Ángel Pitarch Roig

Universidad Jaime I - Castellón

Octubre 2015



Contenido

1	INTRODUCCIÓN	3
2	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	4
3	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	5
4	RESUMEN	7
5	ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE EN EL MERCADO.....	9
5.1	EVOLUCIÓN DE LA FACHADA.	9
5.2	LA FACHADA VENTILADA.....	10
5.2.1	ORIGEN	10
5.2.2	FUNCIONAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LA FACHADA VENTILADA	11
5.3	LA FACHADA VENTILADA FOTOVOLTAICA	12
5.4	LA ENVOLVENTE VEGETAL Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	13
5.5	LAS PROPIEDADES DE LA CERÁMICA.....	15
5.6	LA FÓRMULA DEL BOTIJO.....	16
5.7	EL PABELLÓN DE ESPAÑA DE LA EXPO ZARAGOZA 2008	20
5.8	LA “CASA PATIO” DEL CONCURSO SDE 2012	21
5.9	PATENTES PUBLICADAS.....	22
6	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	24
6.1	CONCEPTO.....	24
6.2	LA PIEZA DE REVESTIMIENTO (EVAPORADOR).....	25
6.3	EL SISTEMA DE ANCLAJE.....	29
6.3.1	LA GRAPAS DE SUJECIÓN.....	31
6.3.2	EL PERFIL VERTICAL.	33
6.3.3	LAS MÉNSULAS.....	36
6.3.4	LA TORNILLERÍA.....	38
6.4	LA INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	40
6.4.1	VÁLVULA DE LLENADO AUTOMÁTICO.	42
6.4.2	EL TUBO DE ALIMENTACIÓN	43
6.4.3	VÁLVULA DE CORTE DE DISTRIBUIDOR	44
6.4.4	DISTRIBUIDOR	45
6.4.5	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....	46
6.4.6	ENLACE FLEXIBLE AL EVAPORADOR	47

6.4.7	PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN.....	48
7	MONTAJE DEL SISTEMA PASO A PASO.....	49
7.1	CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD	49
7.2	REPLANTEO	53
7.3	COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO	55
7.4	INSTALACIÓN DE PERFILES VERTICALES.....	56
7.5	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	58
7.6	MONTAJE DE EVAPORADORES.....	62
7.7	REMATES, PIEZAS ESPECIALES Y COMPLEMENTOS.....	64
7.8	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	72
8	CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS DEL CTE	73
8.1	OBJETO	73
8.2	APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN (RPC)	73
8.3	EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL (SE)	75
8.4	EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (SI).....	75
8.5	EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD (SUA)	77
8.6	EXIGENCIAS BÁSICAS DE SALUBRIDAD (HS).	77
8.7	EXIGENCIAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (HR).....	90
8.8	EXIGENCIAS BÁSICAS DE AHORRO DE ENERGÍA (HE).....	90
9	CONCLUSIONES	93
10	BIBLIOGRAFÍA.....	94
11	ANEXOS	96
11.1	ANEXO 1. PLANOS	
11.2	ANEXO 2. ENSAYOS	
11.3	ANEXO 3. CÁLCULOS	

1 INTRODUCCIÓN

El alumno **Alberto Llinares Sanz**, con DNI 20245062 W presenta este Trabajo de Fin Grado (TFG) de Arquitectura Técnica, en la **Universidad Jaume I** de Castellón, en el mes de Noviembre de 2015.

El TFG es el resultado de un trabajo personal y autónomo del que suscribe bajo la supervisión del profesor **Ángel Pitarch Roig**, docente de asignaturas del título además de profesor de TFG.

El trabajo supone la culminación de los estudios realizados y la posibilidad de demostrar los conocimientos adquiridos durante la carrera, mediante el desarrollo de un proyecto propuesto por el autor, en el que he expresado mis inquietudes sobre la protección del medioambiente y la necesidad de investigar en el campo de la evaporación del agua en cuerpos cerámicos para dotar a proyectistas y prescriptores de otras armas para la mejora energética de los edificios

El contenido del presente TFG muestra de forma integrada los contenidos formativos recibidos y las competencias adquiridas y asumidas asociadas al título de grado en Arquitectura Técnica, así mismo la titularidad de los derechos de propiedad intelectual o industrial corresponden al autor del TFG, en los términos y condiciones previstas en la legislación vigente.

Quiero agradecer la realización de esta idea a mi familia y amigos por el apoyo recibido, a ayudarme a ser más exigente conmigo mismo y a esforzarme por sacar lo mejor de mí. También agradecer la ayuda recibida por mi tutor y a los profesores que me han ayudado a alcanzar los objetivos: **Ángel M^a Albert, Enrique Tajahuerce, Teresa Gallego y Jose Vte Rajadell.**

2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

En los últimos tiempos las soluciones constructivas respetuosas con el medio ambiente han ganado mucha importancia en el diseño de los edificios. Esto es debido a la creciente conciencia social que ha hecho que la mayoría de los países apuesten por la reducción de gases contaminantes. Este cambio de mentalidad desembocó en el **protocolo de Kioto** por el cual se regulan las emisiones de cada país que firmó el tratado, generando costes o beneficios extra dependiendo de la eficiencia en la reducción de los contaminantes.

La creciente demanda por parte de los usuarios sobre eficiencia energética hace plantearse la posibilidad de crear soluciones en la envolvente de los edificios que reduzcan al máximo el consumo eléctrico. A pesar de que el motivo económico es el gran causante del crecimiento de esta tecnología, **no solo hay que pensar en las primas y beneficios sino que hay otros factores también importantes como la ayuda prestada al medio ambiente y la contribución a su mejora**. Esto supone que cada uno de nosotros como miembros de la sociedad, terminará siendo beneficiario de las mejoras que puedan llegar a conseguirse, como consecuencia de la reducción en las emisiones de gases contaminantes que se realicen.

Además, teniendo en cuenta que la construcción es responsable de la utilización indiscriminada de recursos y de una importante fuente de residuos y contaminación para el aire, el agua y el suelo, es imprescindible incorporar **criterios de sostenibilidad** en el diseño de los edificios, así como desarrollar técnicas para mejorar su eficiencia energética.



2.1. La utilización indiscriminada de recursos y la contaminación ha despertado la búsqueda de soluciones

Durante estos últimos años hemos visto la aparición de muchos componentes y materiales para el revestimiento de fachadas ventiladas; diseñados como elemento estético sin pensar que es la piel del edificio, en contacto directo con la radiación solar y el exterior en general. Este hecho, ha centrado la carrera entre los fabricantes por realizar revestimientos resistentes y muy duraderos, pensando principalmente en la calidad y el precio final de la solución.

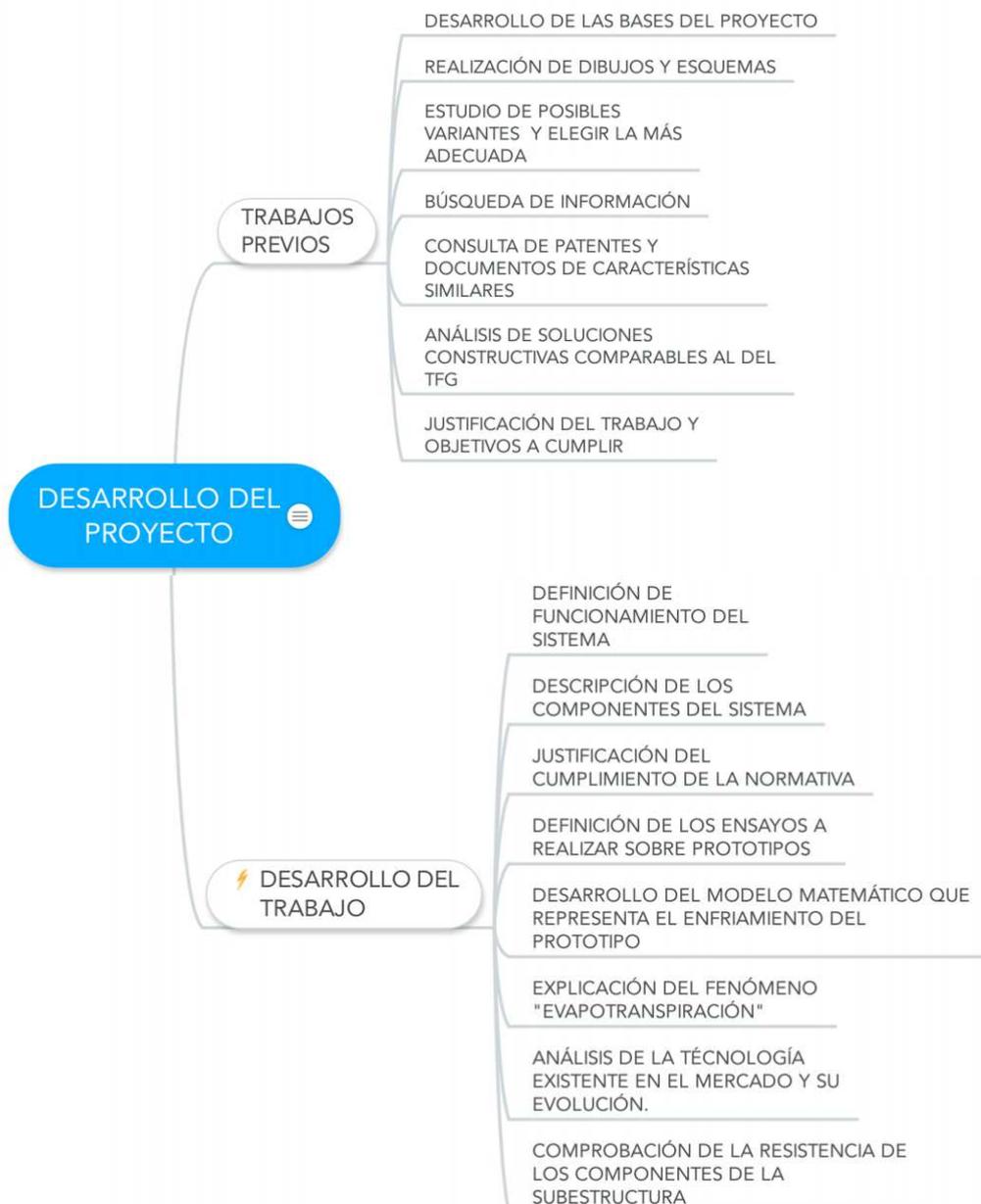
En cambio nadie ha fabricado para su comercialización un sistema de revestimiento de fachadas ventiladas con un “efecto de refrigeración” sin consumo eléctrico, haciendo que las necesidades frigoríficas disminuyan cuanto más cálido y seco esté el ambiente exterior; podría ser un sistema a tener en cuenta en el diseño de edificios de cara a su eficiencia y calificación energética.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La **primera fase** del trabajo comienza con el desarrollo de los primeros bocetos y esquemas sobre el sistema de fachada objeto, los componentes y elementos que completan la solución. Con una idea bastante aproximada del producto final deseado, se representaron todos los componentes con software de diseño hasta hacerlo encajar todo en los detalles constructivos y verificando el cumplimiento de la normativa.

La **segunda fase** se basa en el desarrollo y redacción del proyecto, aunque le ha precedido un profundo análisis y búsqueda de información sobre sistemas o elementos constructivos basados en la eficiencia energética, y más concretamente en aquellos sistemas que utilizan el fenómeno de la evapotranspiración, produciendo un efecto enfriamiento como en un botijo.

En el siguiente esquema de Desarrollo del proyecto se resumen los campos de trabajo más relevantes en los que se ha profundizado hasta alcanzar los objetivos.



Al tratarse de una fachada que pretende emular **las virtudes de un botijo** en verano, se ha analizado la información existente sobre estudios realizados sobre el botijo y el modelo matemático que representa el fenómeno físico que lo enfría.

En el trabajo se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Analizar y comparar la tecnología existente en el mercado con aportación activa a la eficiencia energética de un edificio a través de la envolvente.
- Diseñar y desarrollar mediante ensayos una baldosa cerámica capaz de contener agua a presión en su interior.
- Diseñar y desarrollar con cálculos una grapa de sujeción para la colocación de las piezas, con la posibilidad de desmontar las piezas a través de la grapa.
- Diseñar el kit de estructura metálica autoportante.
- Dar una solución constructiva a efectos arquitectónicos a todos los encuentros y elementos singulares habituales en un edificio cualquiera.
- Diseñar un sistema de abastecimiento a base de conducciones que permita el suministro de agua a las piezas cerámicas con control sobre el caudal y la presión
- Desarrollar las instrucciones de montaje del sistema de fachada, recomendaciones de seguridad y un plan de mantenimiento de las instalación de abastecimiento.
- Justificar el cumplimiento de todas las exigencias contenidas en los documentos básicos que componen el CTE sobre la fachada botijo y las condiciones constructivas.
- Conseguir el precio aproximado de fabricación de los componentes de fachada así como la elaboración de un precio de la unidad de obra que conformaría el producto.
- Describir los ensayos a realizar sobre prototipos para determinar las características físicas y mecánicas de la pieza y la obtención de datos para el cálculo energético.

Para llegar a la solución final de todos los componentes se ha seguido un proceso continuo de diseño y comprobación hasta resultar satisfactorio en términos estéticos, mecánicos y normativos.



4 RESUMEN

El TFG se resume como la **creación de un sistema de fachada ventilada cerámica** con la propiedad de enfriarse de la misma forma que ocurre con un botijo lleno de agua en verano, por ello se le ha bautizado con el nombre “fachada botijo”; esto engloba el diseño y desarrollo total de todas las piezas que lo componen con las soluciones constructivas típicas en los edificios como veremos más adelante.

El sistema permitiría un ahorro sustancial a los usuarios, al necesitar menos energía para enfriar los edificios en época calurosa. En el trabajo se desarrolla el sistema completo con todos sus componentes para la fabricación de prototipos y la posterior realización de ensayos con el objetivo de analizar su comportamiento y prestaciones.



4.1. Aspecto exterior del sistema de “fachada botijo” en un edificio. Fuente: propia

El revestimiento estará saturado de agua mediante un sistema de abastecimiento continuo y estanco, que provocaría en la superficie exterior un enfriamiento al filtrarse el agua del interior al exterior, al extraer parte del calor del agua almacenada por el fenómeno de la **evapotranspiración**, fenómeno físico fundamental en el funcionamiento del sistema, que se basa en la acción simultánea de evaporación y transpiración de agua, explicado detalladamente más adelante.

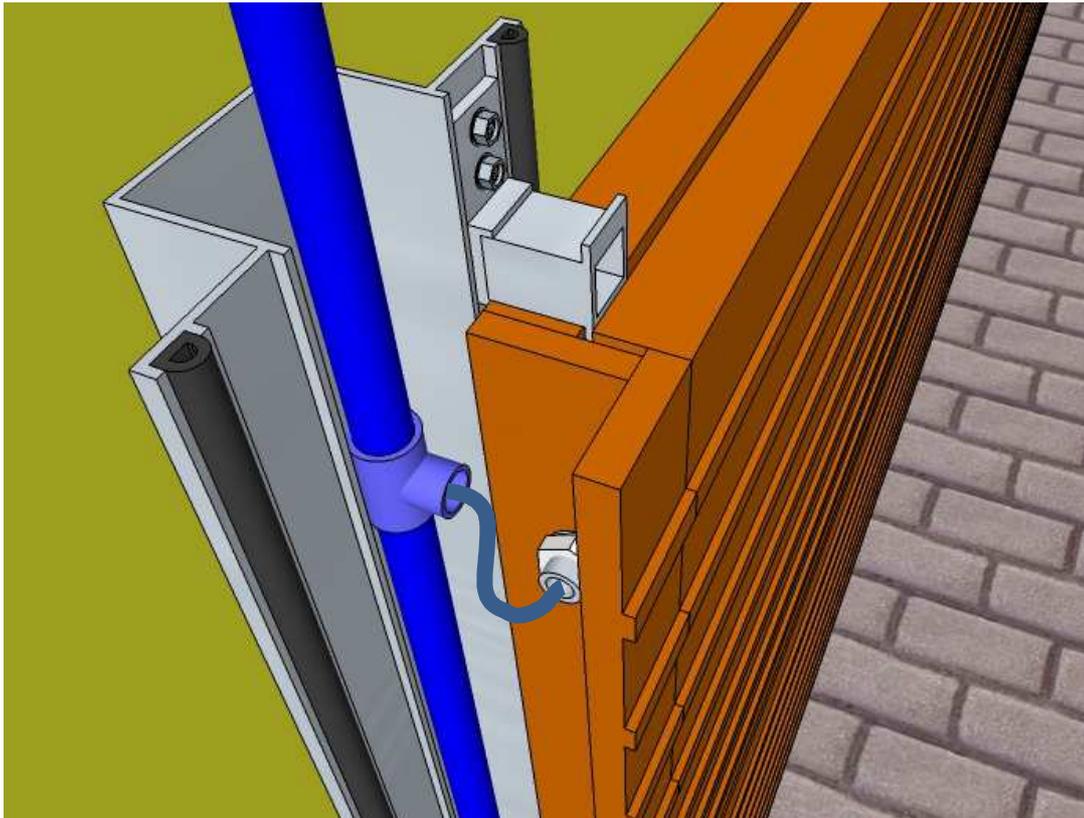
El enfriamiento de la pieza hará circular el aire de la cámara ventilada a menor temperatura con los consiguientes beneficios para el interior de los edificios.

Es importante mencionar que se ha diseñado íntegramente el sistema, esto incluye fundamentalmente la pieza cerámica, la grapa de sujeción, la perfilaría vertical y la ménsula, con el objetivo de simplificarlo de manera que el coste de fabricación sea asumible, y facilitar posteriores labores de mantenimiento.

Para la realización del TFG ha sido de gran ayuda la utilización de los programas de diseño **AutoCad** y **SketchUp** para la visualización conceptual de todo el conjunto de componentes y la realización de detalles constructivos con soluciones para los encuentros, el montaje, etc.

Además se han desarrollado las **instrucciones de montaje** del sistema completo con la suficiente información, ilustraciones y detalles que clarifican todo el conjunto.

En el detalle constructivo 4.2 se aprecia el despiece de algunos componentes, que se han diseñado para que el sistema resulte sencillo de instalar y con el mínimo número de piezas para poder conformar una solución de fachada ventilada.



4.2. Detalle de abastecimiento de agua a las piezas cerámicas con uniones estancas. Fte: propia

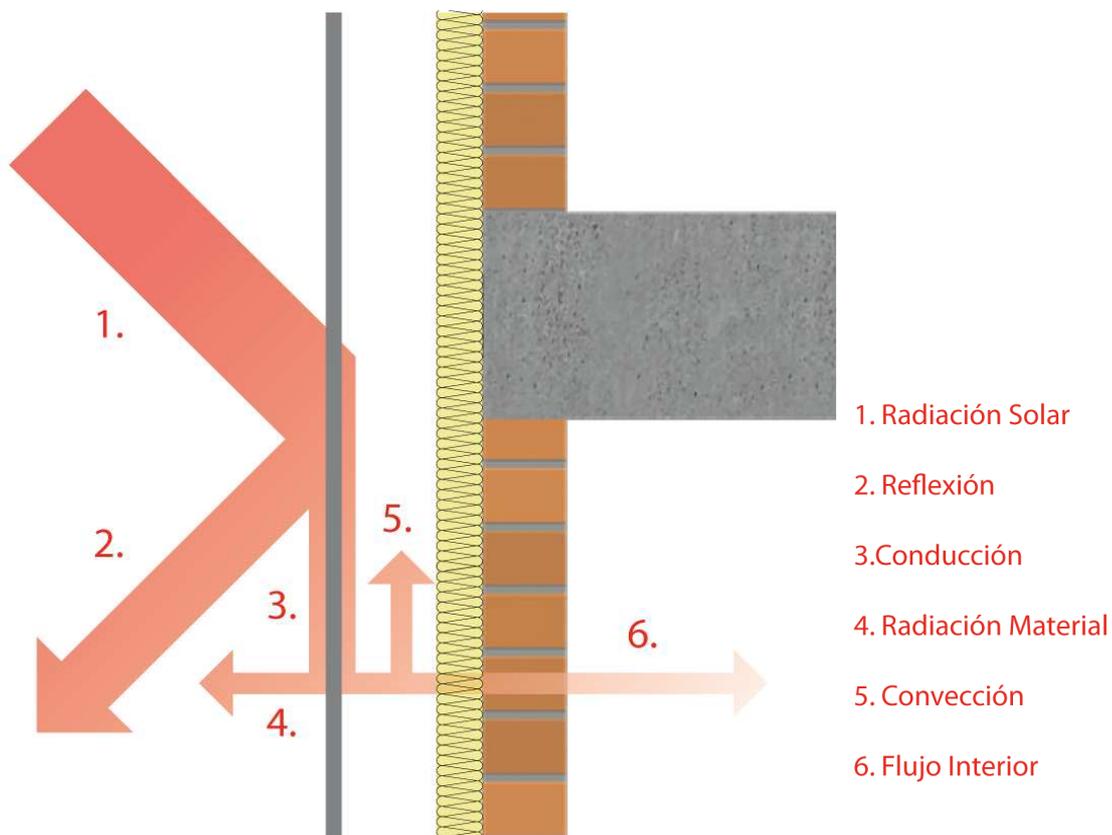
5 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE EN EL MERCADO.

5.1 EVOLUCIÓN DE LA FACHADA.

El concepto de “fachada” en su sentido más amplio es la de paramento exterior de un edificio, pero además suele ser la única parte que se percibe desde el exterior. Esto hace que se trate del elemento que expresa las características de la construcción y el estilo de la misma.

En sus inicios las fachadas convencionales cumplían principalmente una función estructural y en segundo lugar una función estética, pero con el tiempo la sociedad empieza a exigir una serie de prestaciones en materia de aislamiento, estanqueidad y seguridad para aumentar el confort en el interior de las viviendas.

Ante las crecientes exigencias de calidad que se le pide, la fachada convencional evoluciona hacia una progresiva separación de sus hojas, dando lugar a una secuencia de soluciones constructivas que desembocaron en un capítulo aparte en los cerramientos de los edificios: la **fachada ventilada**. La fachada ventilada ofrece buenas prestaciones térmicas y de estanqueidad, al tener una cámara ventilada que separa la hoja exterior de la interior. El esquema de funcionamiento térmico de la fachada ventilada típica en verano es como en la figura 5.1.



5.1. Esquema de funcionamiento térmico de la fachada ventilada en época calurosa.

5.2 LA FACHADA VENTILADA

5.2.1 ORIGEN

El origen de la fachada ventilada tiene lugar en el Reino Unido, durante el **Movimiento Moderno de la Arquitectura**, un periodo en el que se apuesta por el racionalismo arquitectónico. El inicio de este sistema lo encontramos en el **“Cavity Wall”**: un cerramiento formado por una hoja interior resistente que apoya sobre los forjados y una hoja exterior que cierra la cámara de aire ventilada mediante el vaciado de las juntas verticales de la fábrica en zonas estratégicas.

Esta hoja exterior se apoya sobre la hoja interior mediante grapas de acero o anclajes con el propio aparejo. Era un sistema limitado a tres alturas para garantizar la estabilidad a todo el conjunto y sigue siendo una solución habitualmente empleada en Inglaterra desde 1925. A partir de 1970 se incorporó el aislamiento térmico en la cámara de aire .



5.2.Imagen del “Cavity Wall”, utilizado en Inglaterra desde 1925. Fuente: constructionphotography.com

Las fachadas ventiladas han evolucionado con el paso del tiempo y la aparición de nuevos materiales de hoja exterior y elementos de fijación, aportando al conjunto elevadas prestaciones en aislamiento y durabilidad, utilizando subestructuras metálicas en aleaciones de aluminio y sofisticados sistemas de anclaje.

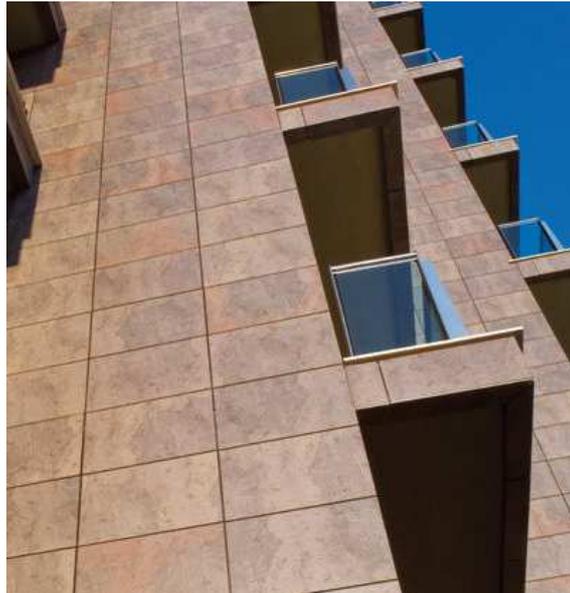
También cabe citar como precedente de la fachada ventilada el **tabique pluvial mediterráneo**, siendo una solución comúnmente empleada para proteger muros medianeros, con el paso del tiempo esta solución inicialmente ejecutada con obra de fábrica sobre elementos salientes de la estructura, se ejecuta en la actualidad mediante subestructura metálica con paneles prefabricados de chapa de acero prelacada, fibrocemento, policarbonato compacto, etc.

5.2.2 FUNCIONAMIENTO HIGROTÉRMICO DE LA FACHADA VENTILADA

- **En verano**, el aire contenido en la cámara se calienta de manera que se crean corrientes de convección, haciendo que el aire caliente ascienda y el espacio desalojado lo ocupe aire más frío que entra por la parte inferior del cerramiento.
- **En invierno**, el aire contenido en la cámara se calienta, pero no lo suficiente como para crear corrientes de convección, por lo que se conserva el calor en dicho espacio.
- **La cámara de aire ventilada** elimina los riesgos de humedad en los cerramientos y sus patologías asociadas, garantizando la estanqueidad necesaria.



5.3. Detalle constructivo. Fuente: Favenk



5.4. Rehabilitación de fachada. Fuente: Butech

Las soluciones de fachadas y envolventes de los edificios, como las previstas en el **Documento Básico HS-1 del Código Técnico de la Edificación** y en el **Catálogo de Elementos Constructivos** aprobados por el Ministerio de Fomento (versión Marzo de 2010), tienen un comportamiento pasivo frente a la regulación de la temperatura interior de los edificios, el aislamiento permanece constante en el tiempo y el flujo de calor se produce en función del salto térmico existente entre ambas caras.

Las diferentes soluciones que se aplican en las fachadas son técnicas ampliamente conocidas en la actualidad y extendidas en prácticamente todo el mundo; así mismo existen innumerables empresas que desarrollan todo tipo de productos para fachadas ventiladas, desde sistemas de fijación, subestructuras y el material de revestimiento, utilizando gres porcelánico, piedra natural, aluminio, acero, titanio, textiles,...

La fachada ventilada ofrece buenas prestaciones en época calurosa, al crearse corrientes de aire de convección en el interior de la cámara, pero este aire asciende calentado por el trasdós del aplacado hasta las rejillas de extracción, acumulándose más temperatura en las partes altas del edificio.

5.3 LA FACHADA VENTILADA FOTOVOLTAICA

La fachada ventilada fotovoltaica es una variante dentro del subgrupo *fachadas ventiladas activas (FVA)*. Desde el punto de vista de la eficiencia energética de un edificio puede ser una solución constructiva interesante: tiene las propiedades de aislamiento y estanqueidad propias de la fachada ventilada con una hoja exterior fotovoltaica, permitiendo abastecer un edificio con la utilización de una energía limpia, el Sol.

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos instalados sobre la fachada con una subestructura metálica. Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Sin embargo no fue hasta 2005 coincidiendo con la aprobación en Italia de los primeros incentivos para el sector fotovoltaico, en Venecia se conecta a la red eléctrica la primera instalación fotovoltaica integrada arquitectónicamente en la fachada de un hotel.



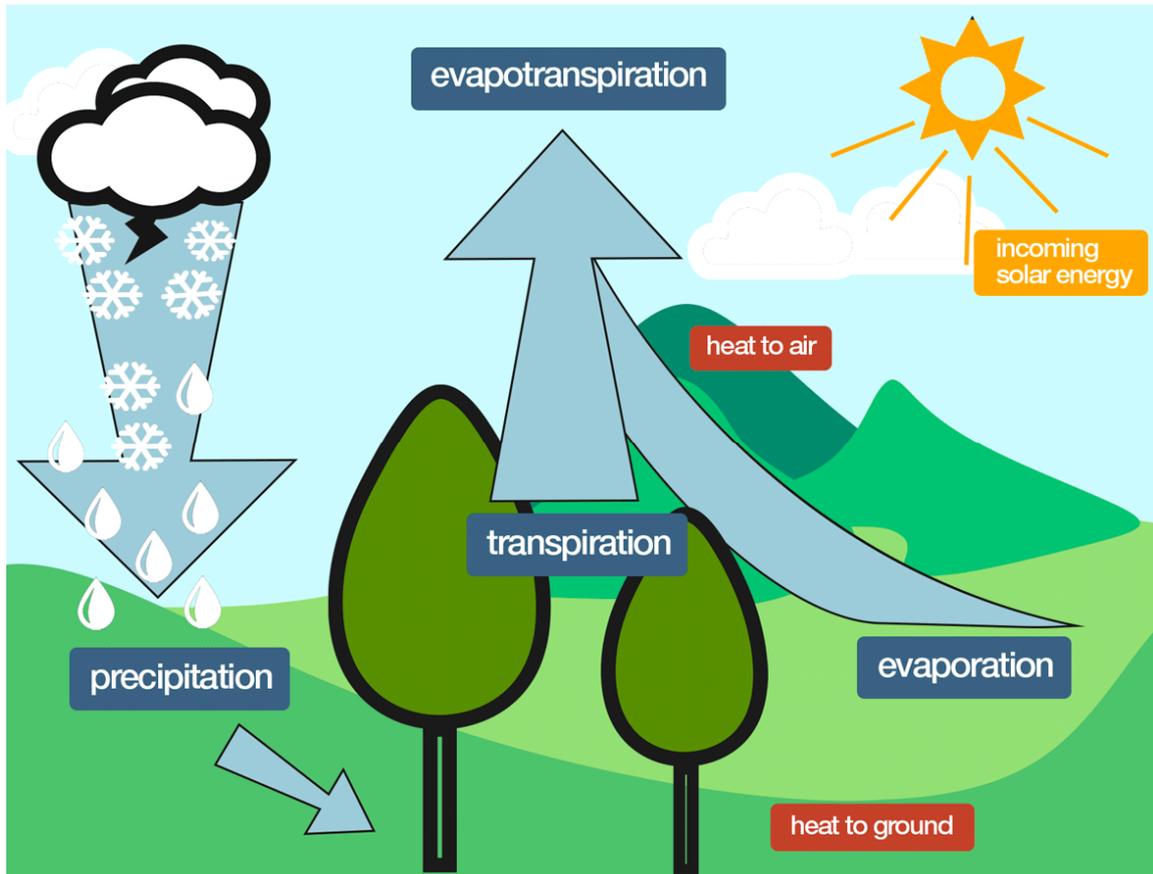
5.5. Fachada fotovoltaica de la sede de ACCIONA SOLAR en Navarra. Fte: deltoroantunez.com

Con su aparición y desarrollo se realizaron muchos proyectos mediante esta solución, impulsados por la conciencia social y las primas otorgadas por el estado, pero a día de hoy la energía fotovoltaica no es competitiva con respecto al resto de energías y mientras no lo sea, seguirá dependiendo de **factores externos como normativas y reglamentos** que determinan sus tarifas y por tanto su desarrollo.

Como ejemplo de esto pueden tomarse las nuevas leyes que han ido apareciendo últimamente y que, como consecuencia del estado de la economía actual, han limitado e incluso suprimido las primas, haciendo muy difícil la recuperación de la inversión, produciendo un gran parón en el desarrollo de esta tecnología.

5.4 LA ENVOLVENTE VEGETAL Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Las más conocidas referencias de la **evapotranspiración** vienen de la Climatología y en particular del ciclo y balance del agua. La evapotranspiración se produce a través de la evaporación del agua presente en la superficie terrestre, océanos, lagos y también la transpiración de los seres vivos, en especial de las plantas. Como resultado se forma vapor de agua, que al condensarse retorna a la superficie en forma de lluvia.



5.6. Esquema representativo del ciclo del agua y la evapotranspiración. Fte: buddhajeans.com

En **bioconstrucción**, se ha utilizado potencialmente desde la antigüedad este fenómeno que ocurre en las superficies susceptibles de evaporación directa como los suelos de tierra junto con la transpiración de la vegetación, aplicándolo en cubiertas vegetales de edificios y más recientemente desarrollando soluciones constructivas mediante la fachada vegetal.

Las **cubiertas vegetales o “techos verdes”** son conocidos desde hace siglos, tanto en climas fríos como cálidos. En las zonas de climas fríos estos techos calientan, puesto que almacenan el calor de los ambientes interiores; en los climas cálidos “enfían” gracias a la evaporación de agua del suelo, la fotosíntesis de las plantas, que extraen el calor y humedad del suelo, la capacidad de almacenar calor y la sombra que proyectan sobre el cerramiento.

En la actualidad constituye una solución muy interesante estéticamente dado el gran impacto visual que provoca, si se diseña y ejecuta correctamente y se hace un intenso mantenimiento para mantener al sistema al 100%.



5.7. Casas con cubierta vegetal en Islandia. Fte: travelblg.com



5.8. Palloza africana con techo vegetal. Fte: cienladrillos.com

Según cuenta el arquitecto e ingeniero alemán Gernot Minke en su libro *“Techos Verdes”*:

“...Con la evaporación de un litro de agua son consumidos casi 2,2 MJ (530 kcal) de energía, energía en forma de calor que “roba” del sustrato. La condensación de agua en la atmósfera, pasa a formar nubes, donde la misma cantidad de energía calórica es liberada nuevamente. Lo mismo sucede cuando por la noche se condensa la humedad en las plantas. La formación de rocío matinal en las fachadas y techos verdes trae aparejada una recuperación de calor. Por tanto las plantas por sí solas pueden a través de la evaporación y la condensación del agua, reducir las oscilaciones de temperatura en el interior de los edificios...”



5.9. Fachada vegetal del palacio de congresos de Vitoria-Gasteiz. Fuente: urbanarbolismo.com

Se puede deducir que el **“efecto enfriamiento”** de la envolvente verde depende directamente del porcentaje de plantas vivas sobre la superficie del cerramiento y la humedad del mismo, que en épocas secas y calurosas hay que suplementar mediante sistemas de riego controlados.

A pesar de ser una solución con otros beneficios aparte del mencionado regulador de la temperatura, las fachadas verdes son excesivamente caras de ejecutar además del elevado coste que supone el mantenimiento para conservar su aspecto y prestaciones, en comparación con la fachada ventilada.

5.5 LAS PROPIEDADES DE LA CERÁMICA

El concepto fundamental de este proyecto es la evapotranspiración producida en la superficie del botijo, cuyas paredes de arcilla filtran el agua de su interior, llegando a la superficie exterior y evaporándose, enfriando el agua del botijo.

La cerámica presenta una interesante propiedad que es la absorción de humedad a través de los poros y evaporarse creando un efecto enfriamiento, cuando no se ha aplicado un revestimiento vítreo o impermeable. El conocimiento de esta particular propiedad de la cerámica se aplicó desde la antigüedad en la fabricación de multitud de objetos para refrigerar agua, bebidas o alimentos.



5.10. Botijo del s.XIX. F:



5.11. Nevera del desierto utilizada en África. Fuente: e-ficiencia.com

El efecto enfriamiento por evaporación ya se conocía en el Antiguo Egipto, utilizaban grandes vasijas de barro para mantener el agua fresca; en España el botijo es el objeto de barro más conocido por su capacidad de refrigerar el agua, o en África la “nevera del desierto” para conservar alimentos.

El **funcionamiento del botijo** consiste en que al estar expuesto al aire seco caliente, se produce evaporación de agua de la pared de arcilla porosa del botijo, efecto que extrae energía bajando la temperatura del agua interior. El agua es absorbida por las paredes del botijo. Cuando el agua llega al exterior se evapora robando calor al interior. De esta manera el agua se enfría hasta que puede llegar a alcanzar el punto de rocío bajando la temperatura considerablemente. Los factores que influyen positivamente en esto son; porosidad del barro, temperatura alta, sombra y aire.

La explicación física del proceso de refrigeración de la nevera del desierto utiliza el mismo concepto que el botijo: el agua contenida en la arena que separa ambas vasijas se evapora hacia la parte exterior de la vasija mayor, ventilada por la circulación del aire seco exterior. El proceso de evaporación comporta una reducción de varios grados de la temperatura de la arena, lo que enfría la vasija interior, retarda la reproducción de los agentes de la descomposición y conserva los alimentos.

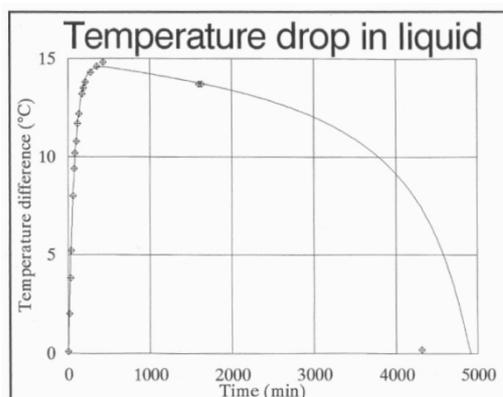
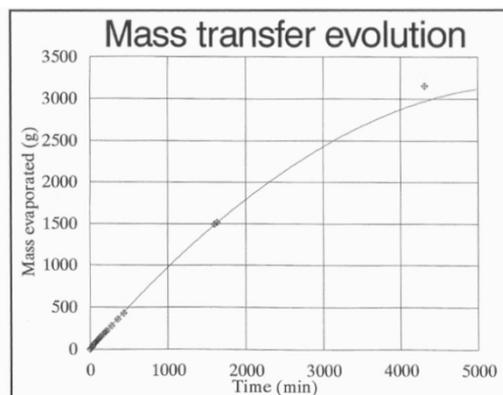
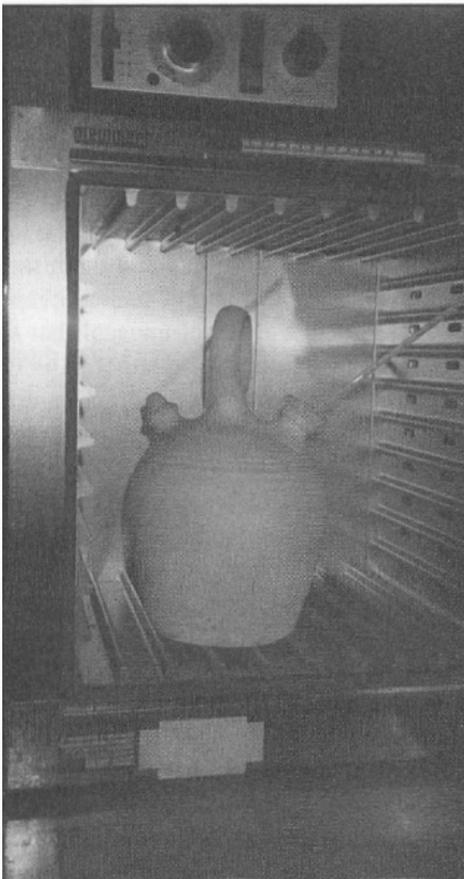
5.6 LA FÓRMULA DEL BOTIJO

En el año 1995, **José Ignacio Zubizarreta y Gabriel Pinto**, profesores de la Universidad Politécnica de Madrid publicaron el artículo “*An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer*” en la revista científica **Chemical Engineering Education**, los resultados de una investigación realizada con carácter pedagógico, a nivel universitario, sobre el enfriamiento del agua contenida en un botijo. Sabiendo que un botijo eficiente requiere transpirar el agua y encontrarse en un ambiente cálido y seco, se realizó el siguiente experimento:

Descripción del experimento

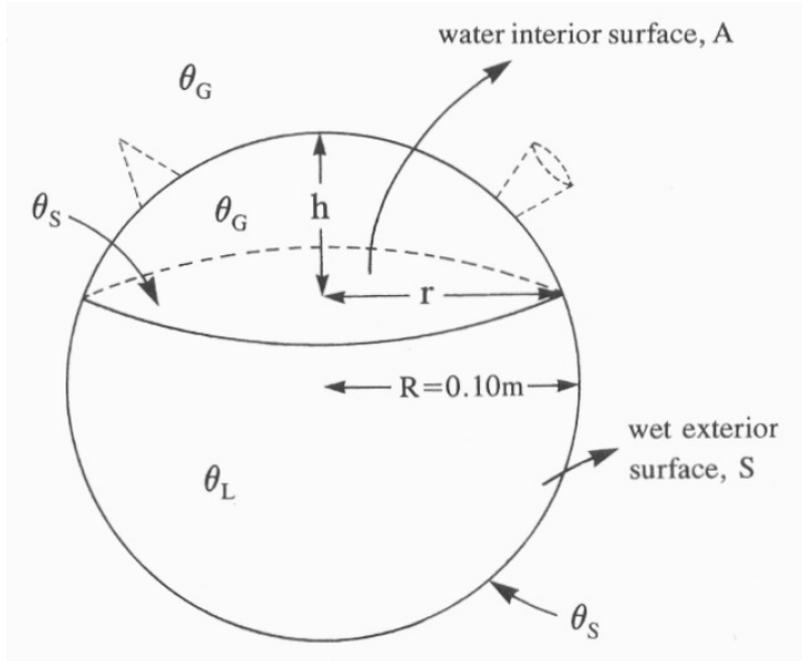
Se introdujeron 3,2 litros de agua a 39°C en un botijo y se sometió a un ambiente con esa misma temperatura y humedad relativa del 42%. Cada cierto tiempo se midió la masa total del botijo (para evaluar así la masa perdida por evaporación) y la temperatura del agua.

Se observó que, **en unas 7 horas el agua se enfría 15°C**, alcanzando los 24°C. A partir de ese momento, el agua empieza a calentarse muy lentamente y, en la fase final, al cabo de tres días, la temperatura de las últimas gotas que quedan de agua es prácticamente la temperatura del ambiente.



5.12. Tablas obtenidas y fotografía del experimento. Fte: “Chemical Engineering Education”

El modelo seguido, que se encontró válido para explicar los resultados experimentales, supone una geometría esférica para el botijo, y se basa en procesos de transferencias de calor y masa bien conocidos. El esquema del modelo seguido es el siguiente:



5.13. Modelo geométrico del botijo. Fte: upm.es

Dos ecuaciones diferenciales describen el proceso que tiene lugar.

$$-\frac{dV}{dt} = K' \cdot a(H_s - H)$$

$$V \cdot C_p \cdot \left(\frac{dT}{dt} \right) = h_c \cdot a \cdot (T_g - T_s) + f \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot (4\pi r^2 - s) \cdot [(273 + T_g)^4 - (273 + T_s)^4] - U \cdot a \cdot (T - T_s) - \lambda_w \cdot \left(\frac{dV}{dt} \right)$$

Donde las magnitudes implicadas son:

V = volumen del agua

t = tiempo

C_p = capacidad calorífica del agua

T = temperatura del agua

T_g = temperatura del aire

T_s = temperatura de la superficie del agua

a = área de la superficie externa del agua

$4\pi r^2$ = área de la superficie total del botijo

S = área del agua en contacto con el aire

λ_w = calor de vaporización del agua

h_c = coeficiente de convección

$f \cdot \epsilon \cdot \sigma$ = coeficiente de radiación de calor

U = coeficiente de transmisión de calor del agua

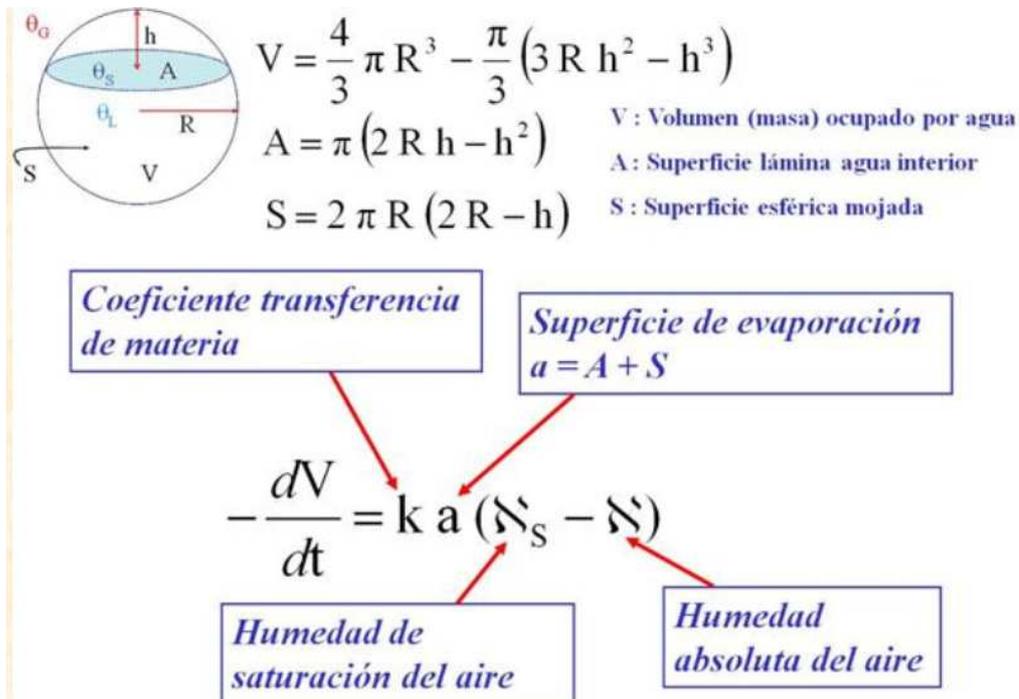
K' = coeficiente de transferencia de masa para el agua

H_s = humedad de saturación

H = humedad del aire

Para facilitar la comprensión de lo expuesto, se describe en estas dos figuras::

- **Modelo geométrico y cuantificación de la velocidad de evaporación del agua:**



5.14. Modelo geométrico del botijo con explicación de los elementos. Fte: upm.es

- Variación térmica del agua con el tiempo

$$V C_p \frac{d\theta_L}{dt} = h_c a (\theta_G - \theta_s) + f \epsilon \sigma [(273,15 + \theta_G)^4 - (273,15 + \theta_s)^4] (4 \pi R^2 - S) - U a (\theta_L - \theta_s) - \lambda_w \left(-\frac{dV}{dt} \right)$$

5.15. Modelo geométrico del botijo con explicación de los elementos. Fte: upm.es

Los resultados obtenidos de este interesante experimento nos hace replantearnos la famosa frase de: “...eres más simple que el mecanismo de un botijo...”, puesto que los conceptos que están implicados y el modelo matemático que expresa la variación de temperatura nos dicen todo lo contrario.

Para justificar con criterio la viabilidad técnica y económica de la “fachada botijo”, además de las exigencias básicas contenidas en el Documento Básico HE del CTE, son necesarios los datos de transferencia de masa, diferencia de temperatura, consumos y características de otra índole para calcular la energía que generaría el sistema en una fachada real.

En el experimento del botijo los autores muestran dos tablas expuestas al principio del artículo (Figuras 3.10 y 3.11), una tabla expresa la variación de temperatura y la otra tabla expresa la transferencia de masa, ambas en función del tiempo. Estos datos serán los necesarios para realizar cálculos energéticos y de consumo sobre un **módulo experimental de la fachada botijo**.

5.7 EL PABELLÓN DE ESPAÑA DE LA EXPO ZARAGOZA 2008

Sin embargo, no es hasta bastante reciente la aparición de soluciones constructivas que utilicen el efecto botijo en sus revestimientos, con la finalidad de aportar un componente de eficiencia energética.

Para el pabellón que representaba a España en la Exposición Internacional de Zaragoza 2008, el arquitecto **Patxi Mangado** intentó reproducir el espacio de un bosque de chopos típicos del río Ebro mediante piezas cerámicas de terracota elaboradas con arcillas, fabricadas por extrusión y cocidas en horno túnel de ciclo lento, con dos formatos de piezas uno de ellos de diámetro 30 cm y el otro de 20 cm; y con 2 medidas de longitud, 867 mm y 810 mm. Las piezas cerámicas se fijaron con una subestructura de piezas de aluminio.

El edificio era capaz de crear un microclima propio debido a los pilares de barro cocido, que absorbían el agua que circulaba por encima de la solera construida al efecto.



5.16. Imagen de los troncos cerámicos del Pabellón de España en Expo Zaragoza 2008. Fuente: ceramicarchitectures.com

5.8 LA “CASA PATIO” DEL CONCURSO SDE 2012

El precedente inmediato del sistema de revestimiento que se plantea en este trabajo de fin de grado está instalado en la fachada de la casa presentada en el concurso **Solar Decathlon Europe** por el **Andalucía Team**, formado por 4 universidades andaluzas celebrado en Madrid en el año 2012.

La vivienda presentada se llama **Patio 2.12** o “**casa botijo**” y está formada por módulos prefabricados que se unen en un espacio intermedio denominado Patio, estos módulos se pueden añadir o eliminar alrededor del patio en función de las necesidades de espacio de los usuarios de la vivienda.

El concurso, en el que participaban universidades de toda Europa con sus propuestas sobre vivienda eficiente, premió a este proyecto con la 2ª posición por votación.



5.17. Imágenes de la casa Patio 2.12 presentada en el SDE2012, con la singular fachada cerámica

Entre otras novedades, para la fachada cerámica se propuso un sistema de riego con agua reciclada de otros usos que regaba las piezas cerámicas por la parte de atrás mediante un sistema de canalizaciones; con ello se refresca el aire de la cámara del cerramiento que a través de unas rejillas pasa al interior de la estancia mediante el efecto de convección

El sistema utilizado es muy ingenioso ya que se ha realizado una fachada ventilada cerámica, con piezas de arcilla de alta porosidad, con un sistema que empapa literalmente las piezas por detrás, y presumiblemente de bajo coste, pero eso genera un goteo constante sobre el pavimento que solo se aprecia en algunos videos oficiales publicados por la dirección del concurso.

La fachada ventilada que se desarrolla en este trabajo de fin de grado es totalmente innovador con algunos rasgos similares al de la casa “Patio2.12”, no existe nada en el mercado. Se trata de un revestimiento de fachadas con piezas de terracota alveolares por las que circula agua con un sistema de abastecimiento con el fin de reducir las necesidades energéticas por enfriamiento de la hoja exterior.

5.9 PATENTES PUBLICADAS

Durante el proceso de investigación y búsqueda de información sobre la tecnología existente en el mercado y concretamente la relacionada con las propiedades de la cerámica y la absorción de agua, es imprescindible mencionar las invenciones y patentes de elementos constructivos que aprovechan el fenómeno de la evapotranspiración, publicadas por **la Oficina Española de Patentes y Marcas**.

Para más información sobre las patentes citadas a continuación, visitar la página web : www.oepm.es

Nº DE PUBLICACIÓN	2 478 640	FECHA DE PUBLICACIÓN	22/07/2014
INVENTORES	Martinez Monedero, Miguel		
TÍTULO	PIEZA CERÁMICA EVAPOTRANSPIRATIVA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE		

RESUMEN:

La pieza cerámica evapo-transpirativa para la construcción caracterizada por un elemento cerámico (1) de forma y dimensiones variables (de planta triangular, cuadrada, pentagonal, hexagonal, heptagonal, octagonal, etc.), e incluso hueca, perforada interiormente por agujeros pasantes (ya sea longitudinal, transversal o diagonalmente) (2) que albergan una red de tubos (3) conectados entre sí, y a su vez con un sistema de suministro de agua, pudiendo ser del tipo riego por goteo. Estos tubos provocan la humectación de la pieza cerámica que hace posible, en épocas estivales, el proceso físico del enfriamiento evaporativo, por la evaporación del agua contenida en el material cerámico. Este proceso contribuye a la refrigeración del ambiente sin necesidad de aporte energético alguno y sin maquinaria generadora de frío. La pieza cerámica evapo-transpirativa puede agruparse creando grandes superficies refrigerantes, formando suelos, paredes y/o techos.

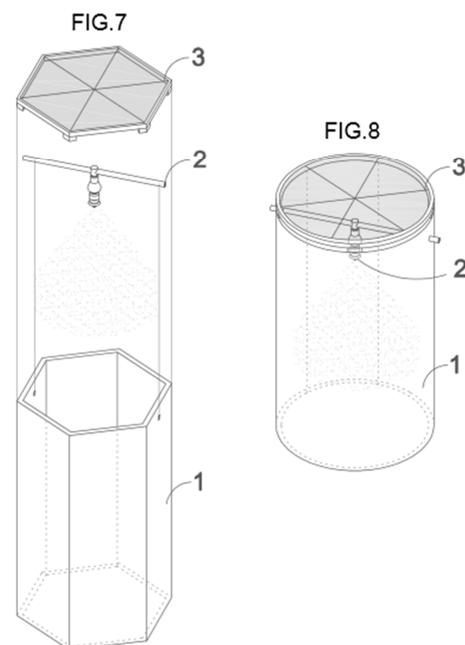


Figura descriptiva de funcionamiento: Fte: OEPM

Nº DE PUBLICACIÓN	2 455 415	FECHA DE PUBLICACIÓN	15/04/2014
INVENTORES	García López, Javier		
TÍTULO	SISTEMA DE REVESTIMIENTO CERÁMICO CON ENFRIAMIENTO POR EVAPOTRANSPIRACIÓN		

RESUMEN:

El objeto de la invención es un sistema de revestimiento exterior para edificios mediante piezas de material cerámico poroso o similar denominado fachada botijo. El sistema se puede aplicar como aplacado directo o como hoja exterior en soluciones de fachada ventilada. Frente a soluciones tradicionales de revestimientos pasivos en los edificios, el sistema incorpora la posibilidad de provocar un enfriamiento en su superficie gracias a la evapotranspiración inducida por la aportación de agua a través de una red de alveolos en el interior de las piezas. Su aplicación principal es el control térmico de la envolvente en climas cálidos y la capacidad de enfriamiento del aire de los espacios interiores de los edificios

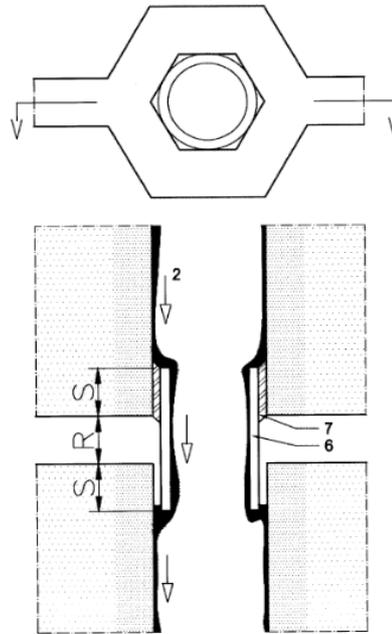
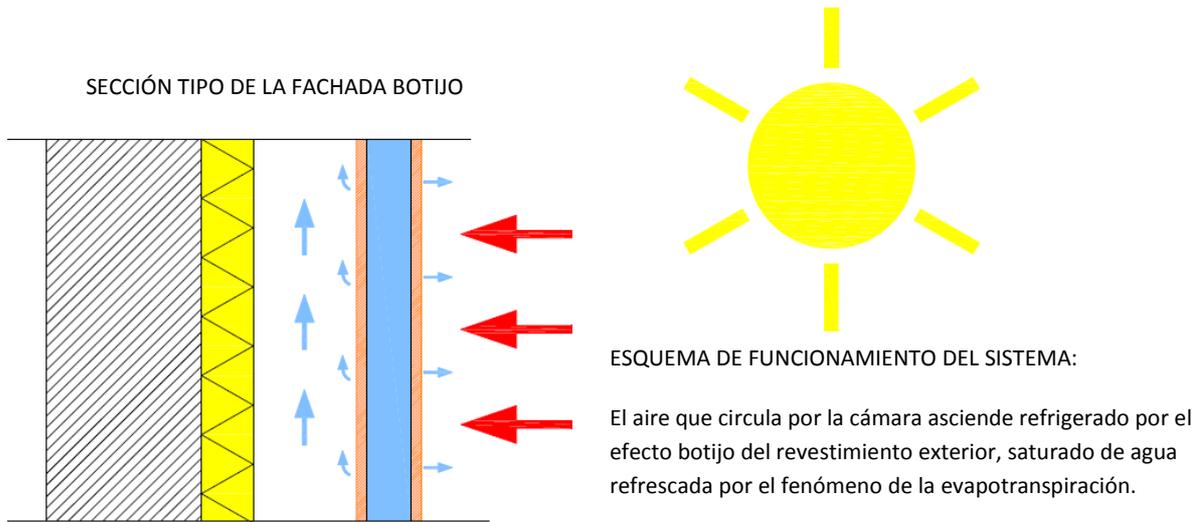


Figura descriptiva de funcionamiento: Fte: OEPM

6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

6.1 CONCEPTO

Partimos del concepto de fachada ventilada para enmarcar la “fachada botijo” dentro de una tipología concreta; la fachada ventilada ofrece soluciones eficaces que potencian la libertad del proyectista. Se caracteriza por ser un revestimiento flotante tras el cual existe una cámara de aire en contacto con el exterior, la diferencia principal reside en que la pieza cerámica está saturada de agua en épocas calurosas, produciendo un “efecto enfriamiento”. Más adelante desarrollaremos profundamente cada componente del sistema, pero antes veremos un resumen de sus elementos principales.



6.1. Esquema de funcionamiento de la fachada ventilada desarrollada. Fte: propia

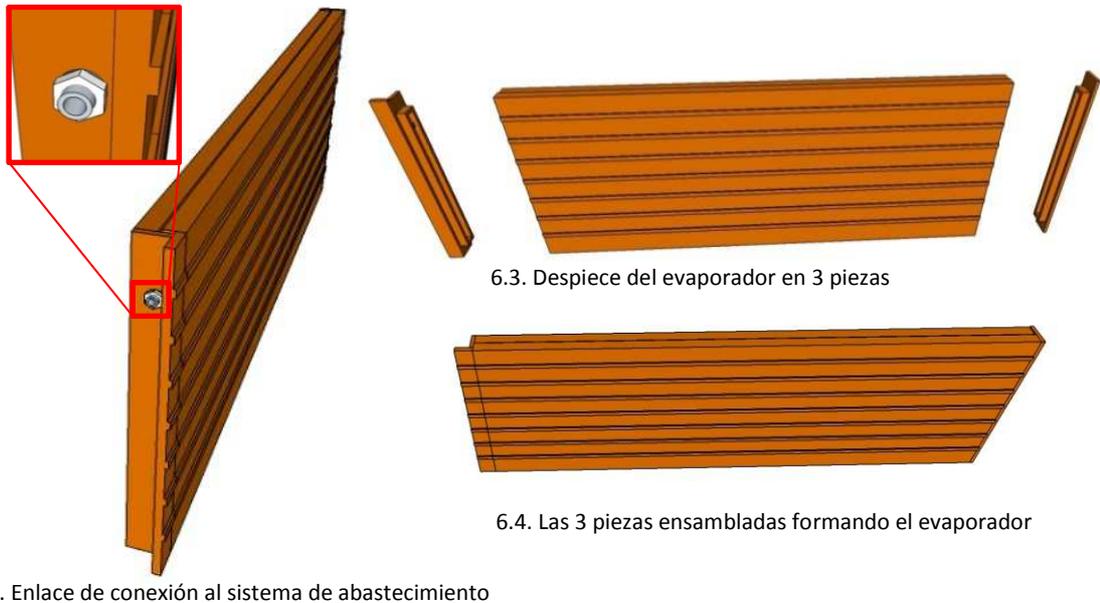
- **HOJA EXTERIOR:** revestimiento de junta abierta a base de piezas de arcilla cocida de alta porosidad saturadas de agua, a los que denominaremos “evaporador”.
- **AISLAMIENTO TÉRMICO:** continuo no hidrófilo de 50 mm sobre la hoja interior.
- **CÁMARA DE AIRE:** ventilada de 70 mm entre el aislamiento y la hoja exterior, con aberturas de admisión en el arranque de la fachada y aberturas de extracción en la coronación.
- **HOJA INTERIOR:** Hoja resistente mediante fábrica de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo cerámico perforado enfoscado exteriormente con mortero de cemento.
- **SUBESTRUCTURA:** diseñados en aluminio AA 6061 T6 para garantizar la estabilidad ante las acciones, éste evitará acumulación de humedad, debe permitir el ajuste, resistir la corrosión, permitir la reposición de piezas en caso de rotura y transmitir las cargas a los elementos portantes.
- **INSTALACIÓN HIDRÁULICA:** El sistema de abastecimiento de agua de las piezas cerámicas, con diferentes tipos de válvulas y accesorios para el control de la instalación.

6.2 LA PIEZA DE REVESTIMIENTO (EVAPORADOR)

→ VER PLANO 1.1

DESCRIPCIÓN

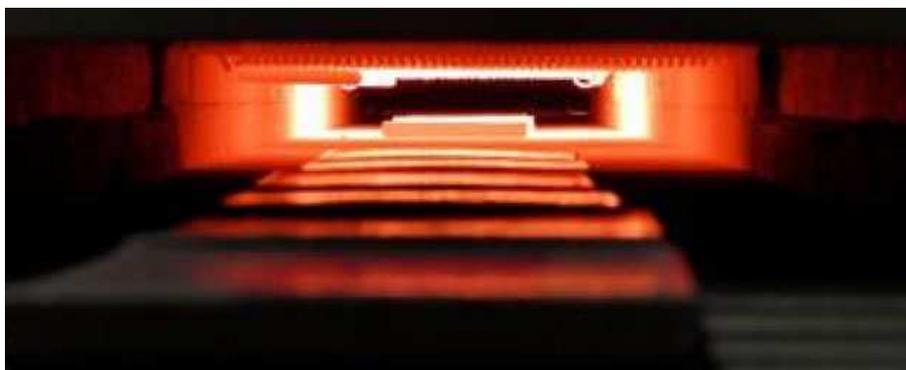
La pieza de revestimiento cerámico o **evaporador** es la base del sistema, se trata de una pieza de arcilla de alta porosidad que le permita realizar la evaporación del agua almacenada en el interior de la pieza. Para poder almacenar agua en su interior, a la pieza obtenida por extrusión se le añaden 2 tapas laterales (figura 6.3): una de ellas será ciega y la otra irá provista de un enlace de bronce para conectarlo a la red (figura 6.2).



MATERIALES

Para la fabricación del revestimiento necesitaremos arcilla especial, con una porosidad mínima del 6%, dentro de la familia de las **terracotas**.

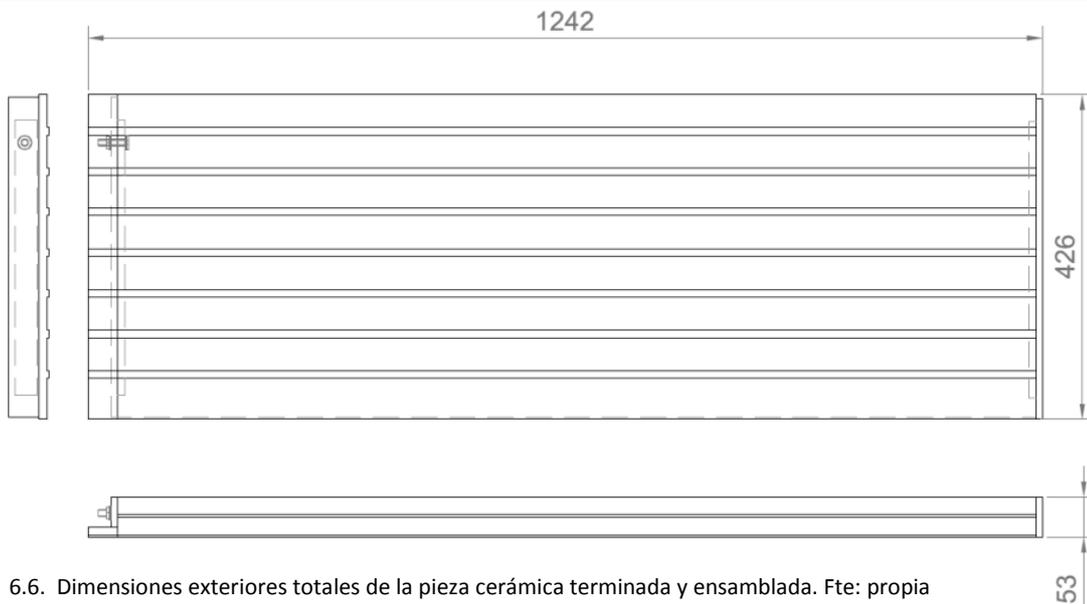
Por regla general, si la arcilla se cuece a temperaturas **por debajo de los 1.000 °C**, se conservan los huecos entre las partículas de la arcilla y las paredes tendrán poros microscópicos por los que podrá escapar una pequeña cantidad de agua. En el anexo II "Ensayos" se especifica el procedimiento para la caracterización de la pieza.



6.5. Horno túnel para la fabricación industrial cerámica. Fuente: ingenieros.es

DIMENSIONES

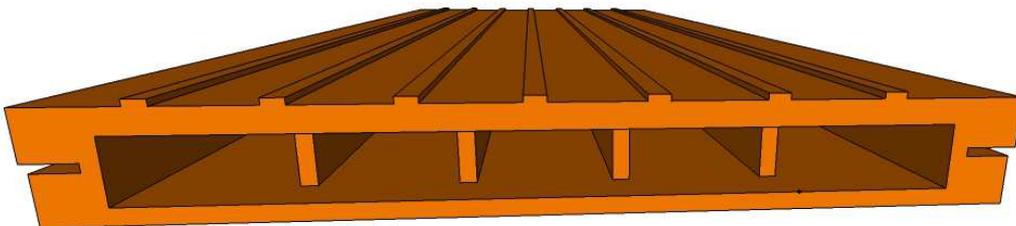
El elemento ensamblado tendrá unas dimensiones exteriores de **1242 mm de longitud**, **426 mm de alto** y **53 mm de espesor** incluyendo el estriado longitudinal. Se prevén 8 mm de junta horizontal y 14 mm de junta vertical entre las piezas, de manera que se puedan modular a 1250 de largo por 440 mm de alto.



CARACTERÍSTICAS GENERALES

La superficie exterior de la pieza presentará un estriado longitudinal mediante greclas de 10 mm cada 43 mm, de modo que el perímetro desarrollado tenga más superficie de evaporación y unos alveolos interiores que permitan la circulación de agua en su interior, así como para aumentar la seguridad frente a impactos o tensiones que se puedan originar en la pieza.

Para conseguir esta circulación de agua, se practicará un mecanizado en la testa de la pieza, eliminando las costillas interiores o alveolos una profundidad de 2 cm aproximadamente (figura 6.7). La pieza principal lleva una ranura longitudinal superior e inferior para su instalación sobre las grapas del sistema de anclaje.



6.7. Mecanizado en las testas de la pieza principal para el acople de las tapas laterales

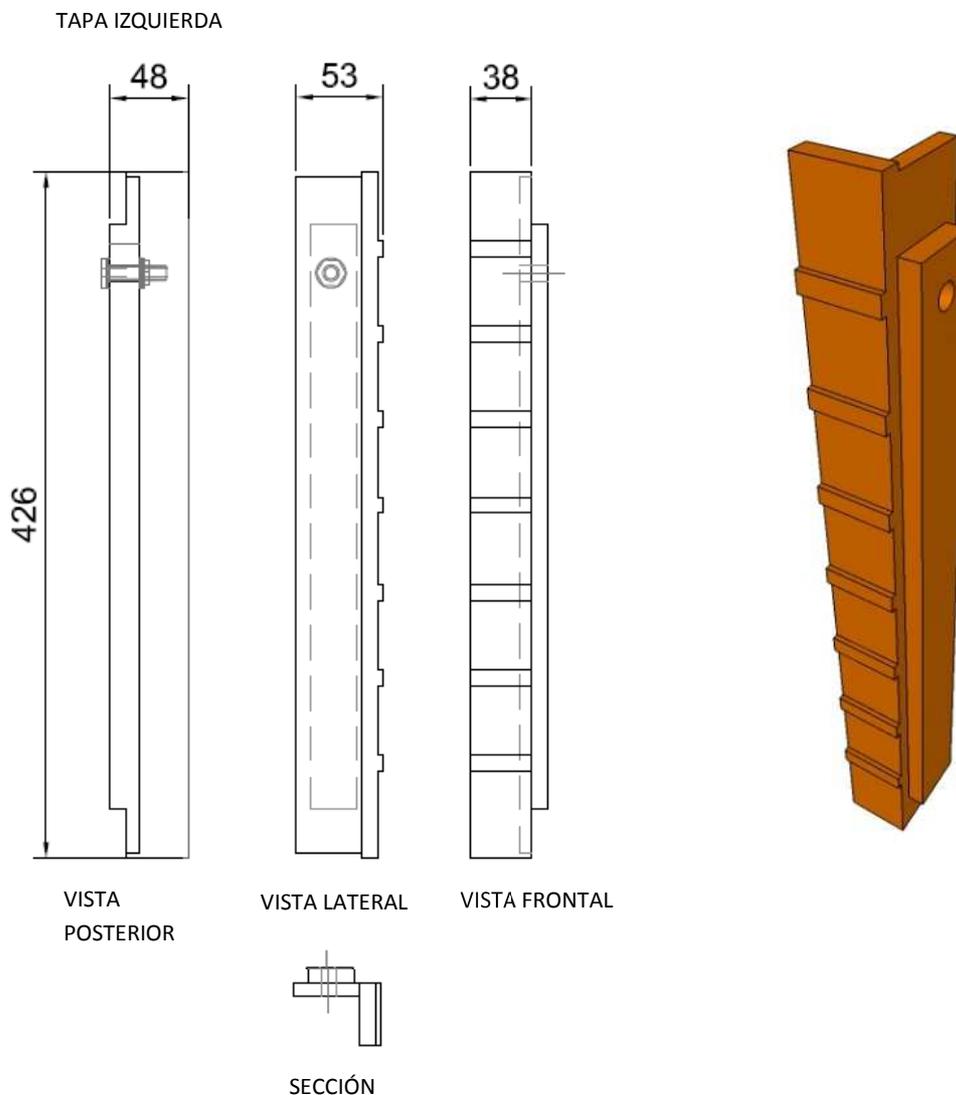
LAS TAPAS LATERALES

→ VER PLANO 1.2 y 1.3

Las tapas laterales son las piezas cerámicas que hacen la **función de confinado** del elemento. Se fabricarán mediante el proceso de prensado.

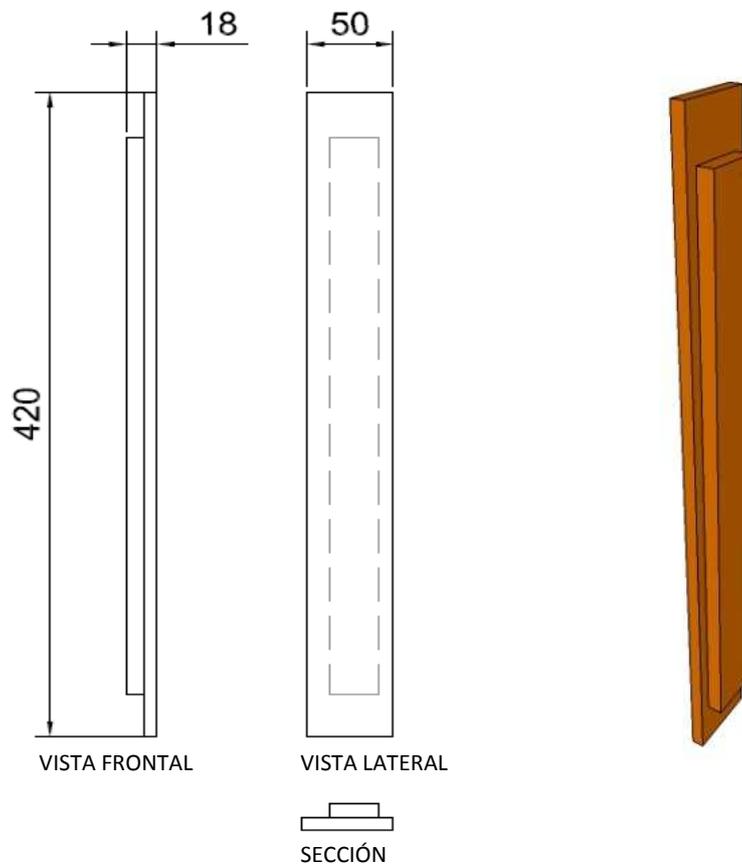
La tapa izquierda (figura 6.8), irá provista de un enlace estanco de bronce con rosca macho de 3/8", para conectarlo a la red de abastecimiento mediante un enlace flexible. La tapa derecha será un elemento de cierre estanco y no se prevé la mecanización de piezas, pudiendo incorporarse un elemento automático de purgado del aire interior. Antes de realizar las uniones se debe rectificar la pieza principal obtenida por extrusión con disco de diamante refrigerado por agua para corregir las imperfecciones de la sección transversal y recibir las tapas laterales para su sellado.

DIMENSIONES



6.8. Dimensiones de la tapa lateral izquierda

TAPA DERECHA



6.9. Dimensiones de la tapa lateral derecha

La longitud de la pieza principal rectificada y preparada para su ensamblaje será de 1190 mm. Las uniones se ejecutarán con masilla de poliuretano (figura 7.9) de color terracota como SIKAFLEX 11FC de la casa SIKA, o similar que ofrezca garantías de estanqueidad para la unión de piezas cerámicas de alta absorción en inmersión permanente de agua.



6.10. El ensamblaje, sellado y pruebas hidráulicas se realizan en fábrica, entregando el elemento acabado.

6.3 EL SISTEMA DE ANCLAJE

Para el diseño del sistema de anclaje de fachada ventilada bautizado con el nombre de **AQUA**, se ha partido del sistema **CEX 90º** del fabricante **SB FIJACIONES** (Imagen 6.11), pero con modificaciones sustanciales pensando en los condicionantes fundamentales del sistema:

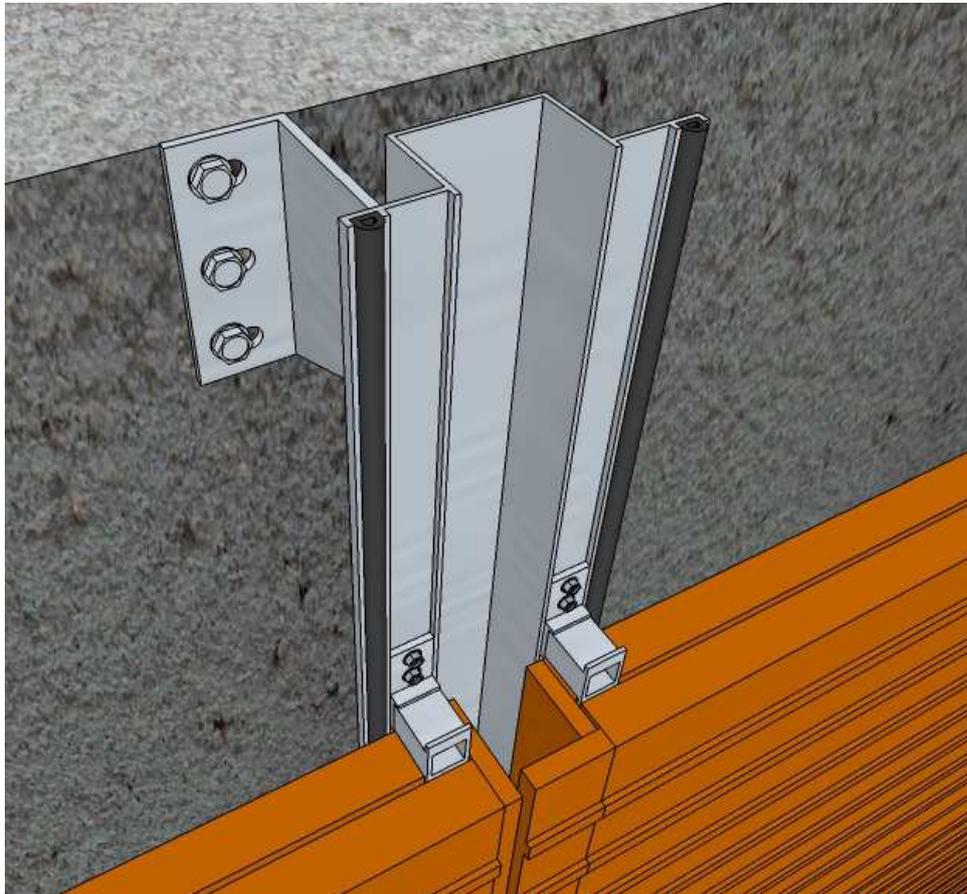
- Facilidad de montaje
- Facilidad de ajuste.
- Posibilidad de desmontaje.
- Resistente a cargas elevadas
- Resistente a la corrosión y acciones
- Capacidad para albergar la instalación de abastecimiento de agua.



6.11. Imagen del sistema CEX 90 de SB FIJACIONES. Fuente: SB FIJACIONES

EL SISTEMA “AQUA”

El sistema diseñado es un kit de estructura metálica autoportante para fachadas ventiladas diseñados para **soportar revestimientos pesados** (70 kgs/m² aproximadamente) y con la **ventaja de poder desmontarse** mediante manipulación de la grapa. Está compuesto por ménsulas, perfiles verticales y grapas.



6.12. Imagen del Sistema AQUA diseñado para soportar el revestimiento. Fte: propia

El perfil vertical tiene adheridas gomas de EPDM a cada lado de la ranura de sujeción para mantenerla estable y evitar que la pieza baile y produzca ruidos o vibraciones con ráfagas de viento. Por el interior del perfil discurrirá la instalación hidráulica que abastece de agua a las piezas de revestimiento. Para ello se ha previsto en el lado opuesto del anclaje de la ménsula una serie de troquelados cada metro para embridar los distribuidores verticales de la instalación.

MATERIALES

Los materiales de fabricación de los componentes del sistema de fachada será acero especial para tratamiento térmico SAE J403 1022 para tornillería; y aluminio **AA 6061 T6** para el perfil vertical, las grapas y las ménsulas

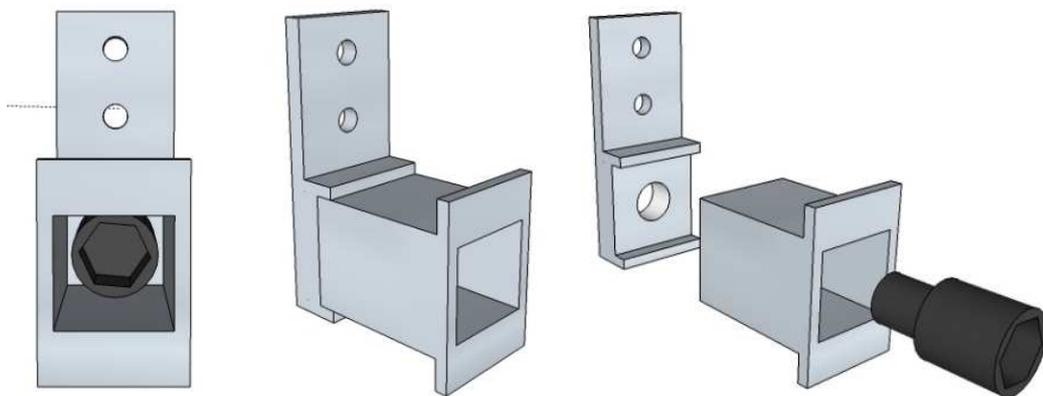
6.3.1 LA GRAPAS DE SUJECIÓN

→ VER PLANO 2

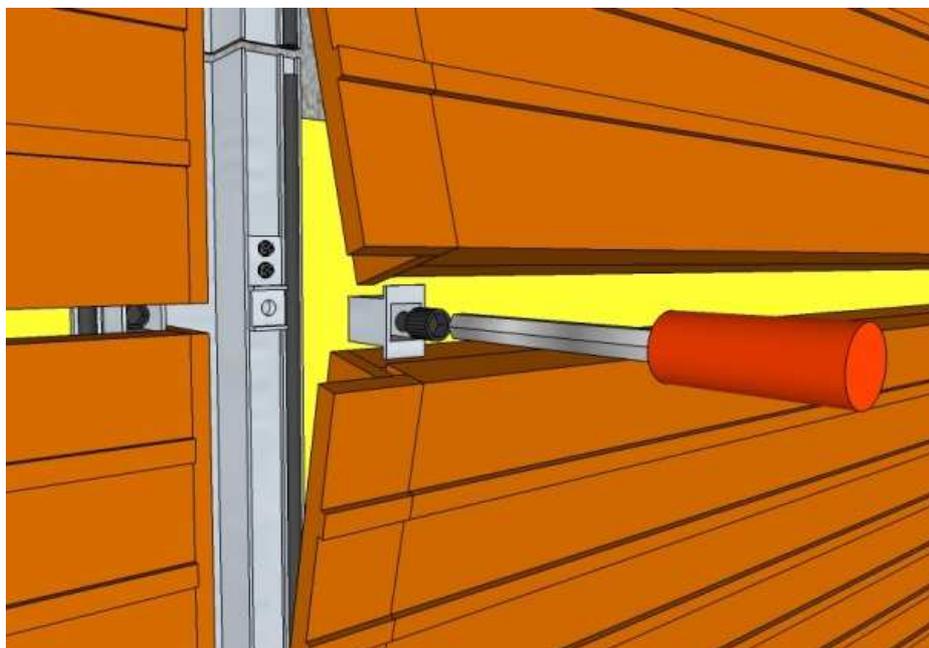
DESCRIPCIÓN

El sistema es de **fijación oculta** ya que no sobresale al plano exterior ningún elemento de anclaje, las ranuras longitudinales superior e inferior de las piezas cerámicas servirán para alojar las pestañas de la grapa y permitir su correcta sujeción.

Los elementos de anclaje entre el revestimiento y el perfil vertical, o “grapa”, están formados por dos componentes: **la placa y el casquillo**, éstos están ensamblados en fábrica mediante un tornillo de métrica 8 de alta resistencia con cabeza tipo *allen*. En caso de ser necesaria una intervención durante la vida útil de la fachada por algún problema en el revestimiento cerámico, se separarán los casquillos de las grapas (Figura 6.13) en la junta horizontal inferior de la pieza que se desee sustituir.



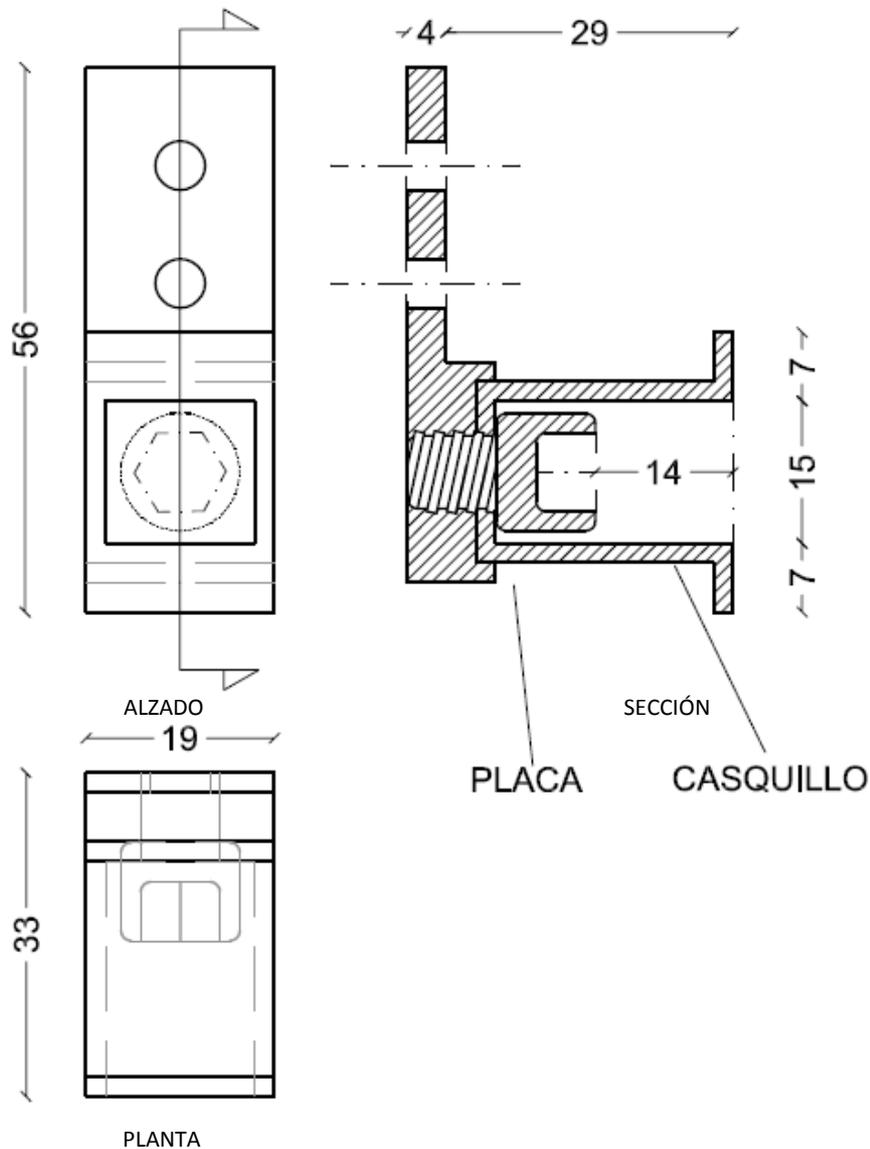
6.13. Imágenes de la grapa de sujeción del revestimiento y su despiece.



6.14. Las grapas de sujeción se han diseñado para que una intervención sea un proceso sencillo.

MATERIALES

Las grapas están fabricadas con **aluminio AA6061 T6**, el tornillo de unión entre placa y casquillo serán de acero alta resistencia de métrica 8. El espesor del casquillo será de 2 mm.

DIMENSIONES

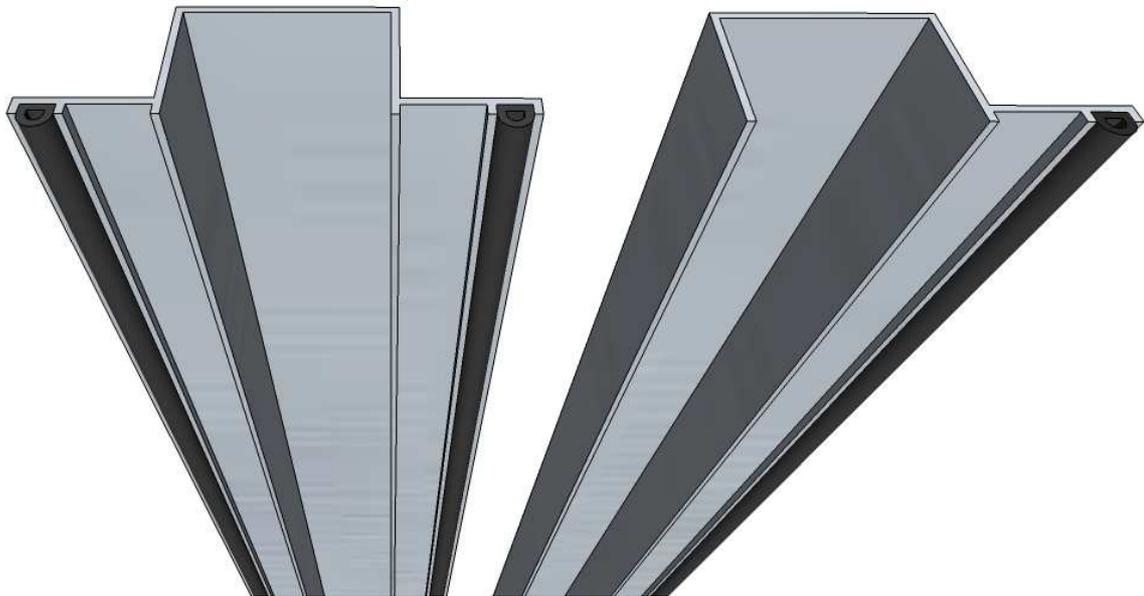
6.15. Planos de forma y dimensiones de la grapa de sujeción del revestimiento

6.3.2 EL PERFIL VERTICAL.

→ VER PLANO 3

DESCRIPCIÓN

El perfil vertical de la subestructura de fachada ventilada está construido **de aluminio AA6061 T6**. La sección adoptada responde a la necesidad de dotar al entramado suficiente rigidez y estabilidad para las piezas cerámicas, además podrá alojar las conducciones de la instalación de abastecimiento de agua por el canal interior. El perfil llevará incorporado a cada lado de la ranura de las grapas una junta longitudinal de EPDM para mejorar la estabilidad y sujeción de la cerámica, así como para evitar vibraciones y ruidos ocasionados por el viento.



6.16. Imagen de la perfilera vertical de que se compone el sistema AQUA

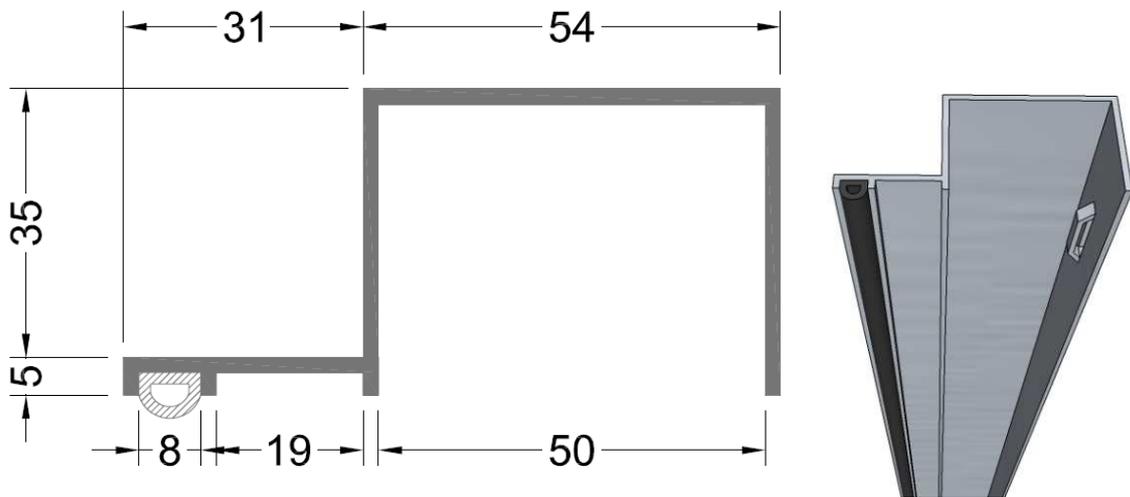
El perfil tendrá un espesor constante de 2 mm de chapa de aluminio que asegure la resistencia de los componentes atornillados a él. Se ha previsto un troquelado cada 500 mm en un lateral para el embridado de la instalación de abastecimiento de agua.

Hay dos tipos de perfil vertical:

- **SIMPLE GRAPA:** El perfil de simple grapa lo colocaremos en los bordes con huecos del edificio como ventanas, o en cambios del plano vertical como en esquinas o rincones.
- **DOBLE GRAPA:** los perfiles de doble grapa son los que se utilizan en el resto de la fachada, donde el revestimiento es continuo.

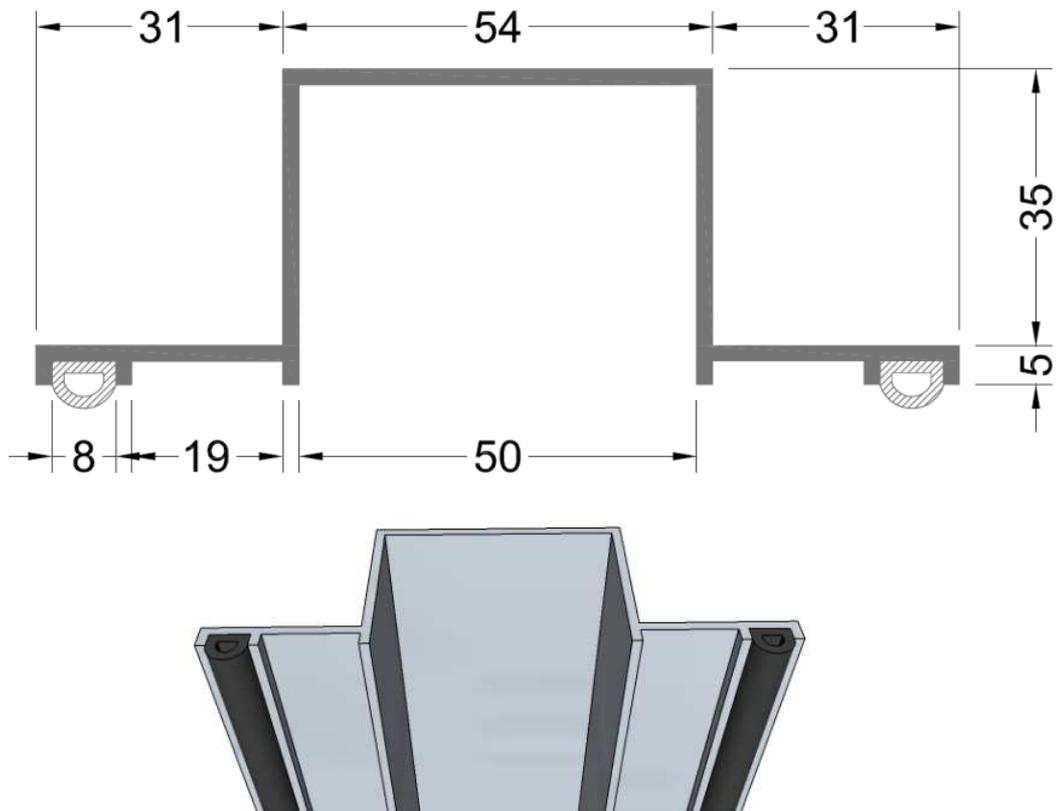
DIMENSIONES

• PERFIL DE SIMPLE GRAPA



6.17. Sección y dimensiones del perfil de simple grapa

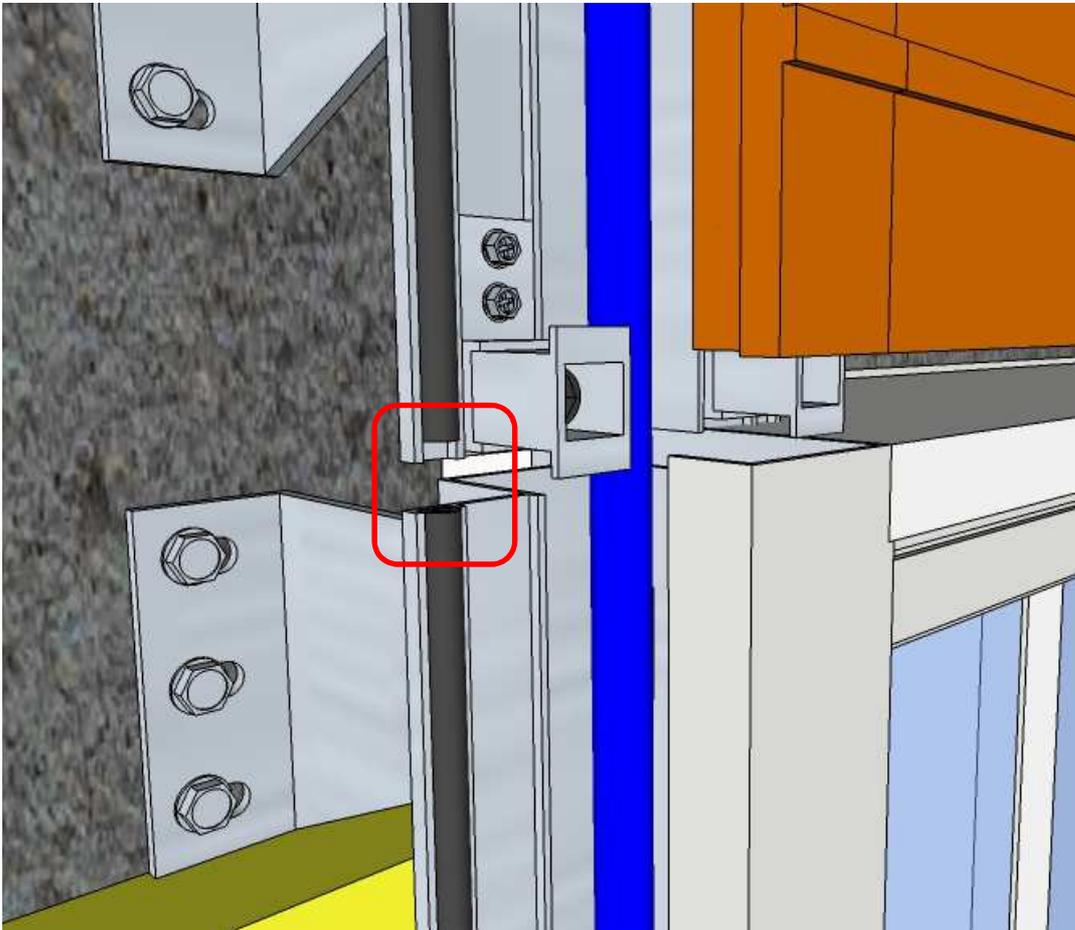
• PERFIL DE DOBLE GRAPA



6.18. Sección y dimensiones del perfil de doble grapa

CARACTERÍSTICAS

Los perfiles estarán cortados a una longitud de 3 metros, siendo conveniente adaptarlos a la altura entre forjados del edificio. La separación vertical que deberán mantener los perfiles contiguos no será menor a 5 mm para que no se produzcan tensiones de origen térmico entre los perfiles.



6.19. Imagen de detalle de separación vertical entre perfiles. No será menor a 5 mm

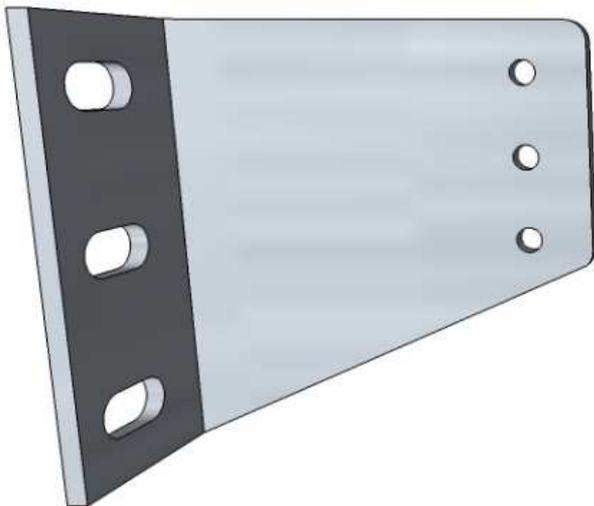
Las diferencias de verticalidad generadas por el muro soporte y el enfocado de mortero se pueden corregir durante la ejecución comprobando el plomo vertical y atornillando el perfil a la ménsula según éste. Se prevé con este sistema la corrección de defectos de planeidad de la fachada hasta 20 mm.

6.3.3 LAS MÉNSULAS

→ VFR PLANO 4

DESCRIPCIÓN

Las ménsulas son elementos metálicos que unen la fachada ventilada con el edificio. La ménsula es totalmente reversible y se puede atornillar en cualquier lado del perfil vertical. La separación vertical entre ménsulas será como **máximo de 1 metro**, disponiendo siempre ménsulas en los extremos de cada perfil instalado en la fachada.



6.20. Imagen de la ménsula. Fte: propia



6.21. Tornillo para el perfil. Fte: index.com



6.22. Tornillo de anclaje al muro de fábrica . fte: index.com

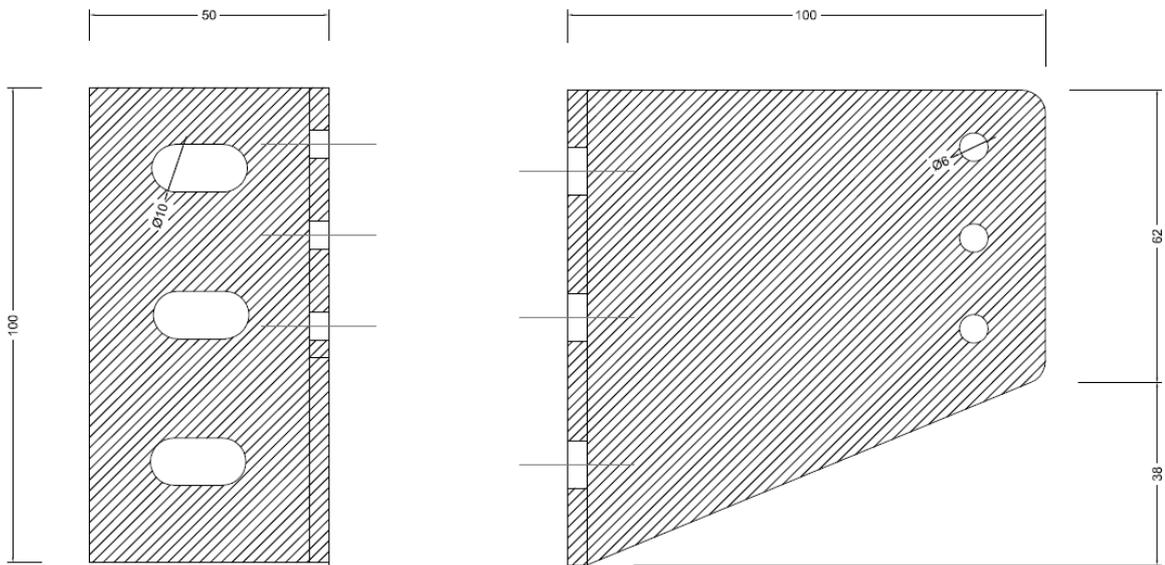
Las ménsulas se fijarán al soporte resistente mediante 3 tacos de nylon de 10 mm de diámetro y 80 mm de longitud con tornillo de cabeza hexagonal de 7x85mm, pensado para el soporte de la fachada sobre un muro de ladrillo perforado.

Las uniones con el perfil vertical se realizarán con tornillos autotaladrantes de cabeza hexagonal de 5,5x19 mm con arandela estampada de EPDM.

MATERIALES

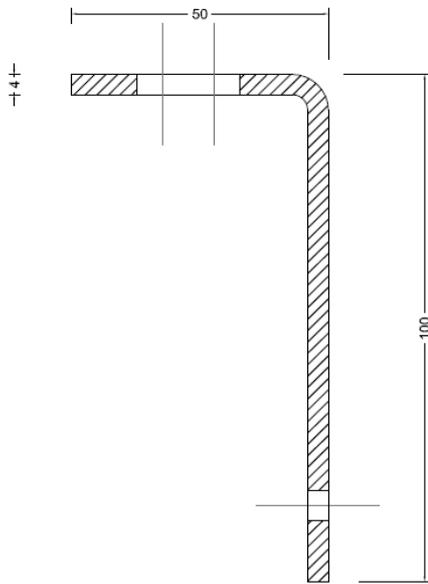
Las ménsulas están fabricadas con chapa de **de aluminio AA6061 T6 de 4 mm** de espesor, con perforaciones previstas para el anclaje del muro y para el perfil vertical.

DIMENSIONES



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

6.23 Sección y dimensiones de la ménsula de fijación.

6.3.4 LA TORNILLERÍA

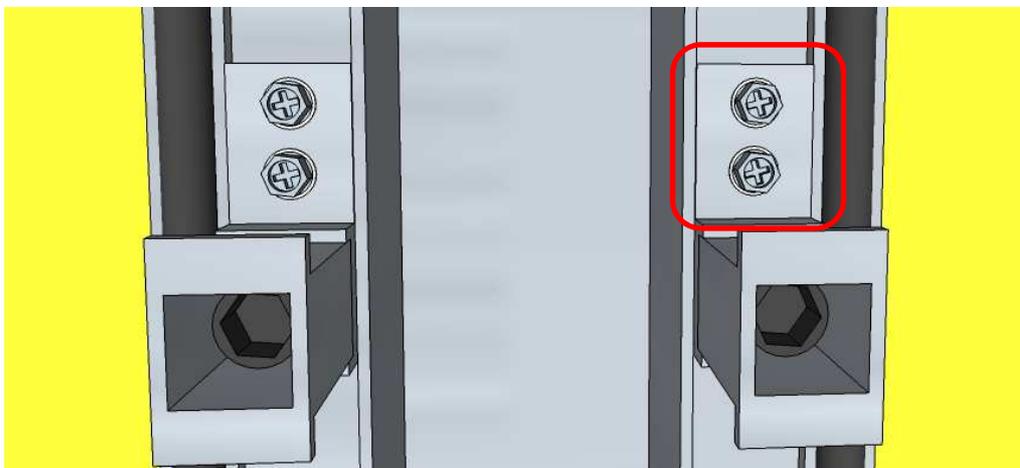
DESCRIPCIÓN

Los elementos de unión empleados en el sistema de fachada AQUA utiliza tornillería y fijaciones de la firma **INDEX Fixing Systems**, que tiene homologados una amplia variedad de anclajes para sistemas de fachada ventilada mediante subestructura metálica, pero pueden servir otros fabricantes con homologación. Los sistemas de fijación ofrecen multitud de posibilidades en función de los materiales donde deseamos anclar la fachada.



6.24. Imagen de las fijaciones de la ménsula al muro soporte y al perfil.

En este resumen se exponen los anclajes más utilizados, que disponen de ensayos o evaluaciones técnicas europeas que permiten realizar fijaciones rápidas y seguras. La importancia y responsabilidad que conlleva la selección del sistema adecuado hacen imprescindible un estudio técnico para garantizar la seguridad de uso vida de servicio del sistema de fachada.



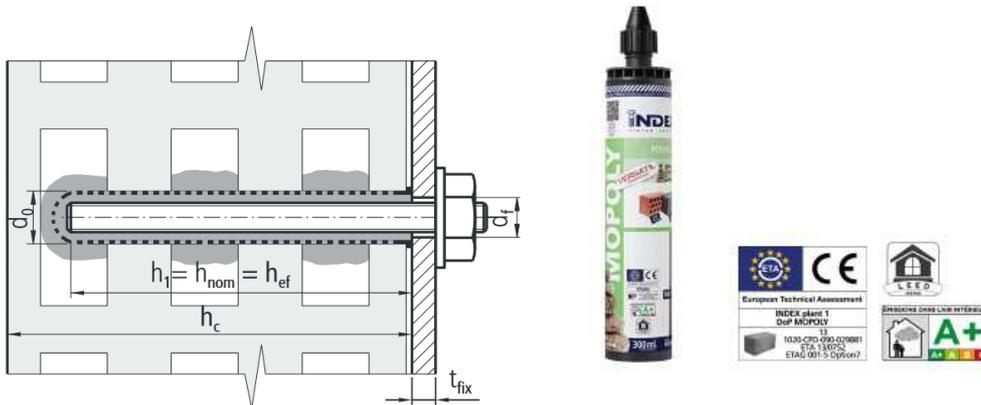
6.25. Fijación de las grapas al perfil vertical con 2 tornillos autotaladrantes de 5'5x19mm. Fte: propia

OPCIONES DE ANCLAJE DE LAS MÉNSULAS

- **TACO QUÍMICO** a base de resina poliéster con o sin estireno, válido para fijaciones sobre hormigón para varilla roscada de acero inoxidable de 8 ó 10 mm, aplicado con pistola, válido para hormigón y ladrillo hueco.

MEDIDA		M8	M10
Tamiz de plástico	ls	85	85
	do	15	15
Volumen de mortero por tamiz	[ml]	15	15
h_1 : profundidad taladro \geq	[mm]	90	90
h_{nom} : prof. instalación tamiz	[mm]	85	85
h_{ef} : prof. del espárrago \geq	[mm]	80	80
t_{in} : espesor material a fijar \leq	[mm]	22	25
h_c : espesor material base \geq	[mm]	110	110
d_c : diámetro en chapa \leq	[mm]	9	12
T_{ins} : par de apriete \leq	[Nm]	2	2
Cepillo circular			$\varnothing 20$
Código espárrago		MOES08110	MOES10115
Código tamiz		MOTN15085	MOTN15085

6.26. Cuadro de características dimensionales del taco químico sobre hormigón. Fte: index.com



- **TACO DE NYLON** con cabeza hexagonal modelo T-NUX E A4 de acero inoxidable, para fijaciones sobre hormigón, ladrillo perforado, bloque de termoarcilla y ladrillo hueco, de 10 x 80 mm, con tornillo de 7x85 mm.

Material	Descripción	Figura	Resistencia característica	$\varnothing 8$		$\varnothing 10$		Coeficiente seguridad
				Zn	Inox	Zn	Inox	
Hormigón	Resistencia ≥ 16 N/mm ²		Tracción N_{tk}	3,5		4,5		1,8
			Cortadura V_{tk}	5,6	7,9	7,7	10,8	
Ladrillo macizo	Tipo "A"		Tracción N_{tk}	3,0		2,0		2,5
			Cortadura V_{tk}					
Ladrillo macizo	Tipo "B"		Tracción N_{tk}	4,0		5,0		2,5
			Cortadura V_{tk}					
Ladrillo macizo	Tipo "E"		Tracción N_{tk}	---		0,3		2,5
			Cortadura V_{tk}					
Ladrillo hueco	Tipo "C"		Tracción N_{tk}	---		0,3		2,5
			Cortadura V_{tk}					
Ladrillo hueco	Tipo "D"		Tracción N_{tk}	0,3		---		2,5
			Cortadura V_{tk}					

6.27. Cuadro de características dimensionales del taco de Nylon sobre ladrillo. Fte: index.com

6.4 LA INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

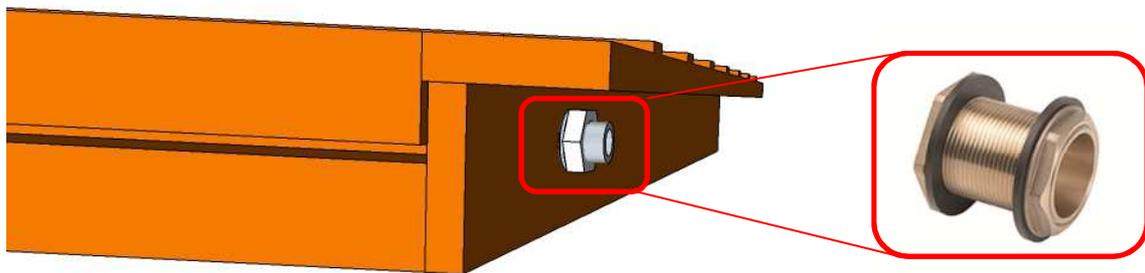
→ VER PLANO 5 Y 6

DESCRIPCIÓN

Para el correcto funcionamiento del sistema de “fachada botijo” y se garantice un efecto enfriamiento en la cámara de aire ventilada, es necesario que las paredes del revestimiento cerámico estén saturadas de agua para que se produzca la evapotranspiración.

Para ello se ha diseñado un sistema de conducciones y válvulas de servicio y regulación que abastecen de forma continua a los evaporadores con presiones comprendidas alrededor de **0'5 bar**.

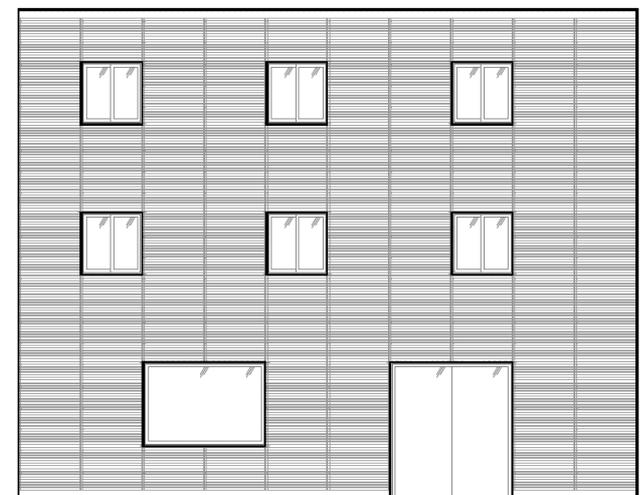
Cada evaporador estará dotado de un enlace roscado de bronce con juntas de EPDM en cada cara que aseguren la estanqueidad del elemento (figura 6.28). A este enlace se le conectará un latiguillo flexible de acero cromado con rosca hembra de 3/8”.



6.28. El llenado de la pieza se hará con un enlace de bronce instalado en la tapa izquierda. Fte: propia

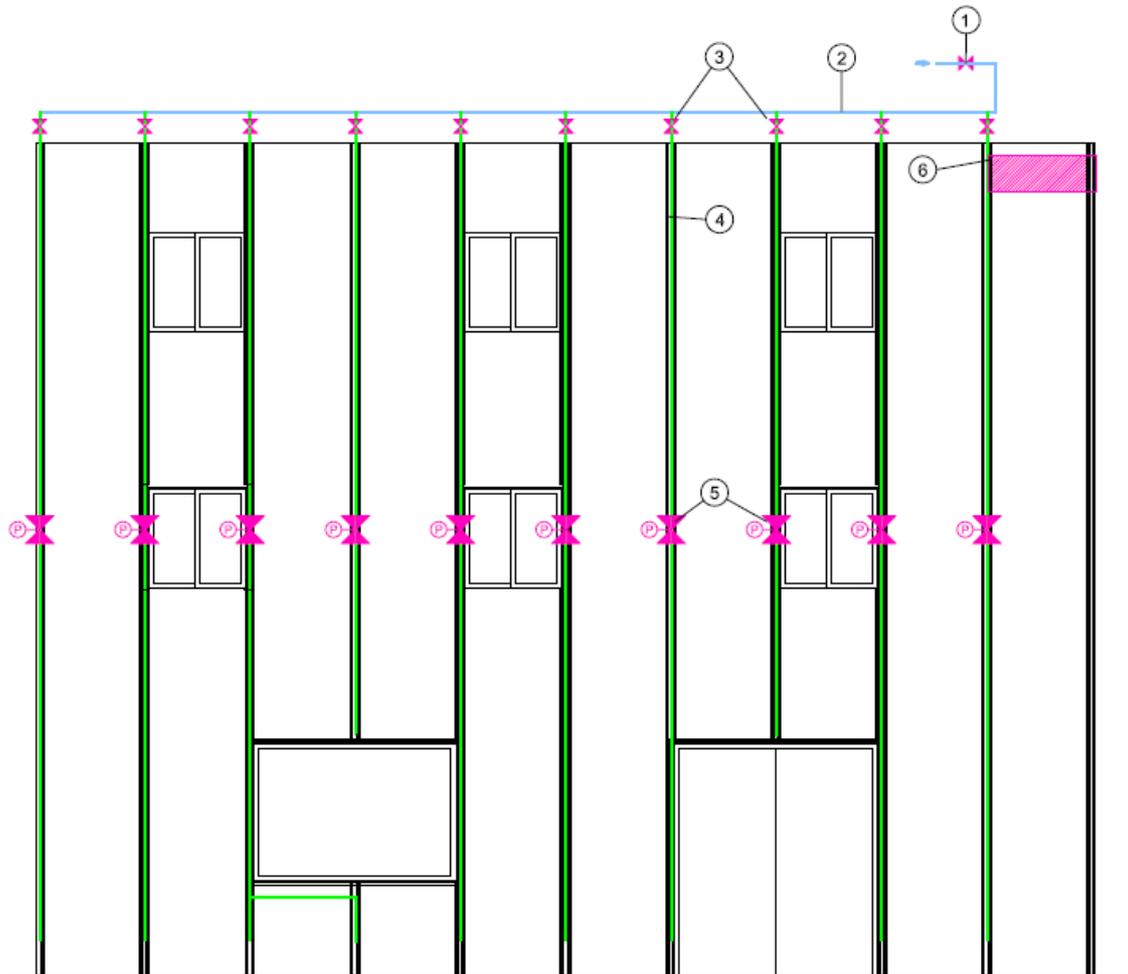
La instalación parte de un punto de consumo de agua potable previsto en la cubierta del edificio. A ese punto le instalaremos una válvula de compuerta para seccionar toda la instalación y una serie de válvulas y elementos.

Para aclarar el funcionamiento del sistema hidráulico y su proceso de diseño, veremos todos los componentes de la instalación tipo para un edificio de 10 metros de altura.



6.29. Imagen de ejemplo de fachada de edificio. Fte: propia

El momento de realizar la instalación de abastecimiento es con la perfilera vertical instalada y el aislamiento térmico colocado sobre el muro soporte.



LEYENDA

- ① Válvula de llenado automático
- ② Tubo de alimentación
- ③ Válvula de corte distribuidor
- ④ Distribuidor
- ⑤ Válvula reductora de presión
- ⑥ Enlace flexible al evaporador

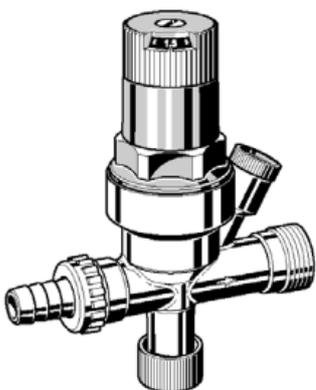
6.30. Esquema de las partes básicas de la instalación. Fte: propia

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES

6.4.1 VÁLVULA DE LLENADO AUTOMÁTICO.

La válvula de llenado automático (figura 6.31) debe combinarse con un filtro desmontable para evitar la entrada de sólidos en el sistema (figura 7.33), una válvula de retención para evitar el retorno de agua a la instalación del edificio y una válvula de compuerta (figura 7.32) para el corte del suministro de agua.

El suministro de la instalación debe ser **agua descalcificada** para que no afecte al aspecto del revestimiento, como manchas o eflorescencias. El descalcificador tendrá las dimensiones y características oportunas según la superficie de paño ciego de fachada ventilada.



6.31. Válvula de llenado



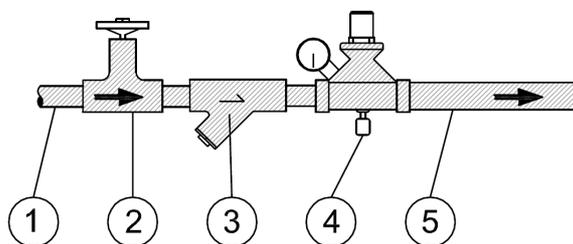
6.32. Válvula de compuerta



6.33. Filtro tipo Y

La válvula de llenado automático debe permitir la regulación de la presión hacia el tubo de alimentación de 0,5 bar. La firma **HONEYWELL** fabrica el modelo **VF06** que se adapta a las exigencias de presión y caudal, pero además reúne en un mismo cuerpo la función de retención de agua, el corte de suministro y la regulación de la presión mediante un volante giratorio.

Entre la alimentación y la válvula de llenado instalaremos una válvula manual de tipo compuerta y un filtro desmontable tipo Y, instalados según el siguiente esquema (figura 7.33), para facilitar las operaciones de mantenimiento del sistema.



- ① Entrada de agua potable
- ② Válvula general de compuerta
- ③ Filtro tipo Y
- ④ Válvula de llenado automático
- ⑤ Tubo de alimentación

6.34. Esquema de montaje de la instalación

6.4.2 EL TUBO DE ALIMENTACIÓN

El tubo de alimentación es la conducción horizontal que alimenta a las columnas de distribuidores. Estará ejecutada con materiales y accesorios homologados que resistan las acciones y agentes atmosféricos, pero con una presión de trabajo máxima de 1 bar. El material idóneo podría ser el **PVC serie B** con uniones encoladas (Figura 7.34), el mismo que se utiliza para instalaciones de piscinas, o bien el **Polipropileno (PPR)** con uniones realizadas por termofusión (figura 7.35). Estará debidamente calorifugado con espuma de polietileno de célula cerrada o similar que eviten el sobrecalentamiento del agua en el interior de las conducciones.



6.35. Tubería y accesorios de PVC para instalaciones con uniones encoladas. Fuente: grupocamara.es



6.36. Tubería y accesorios de PPR para instalaciones con uniones soldadas por termofusión. Fuente: lecons.com

El diámetro variará en función de la superficie de paño ciego de fachada proyectada. Como veremos más adelante en el capítulo de ensayos y cálculos, es necesario la realización de prototipos para averiguar el dato de consumo; se presupone que no será muy elevado si vemos el experimento del botijo (ver apartado 6.6.), pero al tratarse de geometría y características hidráulicas diferentes instalado en grandes superficies de fachada, podrían generarse consumos moderados en los días más calurosos del verano.

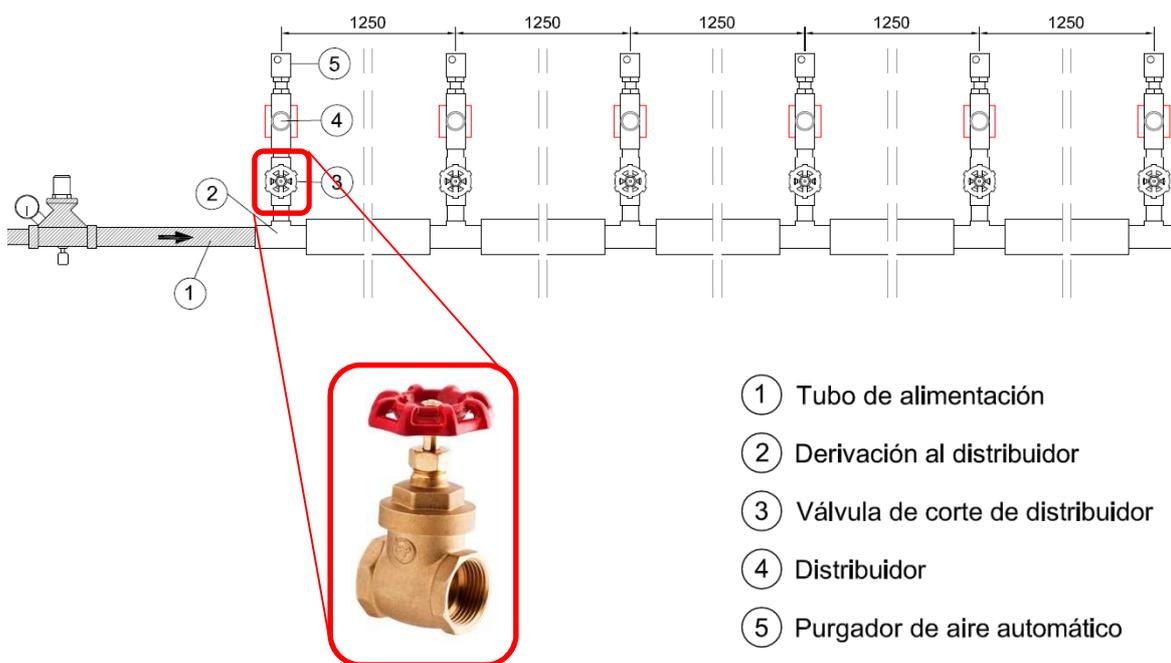
6.4.3 VÁLVULA DE CORTE DE DISTRIBUIDOR

En el enlace entre la tubería de alimentación y los distintos distribuidores se instalará una válvula de servicio individual, con dos funciones:

- 1) **Regulación** de caudal de agua que discurre por la columna de evaporadores que sirve el distribuidor.
- 2) **Corte** de suministro de agua en caso de avería o mantenimiento del sistema.

La válvula será de tipo compuerta para permitir la regulación del caudal que pasa por el distribuidor.

El detalle adjunto (figura 7.36) muestra la instalación general de abastecimiento de agua, la instalación debe discurrir horizontal por el antepecho de cubierta o en otro lugar con las mismas características, que sea accesible para poder efectuar tareas de mantenimiento o regulación de las válvulas. Cada distribuidor tendrá su llave de servicio y regulación

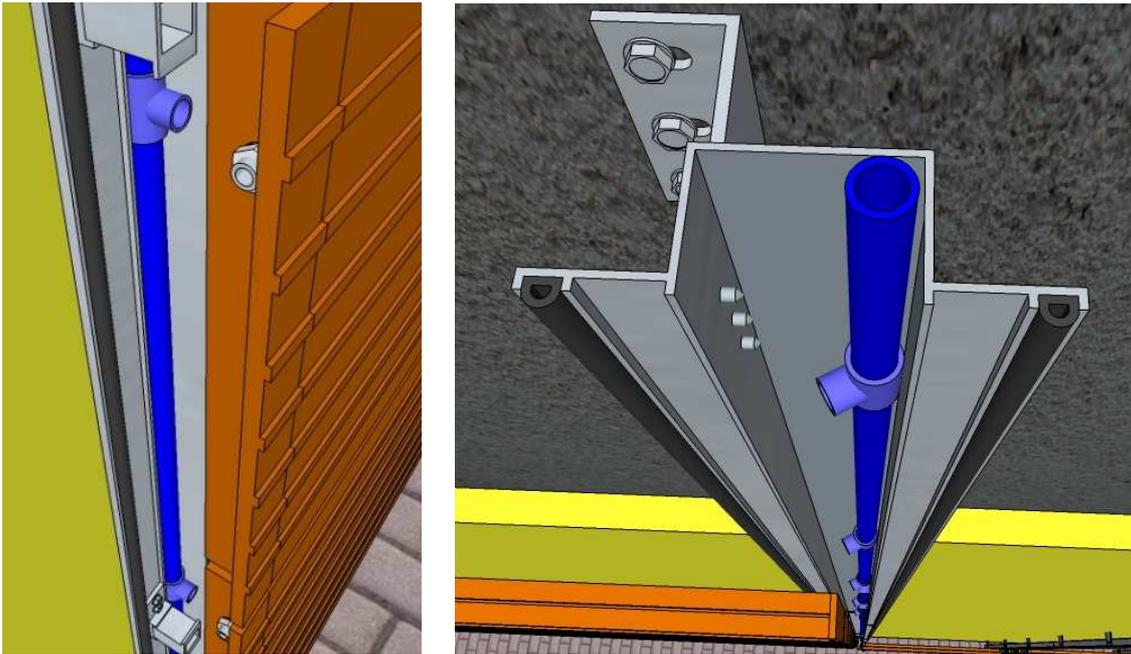


6.37. Esquema de instalación del tubo de alimentación con sus accesorios de regulación y control. Fte: propia

6.4.4 DISTRIBUIDOR

Los distribuidores son las conducciones verticales que nacen de la tubería de alimentación y alimentan a los evaporadores en una misma columna. Las conducciones discurrirán por el interior del perfil vertical, al lado opuesto de las fijaciones del perfil con la ménsula.

La derivación llevará en serie unas derivaciones cada 440 mm de altura para poder conectar los enlaces flexibles a los evaporadores, estas derivaciones se ejecutarán mediante “tes” con salida de ½” hembra.



6.38. Cada distribuidor alimenta a la columna de evaporadores, con su accesorio de derivación.

RECOMENDACIONES

- Los distribuidores estarán sujetos mediante abrazaderas o bridas en unas perforaciones mecanizadas para tal fin en el perfil vertical.
- Para conectar el distribuidor con el evaporador se utilizará una derivación mixta con rosca hembra metálica de 3/8”, girada 45º para facilitar el montaje y ajuste del evaporador.
- La derivación al evaporador se situará 5 cm por encima que el enlace de bronce para facilitar las labores de mantenimiento o desmontaje del revestimiento.
- Utilizar T mixta con salida central hembra de ½” como máximo.

6.4.5 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

La válvula reguladora o reductora de presión se instalará en serie a lo largo de los distribuidores para que los evaporadores no tengan una presión excesiva. La presión de diseño para los evaporadores es de 1 bar, para ello deberemos instalar una válvula reductora de presión cada 5 metros de tubería vertical.

La presión máxima de salida de la válvula será de **0,5 bar**, deberá estar equipada con un sistema de compensación, que es una pequeña recámara en la parte baja de la válvula que compense la variación entre las presiones de entrada y salida de presión. El material será de latón con juntas de NBR. Las válvulas deberán poderse instalar en posición vertical y se instalará una válvula de corte aguas arriba para seccionar la instalación, del tipo esfera.



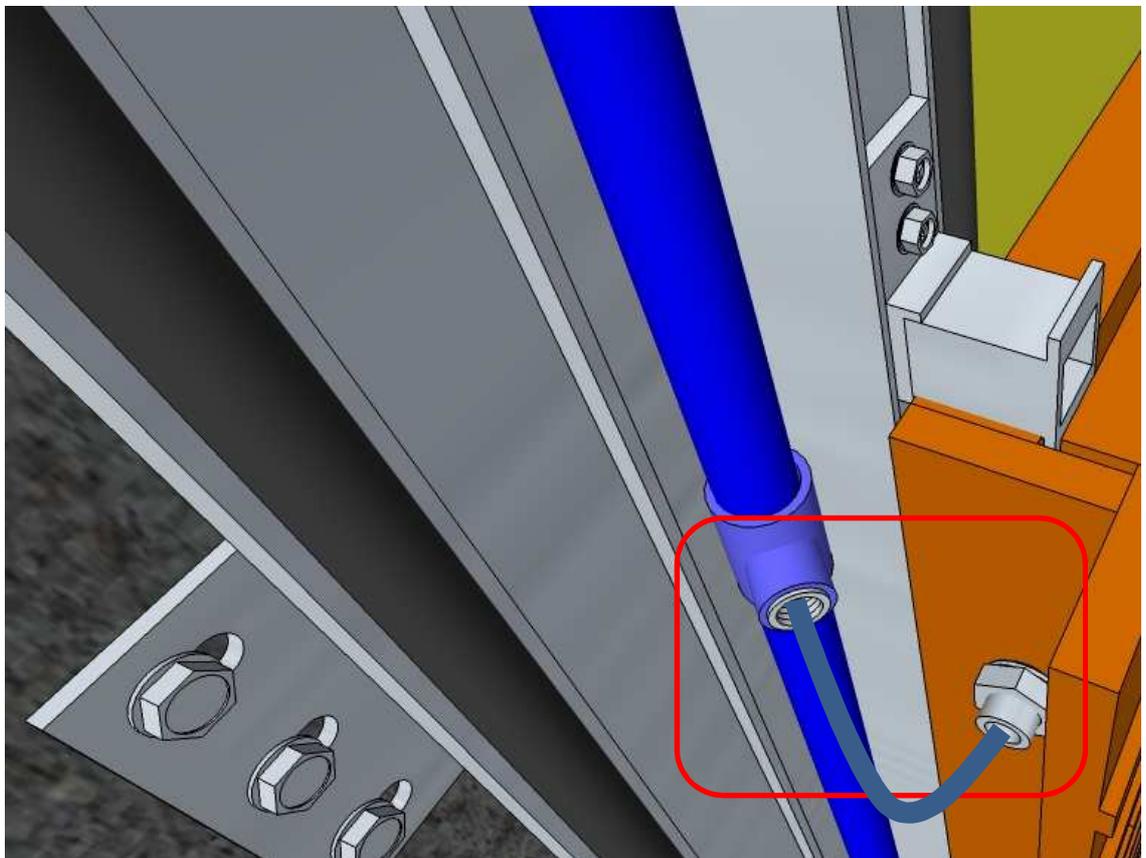
6.39. Válvula reductora de presión HONEYWELL

6.4.6 ENLACE FLEXIBLE AL EVAPORADOR

El enlace entre la derivación del distribuidor y el evaporador se realizará mediante un latiguillo flexible de acero inoxidable con casquillos móviles de 3/8", con juntas de NBR, de 30 cm de largo para permitir el ajuste.



6.40. Latiguillo flexible de enlace



6.41. La alimentación hidráulica a los evaporadores se hará 5 cm por encima del enlace de bronce

6.4.7 PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN

La empresa instaladora estará obligada a efectuar una prueba de resistencia mecánica y estanquidad de todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación, estando todos sus componentes vistos y accesibles para su control, antes de la colocación de las piezas cerámicas, que se probarán después del montaje.

Para iniciar la prueba se llenará de agua toda la instalación, previo montaje de tapones a los extremos de los enlaces flexibles hasta que se tenga la seguridad de que la purga ha sido completa y no queda nada de aire.

Entonces se cerrarán los grifos que han servido de purga y el de la fuente de alimentación. A continuación se empleará la bomba, que ya estará conectada y se mantendrá su funcionamiento hasta alcanzar la presión de prueba, como sigue a continuación:

1. Elevar la presión de la instalación hasta 10 bar.
2. El manómetro que se utilice en esta prueba debe apreciar como mínimo intervalos de presión de 0,1 bar.
3. Cerrar la llave de servicio de la bomba.
4. Revisar la instalación y ponerla en observación durante 1 hora.
5. Transcurrido el tiempo comprobar que la presión del manómetro marca 10 bar.
6. Aliviar la presión de la instalación hasta 1 bar.
7. Desmontar bomba de pruebas.

7 MONTAJE DEL SISTEMA PASO A PASO

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE SEGURIDAD

En esta sección se especifican las acciones básicas que se deben adoptar durante la actividad de ejecución de la hoja exterior de la fachada ventilada, con el fin de cumplir los requisitos normativos de seguridad y salud que le son de aplicación. Para ello se tienen en cuenta, entre otros, factores tales como:

1. La situación del revestimiento exterior a ejecutar con respecto a la cota de rasante.
2. La tipología de fachada ventilada a realizar.
3. La adecuada elección de los sistemas de protección colectiva a utilizar, así como sus elementos de fijación y enclavamiento a la estructura soporte.
4. La incidencia que el sistema de protección instalado en bordes de fachada durante la fase de cerramiento o estructura pueda tener sobre el proceso de ejecución del revestimiento exterior de la fachada ventilada. En este sentido, es preciso evaluar la compatibilidad y eficacia de dicho sistema para decidir sobre su sustitución o mantenimiento.
5. La utilización de andamios de fachada como elemento auxiliar ya utilizado para la realización del cerramiento y su aprovechamiento como alternativa a otros sistemas de protección colectiva.
6. La utilización de otros medios auxiliares para la ejecución del revestimiento exterior de la fachada ventilada (plataformas elevadoras móviles de personal, plataformas elevadoras sobre mástil, andamios colgantes, etc.).
7. El entorno de trabajo y las posibles interferencias con los medios auxiliares a instalar o utilizar para el montaje de la fachada ventilada.

En la tabla siguiente se muestra una lista de los equipos de trabajo más utilizados durante la ejecución de cerramientos de fachadas ventiladas

Equipos de trabajo más utilizados		
Máquinas y otros equipos	Medios auxiliares	Medios de protección
Grua torre, camión autocargante, montacargas.	Andamios: tubulares apoyados, sobre mástil, torres de trabajo móviles	Sistemas provisionales de protección de borde
Mesa de corte, ranuradora	Plataforma elevadora móvil de personal	Redes de seguridad
Atornillador, taladro, amoladora	Escalera manual Plataforma de carga y descarga de materiales Pasarela de seguridad	Equipos de protección individual contra caídas de altura

RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los riesgos específicos relacionados con la seguridad:

Riesgo / Factor de riesgo	Condición de trabajo generadora del riesgo
Caídas a distinto nivel	a. Recepción de materiales en altura : empujes de la carga durante el movimiento pendular del gancho de la grúa b. En tareas de colocación y fijación de elementos o piezas en altura
Aplastamientos o golpes por caída de cargas u otros objetos	a. Caída o desplome de elementos o piezas por falta de fijación o fijación insuficiente b. Caída de elementos en suspensión transportados con grúa.
Atrapamientos	a. Carga, descarga y acopio de elementos o piezas de gran tamaño b. Recepción y fijación de elementos o piezas en fachada
Golpes, cortes y proyección de partículas	a. Manejo de máquinas y herramientas manuales: - Corte y ajuste de perfiles metálicos - Ejecución de anclajes para fijación de ménsulas.

ACCIONES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Previamente a los trabajos de ejecución de la hoja exterior se deben realizar los siguientes controles:

- Comprobar que la hoja interior ejecutada puede entrar en carga sin sufrir deformaciones.
- Garantizar que el diseño constructivo de la hoja exterior de la fachada ventilada es el adecuado y acorde al proyecto de la obra.
- Definir el sistema de anclaje y tipología del material de acabado a emplear, cuyas características específicas han de cumplir con las normas técnicas que le son de aplicación.

En lo referente a los medios auxiliares y los equipos de elevación de cargas a utilizar para los trabajos de colocación y fijación de elementos en altura, el estudio preliminar tiene que garantizar:

- La compatibilidad de dichos equipos frente al proceso constructivo previsto.
- La adaptabilidad de los mismos al entorno de trabajo y a la alineación de la fachada objeto del revestimiento.
- El conocimiento de las superficies (características, resistencia y nivelación) sobre las que se van a apoyar o utilizar los citados equipos. En el caso de andamios tubulares apoyados, plataformas elevadoras sobre mástil, así como grúa móvil autopropulsada, u

otros equipos que requieran ser apoyados en el suelo, se debe realizar un estudio previo (cálculo de resistencia similar) que asegure la estabilidad de los mismos frente a hundimientos.

- En relación con los andamios, la realización de un plan de montaje, utilización y desmontaje.
- En el caso de interferencias con zonas de paso o afección a terceros, la definición de medidas de protección, señalización y delimitación necesarias para minimizarlas.
- El cumplimiento de los requisitos legislativos y técnicos que les son de aplicación para su instalación y utilización.

ACCIONES ORGANIZATIVAS

Debemos garantizar una correcta coordinación de actividades cuando se prevea o exista alguna simultaneidad entre los trabajos de revestimiento exterior y otras actividades, con el objeto de eliminar:

- La posibilidad de realizar trabajos en la misma vertical. Si ello no puede evitarse, se dispondrán de sistemas de retención de materiales que impidan la caída de los mismos a niveles inferiores de trabajo.
- Las interferencias entre las zonas de recepción de cargas en planta y trabajos en zonas anexas.
- El paso de cargas suspendidas sobre las zonas de trabajo.

Debemos planificar los trabajos de forma que las zonas afectadas por los trabajos de colocación y fijación de elementos y piezas queden delimitadas y acotadas adecuadamente en todo su perímetro (malla tipo “stopper” o similar, valla de contención, etc.) con el fin de evitar el acceso y paso de personal por debajo de las mismas y prever el método de trabajo más seguro, tomado como base:

- La utilización de los medios auxiliares más adecuados (andamio tubular apoyado, plataforma elevadora sobre mástil, plataforma elevadora móvil de personal, etc.) en función del tamaño de los elementos y de las piezas a instalar.
- La forma de recepcionar y fijar dichos elementos y piezas.
- La utilización de un equipo de protección individual anclada a los medios auxiliares para la fijación de los citados elementos y piezas a la fachada ventilada.

Debemos establecer un plan de circulación (interior y exterior) con el objeto de facilitar el acceso de vehículos de transporte de materiales y piezas prefabricadas. En relación con este plan de circulación, se han de considerar, entre otros aspectos:

- Las acciones a adoptar en el exterior de la parcela para facilitar dicho acceso.
- Las acciones a adoptar dentro de la parcela para el posicionamiento de los vehículos.
- La solicitud de permisos de ocupación si fuese preciso mantener los vehículos de transporte o grúas en el exterior de la parcela, así como la señalización de la propia zona que ocupen.

ACONDICIONAMIENTO Y SEÑALIZACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

En el caso de que el acceso a la zona de trabajo en altura se realice mediante escaleras de mano:

- Se recomienda evitar el uso habitual de las mismas para alturas superiores a 3,5 metros.
- No se deben emplear escaleras de mano sobre cuya resistencia no se tengan garantías y, en especial, en el caso de escaleras de más de cinco metros de longitud.
- La citada escalera tiene que sobrepasar en 1 m la altura que se necesite salvar.

Debido a la necesidad de realizar los trabajos en altura sobre medios auxiliares tales como andamios o plataformas elevadoras, los accesos se deben realizar atendiendo a las especificaciones del fabricante o suministrador. En estos casos, la seguridad de las personas ha de estar garantizada en todo momento bien por la existencia de sistemas de protección colectiva en el propio equipo de trabajo, o bien, por la utilización de sistemas de protección individual.

En aquellos accesos a zonas de trabajo en altura en los que el riesgo de caída no pueda evitarse o limitarse suficientemente por medios de protección colectiva u otras medidas organizativas, se tiene que utilizar un equipo de protección individual anticaídas o de retención.

Los trabajos se tienen que organizar de forma que se evite el trabajo sobre el paramento (hoja interior del cerramiento de fachada) hasta que no hayan transcurrido 48 horas desde la ejecución del mismo.

Las zonas de trabajo deben mantenerse limpias y ordenadas en todo momento. Asimismo, las zonas de paso deben permanecer libres de materiales o restos de éstos, señalizando aquéllas que se hayan cortado y utilizando pasos alternativos.

Tras el montaje de la subestructura portante, y previamente a la colocación del revestimiento, se compruebe que se ha efectuado correctamente y que los anclajes son resistentes. Se ha de garantizar que todas las plataformas de trabajo en altura dispongan de una superficie mínima de trabajo de 60 cm, barandillas superior e intermedia y rodapiés.

En relación con el corte de piezas cerámicas, éste se tiene que efectuar, preferentemente, por vía húmeda con el objeto de evitar una excesiva formación de polvo ambiental.

7.2 REPLANTEO

El proceso de instalación comienza por el replanteo de los elementos de anclaje al forjado y a la hoja interior. Se instalará una ménsula en el canto del forjado y ménsulas fijadas a la hoja interior cada **1000 mm**. Se comenzará el replanteo de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, poniendo especial atención a los huecos de carpinterías y otros encuentros para modular correctamente la fachada.

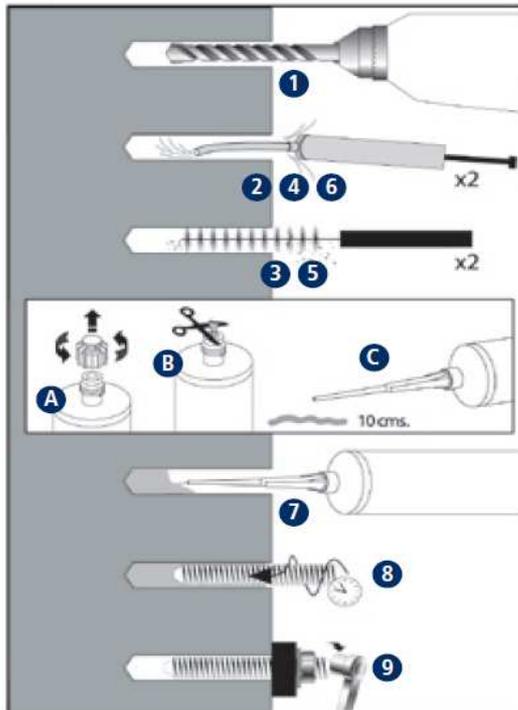
Los perfiles estarán siempre fijados por los extremos con ménsulas a una distancia a éstos no superior a 20 cm, de forma que el anclaje sea el correcto. En el caso de tramos inferiores a 3 metros en los que se disponga de los dos tipos de perfil continuos, se podrá utilizar la misma ménsula para atornillar los extremos de los perfiles, como ocurre con los encuentros con carpinterías.

La distancia horizontal entre ménsulas será de 1250 mm. Preferentemente se utilizará taco químico en la fijación a los forjados y taco de nylon en las fijaciones a la fábrica de ladrillo perforado.



7.1. Imagen de replanteo de las ménsulas sobre el enfoscado de la hoja interior de fábrica.

INSTALACIÓN DE TACO QUÍMICO EN HORMIGÓN



7.2. Montaje de taco químico sobre hormigón endurecido. Fte: hilti.es

1.- TALADRAR: a profundidad y diámetro especificadas en la tabla 6.26

2-3-4-5-6.- Limpiar el agujero de restos de polvo y fragmentos, así como eliminar el agua del interior

A-B-C.- ABRIR CARTUCHO: Roscar la cánula en el cartucho y colocar el conjunto en la pistola de aplicación. Apretar el gatillo hasta que el mortero de poliéster salga por la punta de un color gris uniforme

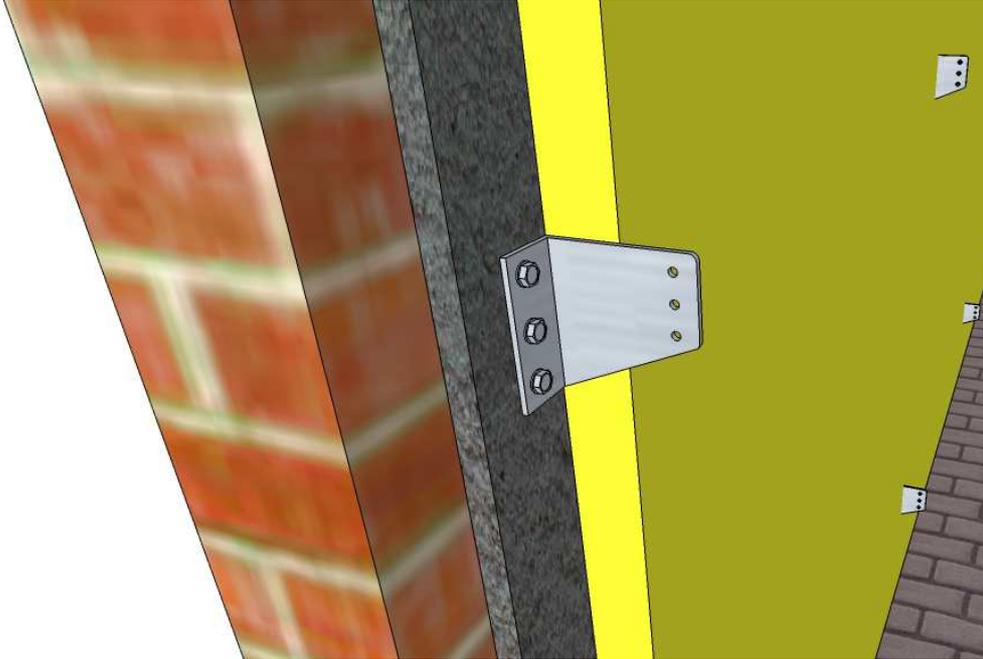
7.- APLICAR MORTERO: Insertar la cánula en el interior del taladro y aplicar el mortero, asegurándose de que no queda aire en el interior.

8.- INSTALAR: Introducir el espárrago con la mano, roscando ligeramente hasta el fondo del taladro, asegurándose de que el mortero cubre los filetes de la rosca y rebose en la boca del taladro. El tiempo de manipulación es de 4 minutos para una Tª de 20°C.

9.- APLICAR PAR DE APRIETE: Una vez transcurrido el tiempo de curado aplicar el par de apriete adecuado, el tiempo de curado para una Tª de 20°C es de 40 minutos.

7.3 COLOCACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO

Una vez instaladas las ménsulas al soporte se procederá a la colocación del aislamiento térmico no hidrófilo mediante la aplicación de poliuretano proyectado. La continuidad de la aplicación debe garantizar la ausencia total de puentes térmicos.



7.3. El aislamiento se colocará adherido a la hoja interior después del montaje de las ménsulas. Fte: propia

RECOMENDACIONES

- Espesor recomendado: **50 mm**.
- Para fachadas de más de 18 metros de altura se recomienda proyectar poliuretano Euroclase E y proteger la superficie con mortero refractario de 15 mm de espesor.
- Se debe exigir que el aplicador emplee sistemas con calidad certificada según el Reglamento de Productos de Construcción.
- Limpieza de la cara exterior de la fachada.
- Protección de huecos, carpinterías o superficies que no deben ser aisladas.

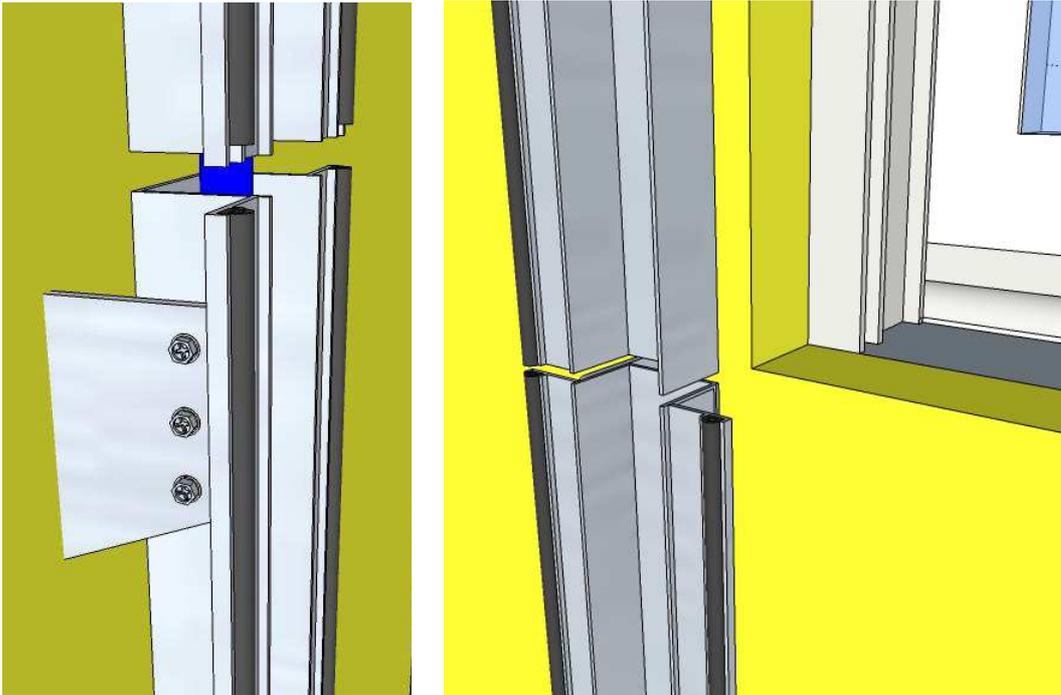


7.4. Imagen de una fachada ventilada aislada con poliuretano proyectado. Fuente: optimoaislamiento.com

7.4 INSTALACIÓN DE PERFILES VERTICALES

A continuación de la aplicación de poliuretano proyectado se procederá al montaje de los perfiles verticales, para ello nos ayudaremos de plomos y guías para corregir los defectos de planeidad del soporte.

La fijación del perfil a la ménsula se ejecuta con tornillos autotaladrantes de 6,3x19 mm con cabeza hexagonal y junta estampada de EPDM, la longitud del tornillo es importante por el hecho de que la instalación de abastecimiento de agua discurre por el canal que conforma el perfil vertical.

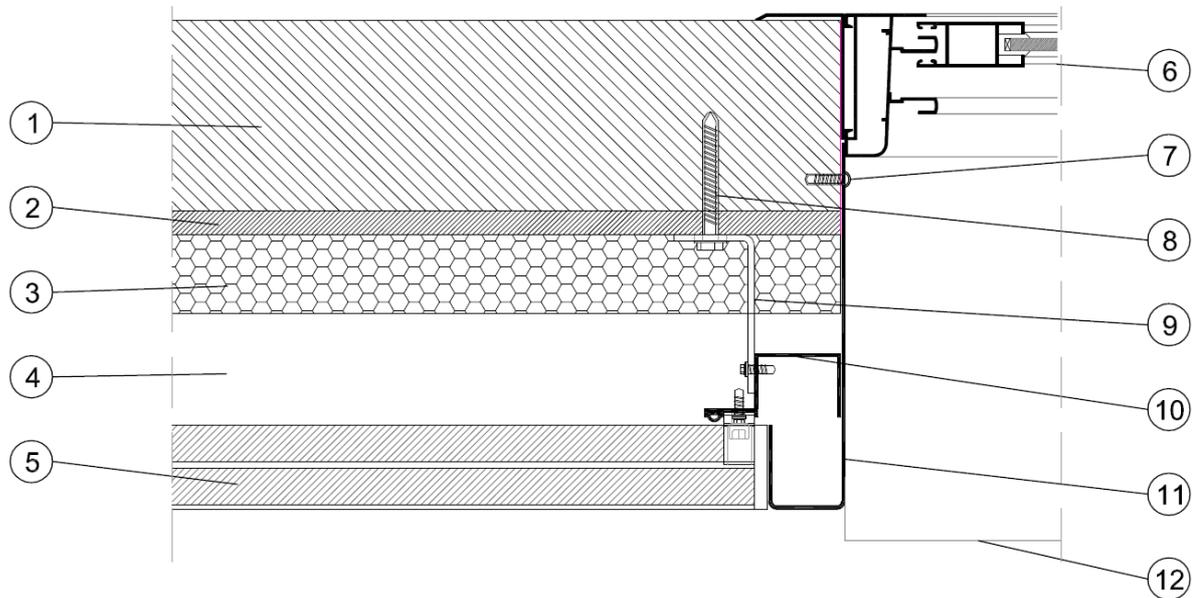


7.5. detalles de instalación de la perfilería vertical. Fte: propia

RECOMENDACIONES DE MONTAJE

- La junta entre perfiles no será menor que 5 mm, colocando siempre ménsulas en el inicio y el final de cada tramo de perfil.
- Los perfiles deberán modularse a la altura entre forjados medido de suelo a suelo para el reparto proporcional de cargas a la estructura del edificio.
- El perfil de simple grapa lo colocaremos a la línea de las jambas del hueco o carpintería, para poder atornillar sobre él la chapa de remate.
- En encuentros con huecos, el perfil de doble grapa dará paso al perfil de simple grapa a la misma cota que el propio hueco.

DETALLE CONSTRUCTIVO DE ENCUENTRO CON CARPINTERÍA



- | | |
|-------------------------|--|
| ① Hoja interior de LP12 | ⑦ Fijación de remates |
| ② Enfoscado de mortero | ⑧ Anclaje de ménsula |
| ③ Aislamiento térmico | ⑨ Ménsula |
| ④ Cámara de aire | ⑩ Perfil de simple grapa |
| ⑤ Evaporador cerámico | ⑪ Remate jambas laterales chapa metálica |
| ⑥ Carpintería exterior | ⑫ Vierteaguas metálico |

7.6. Detalle constructivo de encuentro con carpintería. Fte: propia

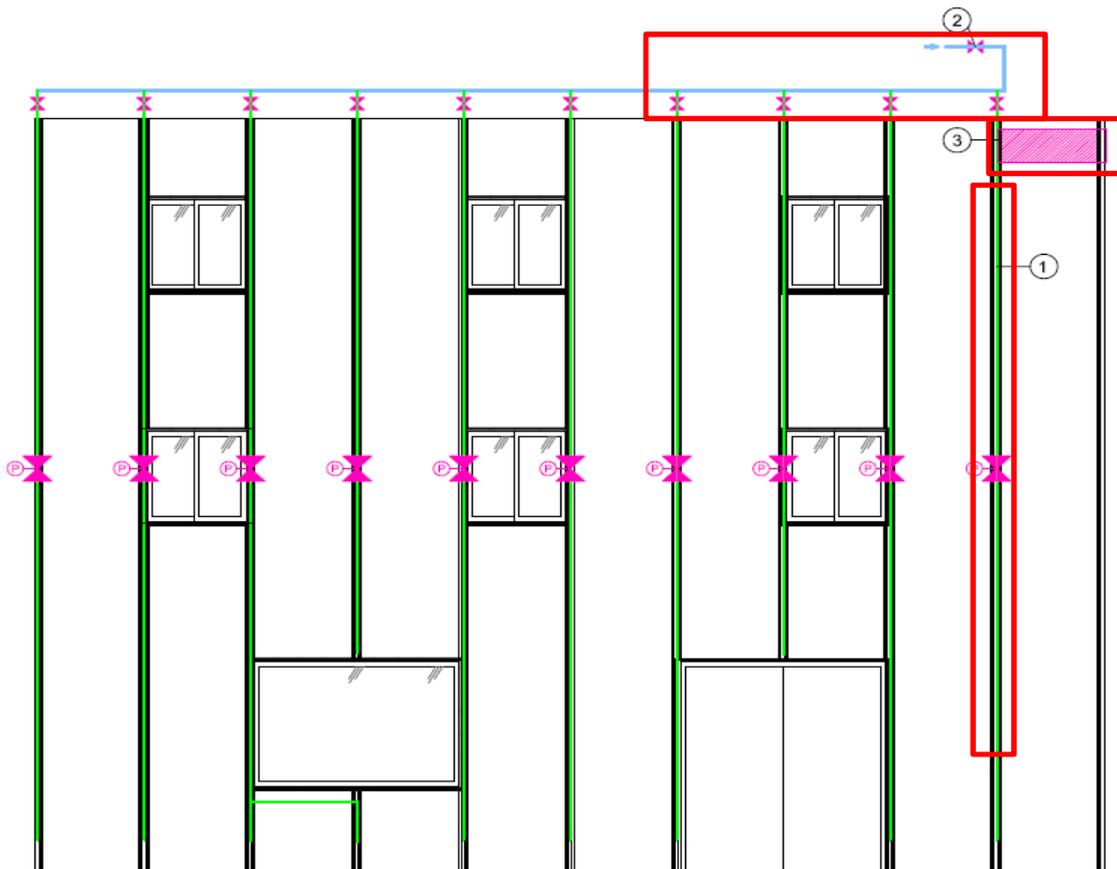
7.5 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

CONSIDERACIONES PREVIAS

Lo primero que hay que tener en cuenta en la fase de proyecto es la previsión de un punto de consumo de agua potable hasta la cubierta. La instalación constará de dos fases:

1ª FASE: Instalación de conducciones y accesorios totalmente probados.

2ª FASE: Pruebas finales de la instalación con la fachada terminada.



7.7. Situación de los componentes y su secuencia de montaje. Fte: propia

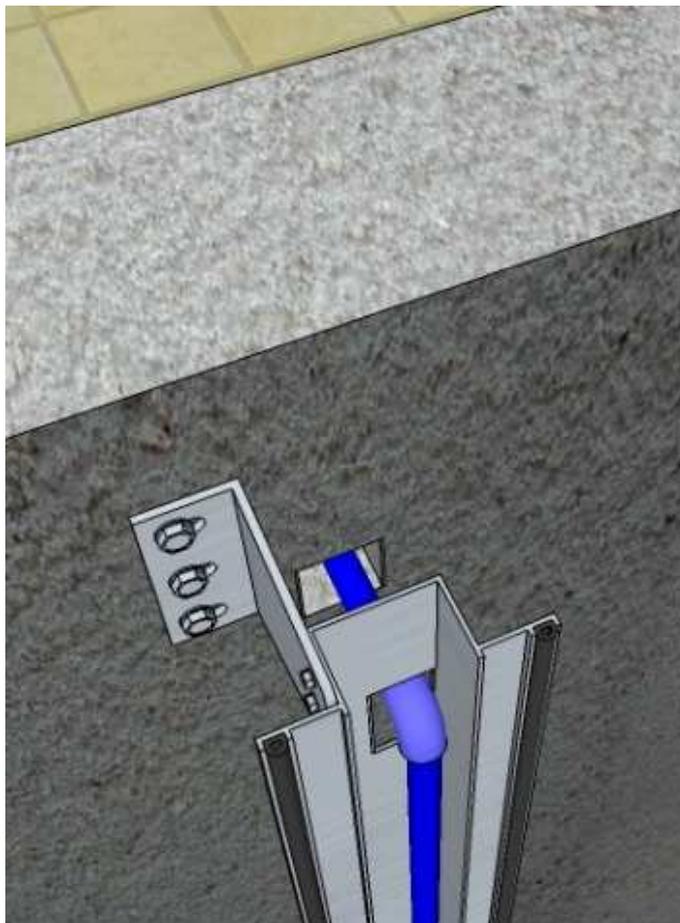
PASOS DE INSTALACIÓN.

- 1º - Instalación de distribuidores
- 2º - Realizar instalación general
- 3º - Pruebas hidráulicas de la preinstalación
- 4º- Montaje de evaporadores
- 5º - Pruebas finales y Puesta en marcha.

7.5.1 1º) INSTALACIÓN DE DISTRIBUIDORES

Los distribuidores discurren por dentro de los perfiles verticales en el canal interior, sujeto al mismo con abrazaderas o bridas cada 50 cm. Los distribuidores tienen la misión de conducir el agua a los evaporadores cerámicos continuamente, sin superar la presión máxima estimada en 1 bar.

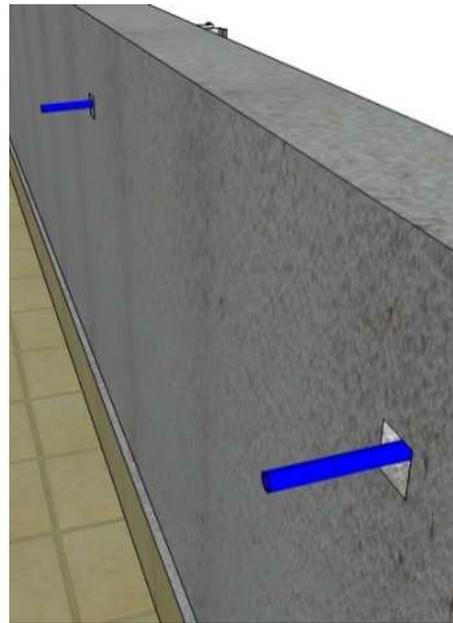
- Perforar antepecho de cubierta para pasar distribuidores a fachada
- Instalación de tubo (PVC de 20 mm o PPR) por dentro de los perfiles verticales con abrazaderas cada 50 cm.
- Comenzar a instalar de arriba hacia abajo
- Montar las derivaciones 5 cm por encima de los evaporadores.
- Conectar los latiguillos taponados en el extremo libre.
- Dejar 44 cm de separación entre derivaciones.
- Orientar 45º la derivación para facilitar el montaje del evaporador.
- Montaje en línea de una válvula reductora de presión cada 5 metros de altura desde la válvula de llenado.



7.8. Imagen del distribuidor y en su nacimiento desde cubierta para dar servicio a la columna. Fte: propia

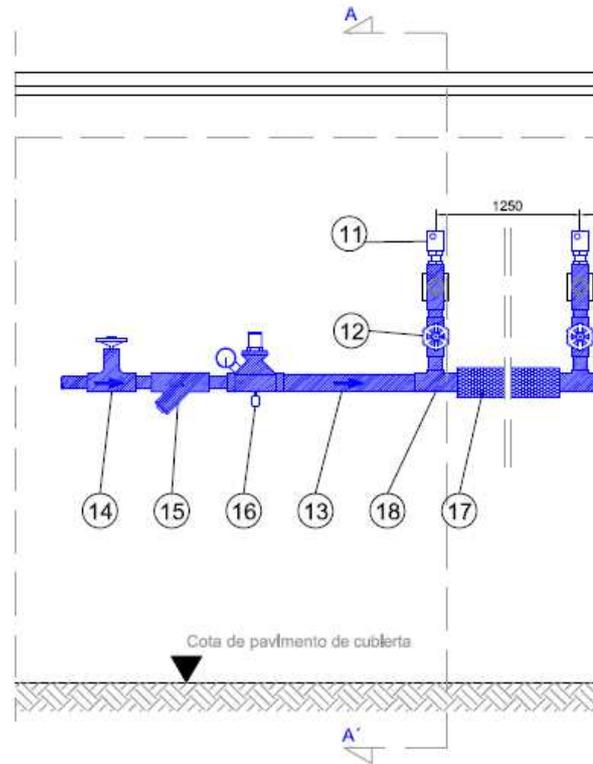
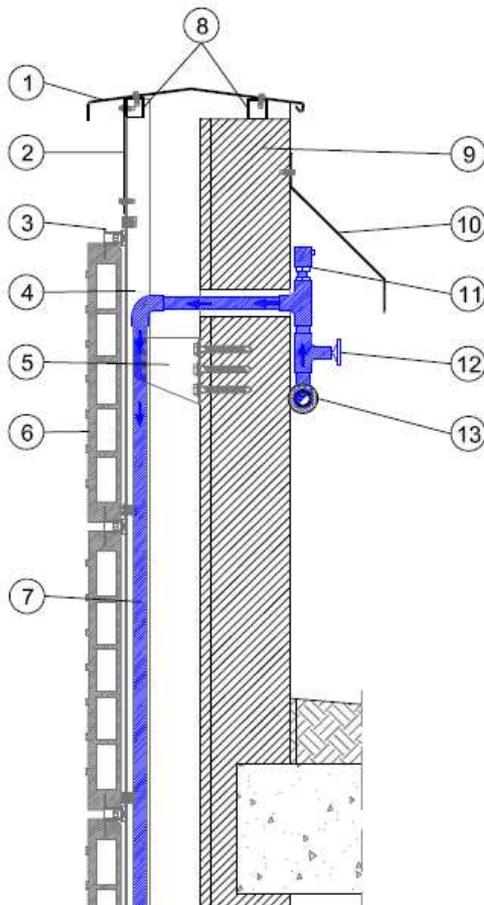
7.5.2 2º) MONTAJE DE LA INSTALACIÓN GENERAL

- Alinear los distribuidores a la misma cota.
- El tubo de alimentación discurrirá horizontal.
- La instalación será accesible en la medida de lo posible
- Montaje de llaves de compuerta en cada distribuidor
- Montaje en serie de un filtro antes de la válvula de llenado
- Instalar llaves de servicio donde sea conveniente.
- Instalar purgadores de aire automáticos en los puntos altos de la instalación.
- Colocar aislamiento térmico con protección solar al tubo de alimentación
- Realizar prueba hidráulica a 2 bar durante 30 minutos.



7.9. Imagen de los distribuidores . Fte: propia

DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA INSTALACIÓN GENERAL EN LA CUBIERTA



DETALLE CONSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN

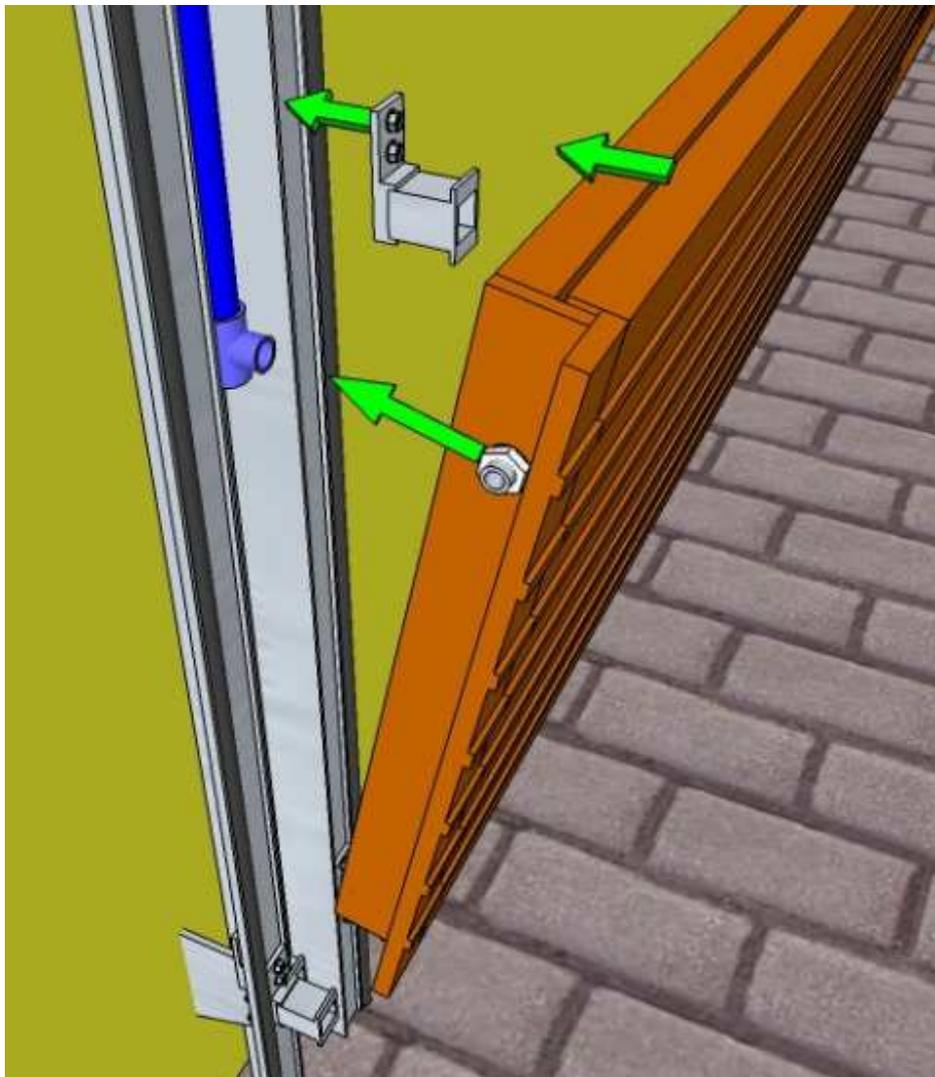
- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| ① Albardilla metálica | ⑦ Distribuidor vertical | ⑬ Tubo de alimentación |
| ② Rejilla de ventilación | ⑧ Perfil 30x30x1,5 mm | ⑭ Llave general compuerta |
| ③ Grapa de sujeción | ⑨ Antepecho de cubierta | ⑮ Filtro tipo Y |
| ④ Perfil vertical | ⑩ Chapa de protección | ⑯ Válvula de llenado automático |
| ⑤ Ménsula de fijación | ⑪ Purgador de aire automático | ⑰ Aislamiento térmico |
| ⑥ Evaporador cerámico | ⑫ Válvula de distribuidor | ⑱ Derivación a distribuidor |

7.10 Detalle constructivo de la instalación desde la alimentación hasta el distribuidor. Fte: propia

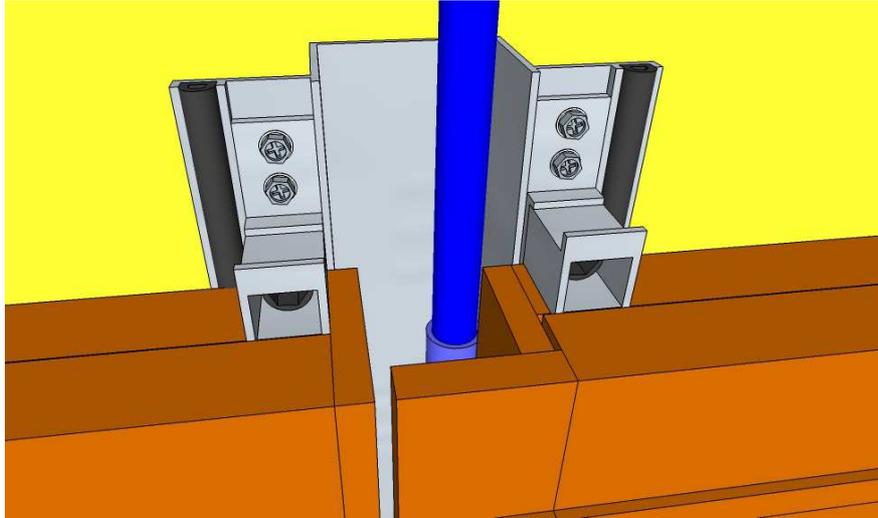
7.6 MONTAJE DE EVAPORADORES

RECOMENDACIONES DE MONTAJE

- Los evaporadores se montarán de abajo hacia arriba
- Los latiguillos se conectarán al enlace de 3/8" de la pieza cerámica.
- Los latiguillos tendrán una longitud de 30 cm.
- Prever una franja horizontal mínima de 20 cm en el arranque y en la coronación para ventilación de la cámara de aire.
- Atornillar las grapas con tornillos autotaladrantes de 6,3x19 mm.
- Apoyar las piezas en las grapas inferiores y atornillar las grapas superiores a la vez.

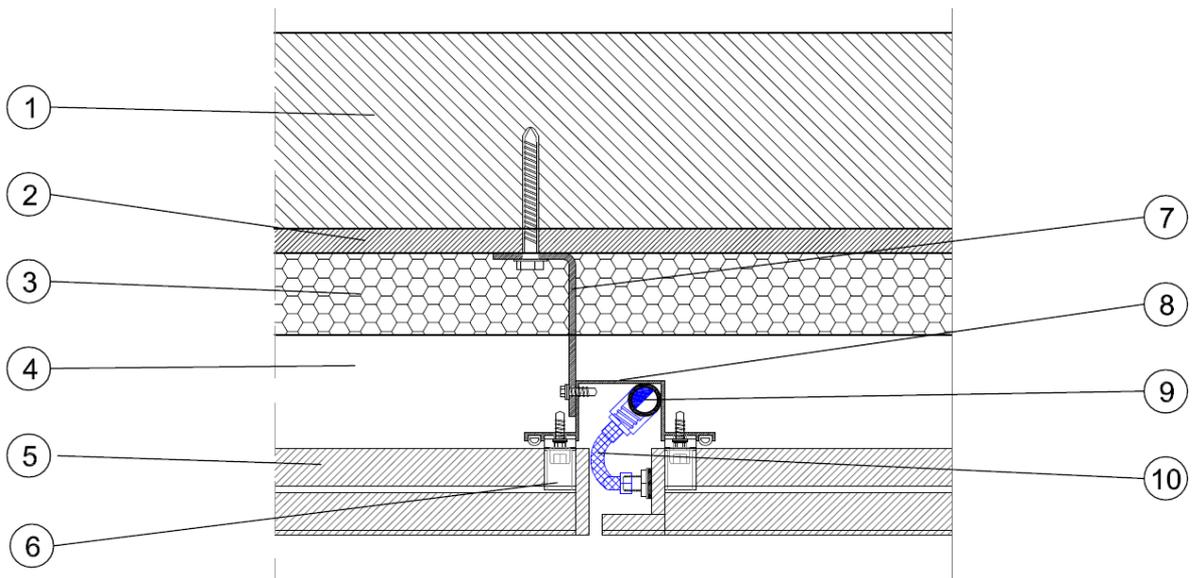


7.11. Imagen del montaje de los evaporadores con las grapas sobre los perfiles verticales. Fte: propia



7.12. Imagen de las grapas sujetando la pieza por la ranura inferior y superior. Fte: propia

DETALLE CONSTRUCTIVO DEL PAÑO CIEGO



- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| ① Hoja interior de LP12 | ⑥ Grapa de sujeción |
| ② Enfoscado de mortero | ⑦ Ménsula |
| ③ Aislamiento térmico | ⑧ Perfil de doble grapa |
| ④ Cámara de aire | ⑨ Distribuidor de agua |
| ⑤ Evaporador cerámico | ⑩ Enlace flexible a evaporador |

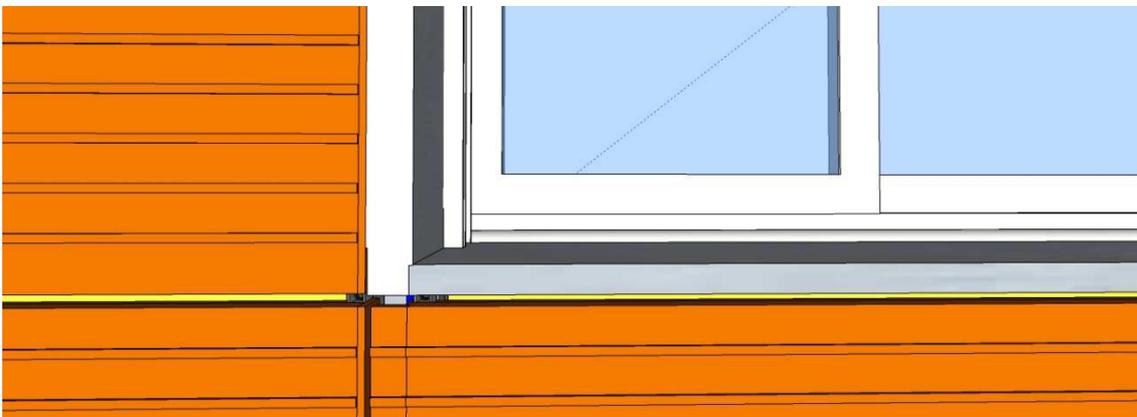
7.13. Detalle constructivo de la vista en planta de la fachada ventilada con la instalación hidráulica. Fte : propia

7.7 REMATES, PIEZAS ESPECIALES Y COMPLEMENTOS.

CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez finalizada la colocación del revestimiento cerámico se procede a la ejecución de remates de encuentros con carpinterías, rejillas de ventilación en el arranque y coronación de fachada, vierteaguas, albardillas, etc.

Los materiales de acabado de la remateria de la fachada son de libre elección del proyectista, pero se recomienda materiales metálicos plegables como el composite de aluminio o la chapa de acero prelacada de 1,5 mm, mediante plegados y otras operaciones para dar una solución estética y de estanqueidad a los encuentros con huecos de la fachada.

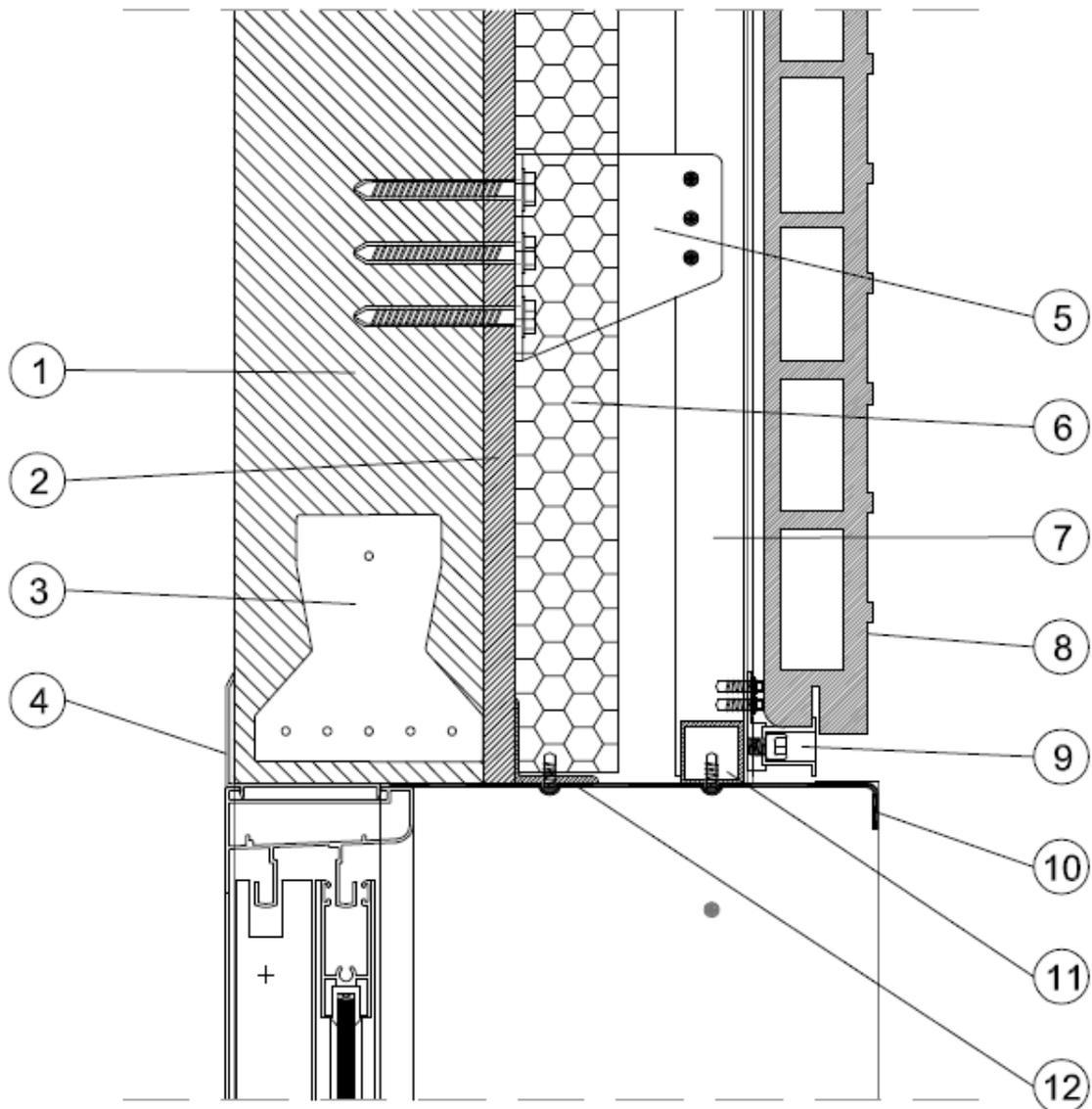


7.14. Imagen de remates de encuentros con carpintería resueltos con chapa prelacada o con composite. Fte: propia

RECOMENDACIONES

- Atornillar un ángulo de acero galvanizado de 40.40.4 en el dintel, sellado con masilla de poliuretano aplicado con pistola.
- Evitar los puentes térmicos en los encuentros con la carpintería.
- Instalar perfiles de refuerzo para los remates de dintel y vierteaguas, mediante tubo de 30x30x1'5 mm atornillados al perfil vertical.
- Hacer los solapes entre las chapas de manera que el agua no quede estancada y solapar una longitud mínima de 20 mm, sellado con masilla de poliuretano.
- Atornillar las planchas de remate laterales al muro de fábrica y al perfil de simple grapa.
- Ejecutar la fijación de la plancha al perfil con tornillos autotaladrantes de 5,5x19mm con junta estampada.
- El tornillo de anclaje al muro de fábrica realizarlo con taco de nylon avellanado de 30x8mm
- Dejar 12 mm de junta horizontal desde el vierteaguas hasta la hoja exterior para poder desmontar el evaporador en caso de rotura.
- La pendiente mínima del vierteaguas será del 10%.

DETALLE CONSTRUCTIVO DE ENCUENTRO CON CARPINTERÍA – DINTEL

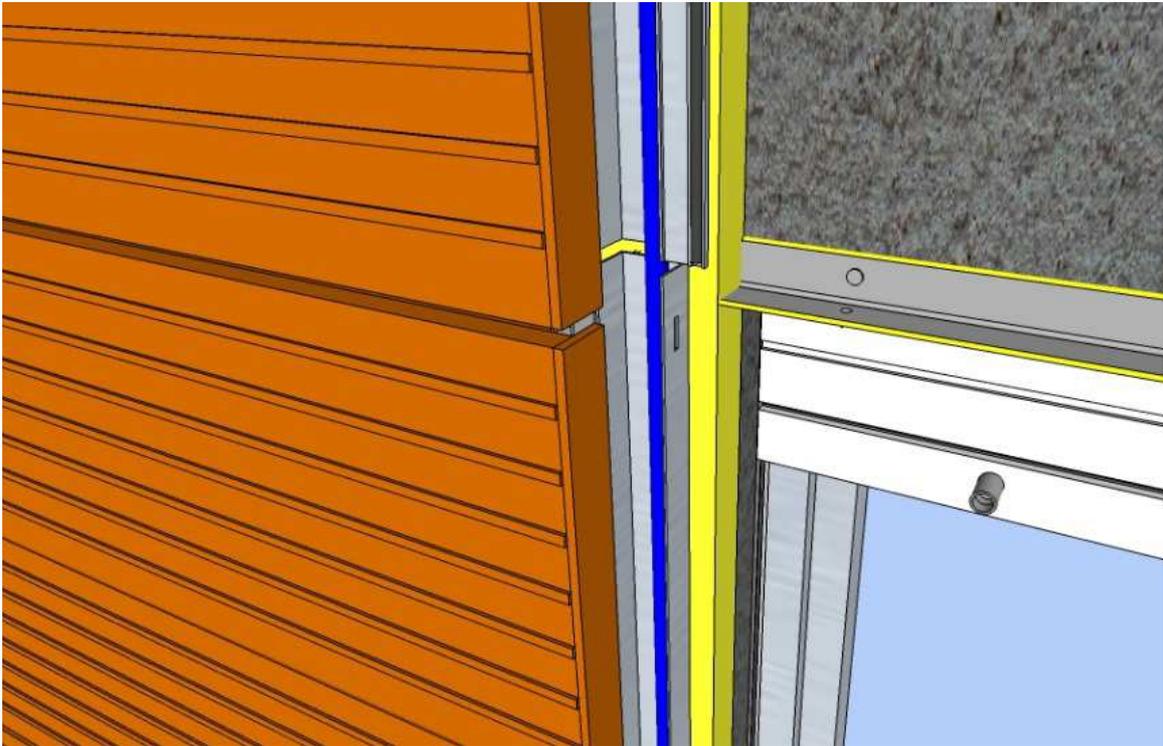


- | | |
|---------------------------|--|
| ① Hoja interior de LP12 | ⑦ Perfil vertical |
| ② Enfoscado de mortero | ⑧ Evaporador cerámico |
| ③ Dintel prefabricado T12 | ⑨ Grapa de sujeción |
| ④ Carpintería exterior | ⑩ Remate dintel de chapa metálica |
| ⑤ Ménsula de anclaje | ⑪ Perfil de refuerzo 30x30x1'5 mm |
| ⑥ Aislamiento térmico | ⑫ Ángulo de refuerzo y estanqueidad 30x30x2 mm |

7.15. Detalle constructivo de encuentro de carpintería con dintel superior. Fte:propia

RECOMENDACIONES

- Atornillar un ángulo de refuerzo sellado con masilla de poliuretano



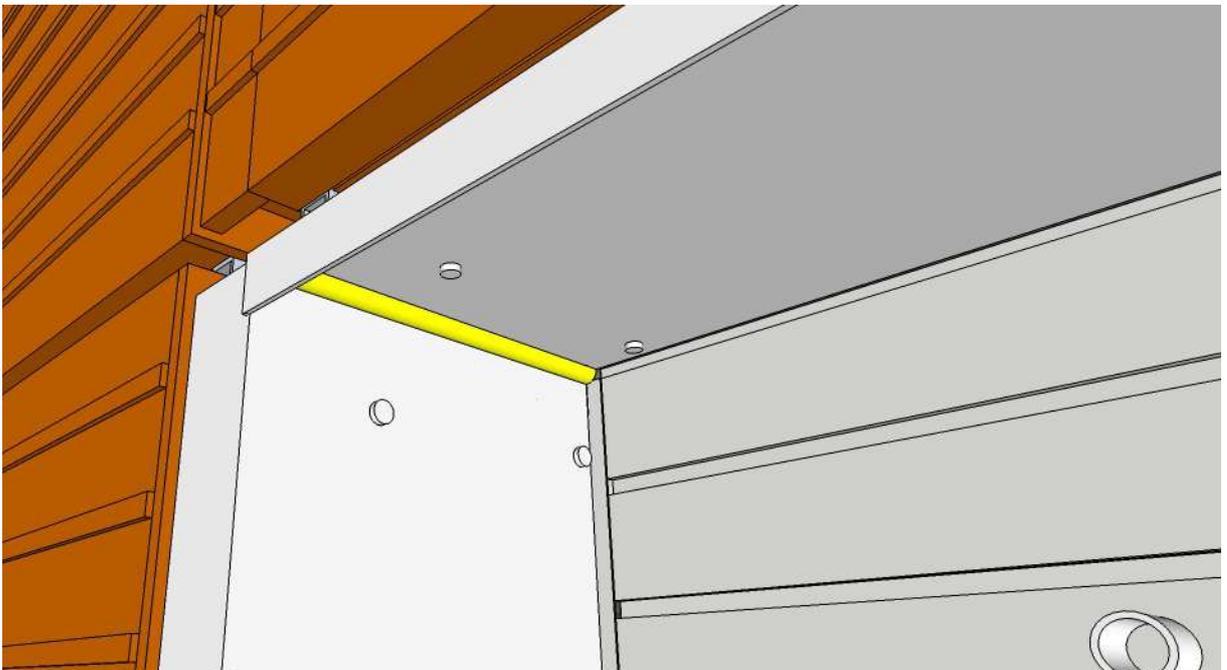
- Colocar un perfil cuadrado de refuerzo a la perfilera vertical para atornillar la chapa de remate superior.



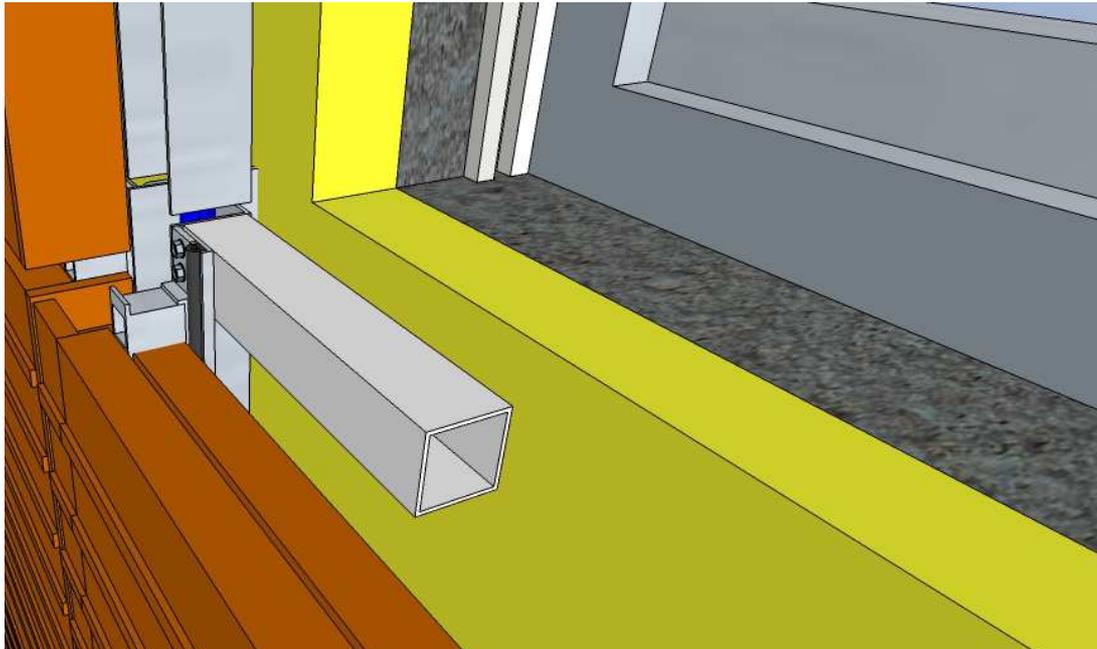
- Colocar la chapa superior con plegado “aguas abajo” para evacuar el agua de lluvia que pueda entrar en la cámara, .



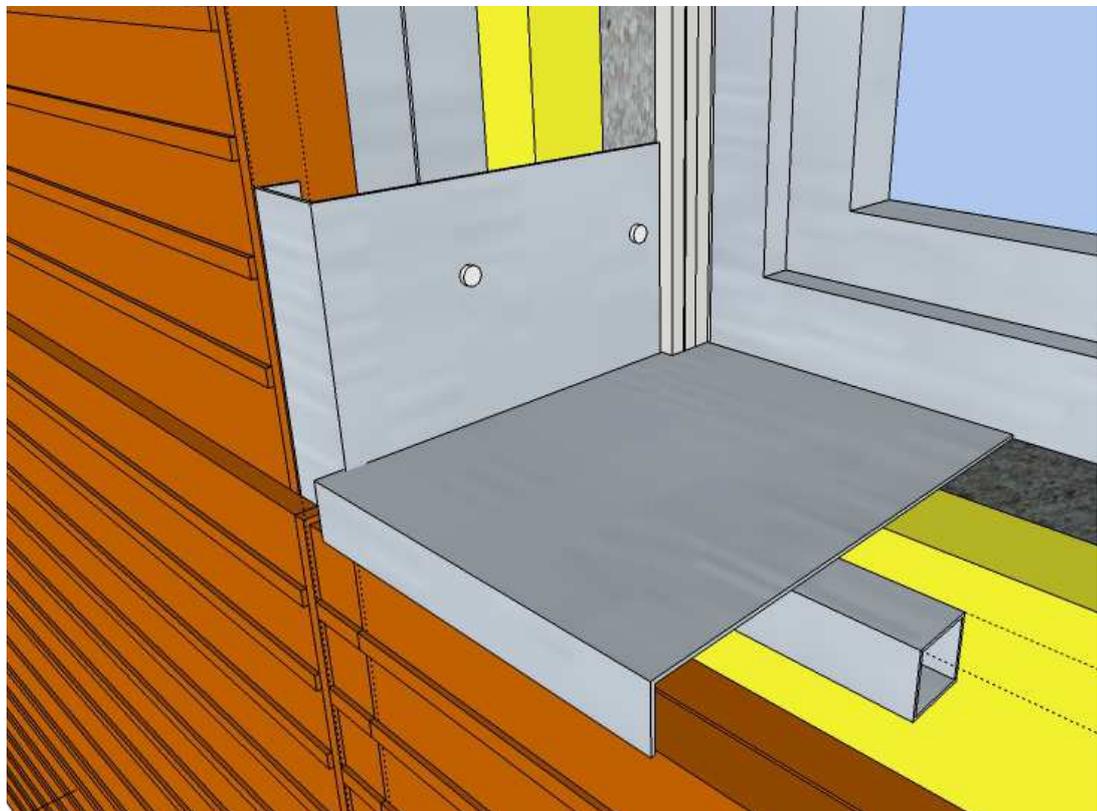
- Colocar chapa plegada de laterales dejando 2 mm de holgura hasta el revestimiento, con sellado mediante cordón continuo de masilla de poliuretano.



- Atornillar al perfil vertical un tubo de 30x30x1,5mm para refuerzo del vierteaguas.



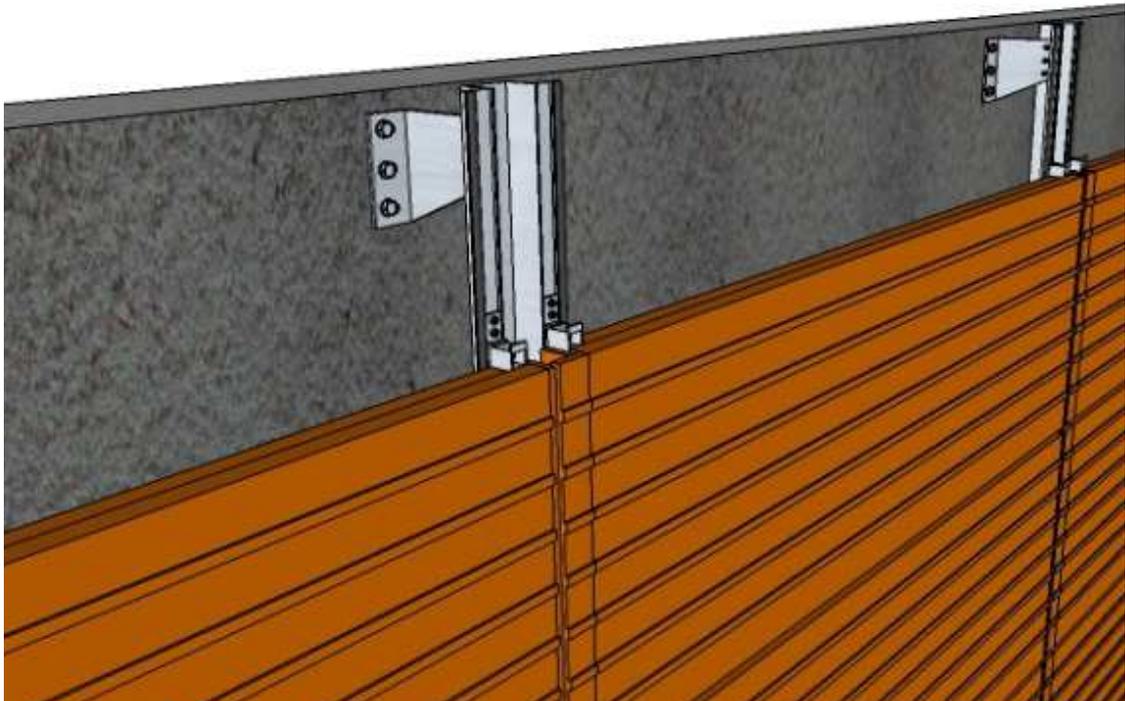
- Colocar el vierteaguas con goterón separado un mínimo de 20 mm de la hoja exterior, según CTE DB HS 1.



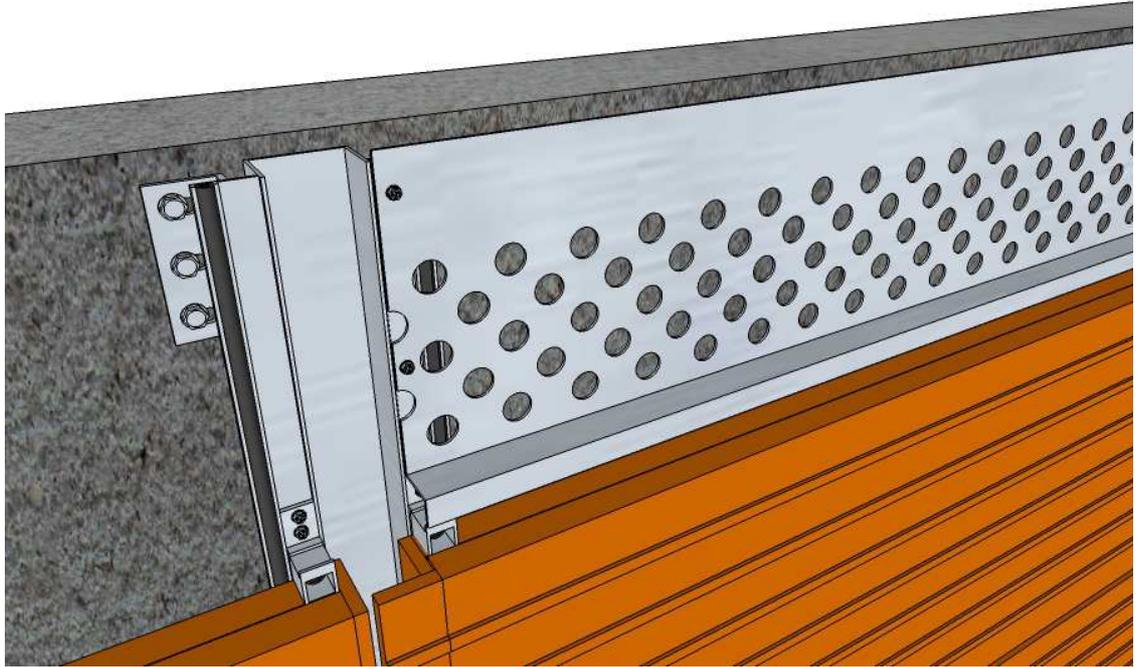
- Montar las chapas de remate laterales y sellado de todas las juntas con masilla de poliuretano.



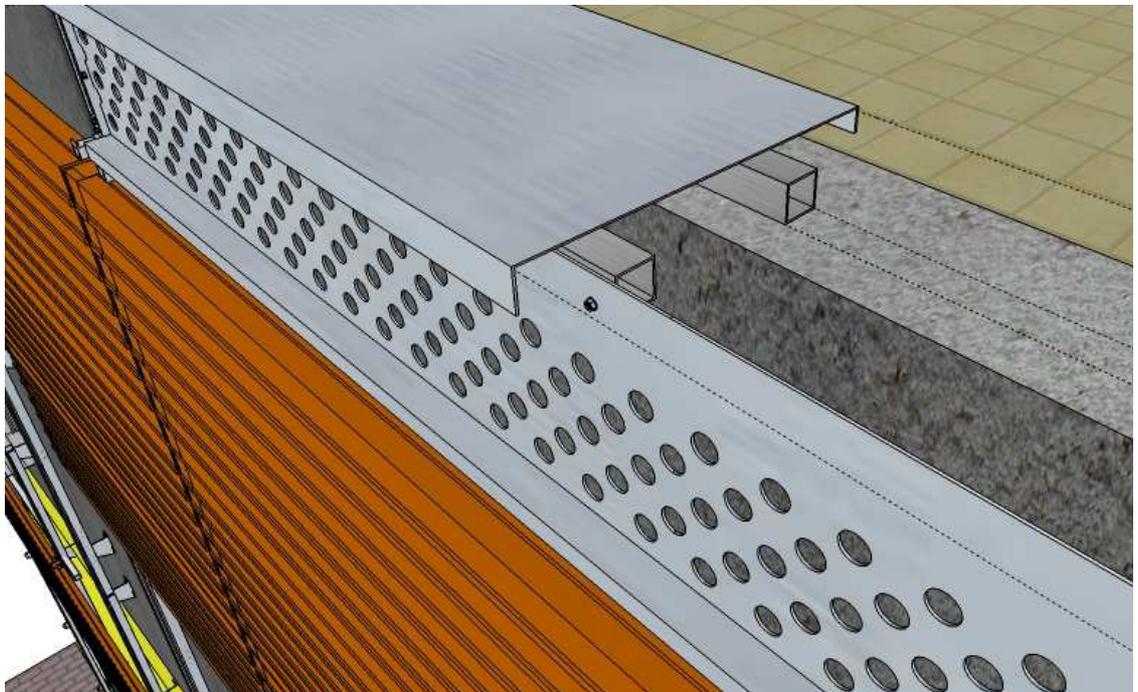
- Los últimos 20 cm de la coronación de fachada hay que dejarlos libres para la ventilación de la cámara de aire.



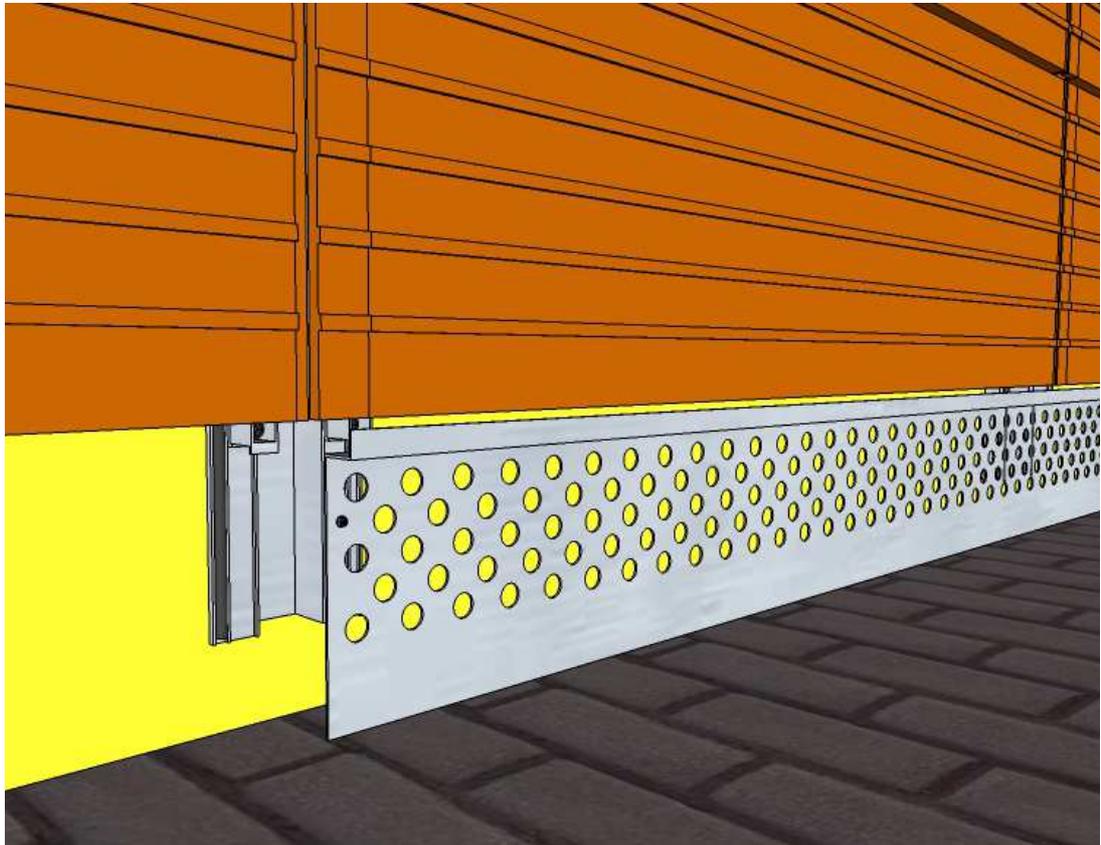
- Atornillar la rejilla de ventilación superior sobre los perfiles verticales y sobre el perfil de refuerzo 30x30x1'5mm con tornillos autotaladrantes de 5'5x19mm.



- Atornillar tubo cuadrado 30x30x1'5 mm de refuerzo sobre el antepecho y entre los perfiles verticales para el posterior pegado de la albardilla con silicona, que llevará tornillos puntualmente cada 2 metros de longitud.



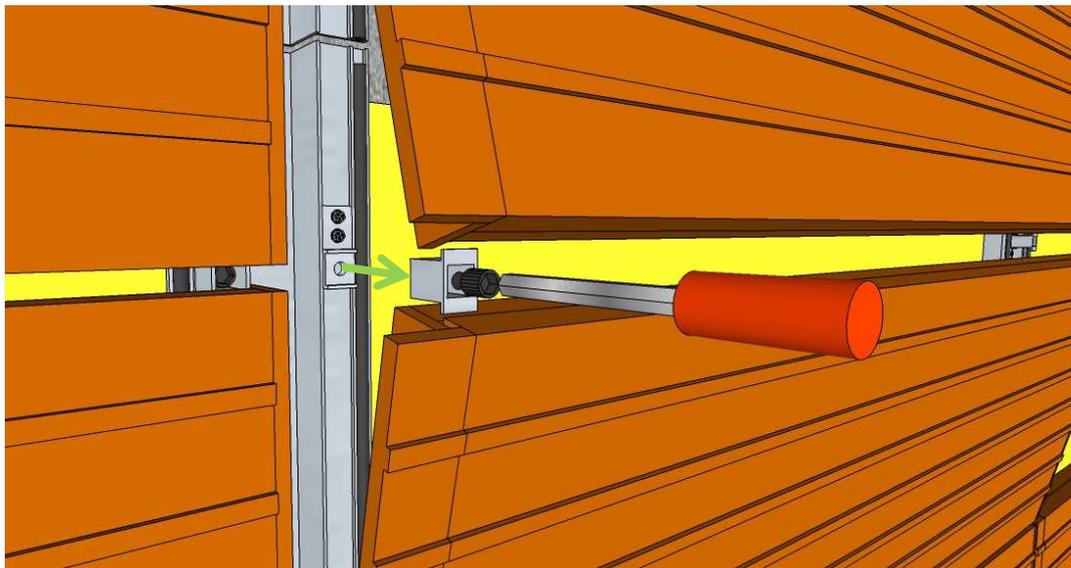
- La rejilla de ventilación inferior se instalará de forma análoga a la ventilación superior, atornillando las planchas de rejilla a los perfiles verticales, pudiendo incorporarse un perfil metálico en la base para darle más resistencia a golpes o impactos, así como un sistema de canalización del agua filtrada por la lluvia o la propia condensación del revestimiento.



7.8 PLAN DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN

- Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.
- El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de evaporación inferior a 100 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 100 m², siendo recomendable realizar siempre una inspección antes de la puesta en marcha al comienzo de la temporada estival y otra inspección al finalizar el periodo de funcionamiento.
- El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.
- El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.
- El mantenimiento deberá de hacerse siempre con las medidas de seguridad obligatorias según la legislación vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Las operaciones de sustitución o desmontaje de las piezas cerámicas del revestimiento se realizarán por dos operarios, mediante la manipulación de la grapa de sujeción con una llave allen, separando el casquillo de la placa que se mantiene fijada en el perfil vertical. Uno de los operarios sustentará la pieza mientras el otro desmonta los casquillos, tal como se aprecia en la imagen 8.14



7.17. Detalle de manipulación de la grapa para mantenimiento del sistema. Fte : propia

8 CUMPLIMIENTO DE LAS EXIGENCIAS DEL CTE

8.1 OBJETO

El sistema de fachada ventilada presentado en este TFG es totalmente novedoso, y para que pueda formar parte de un edificio permanentemente debe cumplir una serie de **exigencias mínimas de seguridad y habitabilidad**. A pesar de que el TFG se basa principalmente en la hoja exterior de la fachada ventilada y la subestructura metálica, todo el elemento constructivo que conforma la envolvente debe satisfacer dichos requisitos.

El **Código Técnico de la Edificación (CTE)** es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los elementos que configuran los edificios, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición final segunda de la Ley 38/1999 de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE).

El CTE establece dichas exigencias para cada uno de los requisitos básicos establecidos en el artículo 3 de la LOE y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas, las exigencias son:

- Seguridad estructural
- Seguridad en caso de incendio.
- Seguridad de utilización y accesibilidad.
- Higiene, salud y protección del medio ambiente
- Protección frente al ruido
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

8.2 APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DE PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN (RPC)

La Evaluación Técnica Europea-ETE es el documento europeo que recoge la evaluación técnica de las prestaciones de un producto o kit de un fabricante en relación con las características esenciales aplicables para el uso previsto por el fabricante. El ETE se elabora de acuerdo con el Documento de Evaluación Europeo-DEE, que cubre el producto y usos previstos.

La ETE es el documento que hace posible la Declaración de Prestaciones y el marcado CE de aquellos productos que:

- No están cubiertos o no están totalmente cubiertos por una especificación técnica armonizada: norma europea armonizada, DEE o Guía DITE utilizada como DEE.
- Están cubiertos por un DEE, o por una Guía DITE utilizada como DEE.

La ETE y el consiguiente marcado CE facilita la comercialización de los productos y sistemas no normados e innovadores en los mercados europeos y extraeuropeos (en este segundo caso sin carácter reglamentario pero con una buena acogida técnica y comercial).

El proceso de elaboración de una ETE se pone en marcha mediante la solicitud de un fabricante a un Organismo de Evaluación Técnica-OET designado según las Áreas de Producto del Anexo IV del Reglamento, para el producto y uso solicitado por el fabricante.

El ITEC es un organismo autorizado para la evaluación de productos sin norma e innovadores en el seno de la EOTA desde el 1996 y ha sido designado como OET bajo el nuevo Reglamento 305/2011 desde marzo de 2013, para todas las Áreas de Producto previstas por el Reglamento.



Vías de ejecución de la ETE:

- Por medio de la elaboración de un DEE, cuando se trata de un producto no cubierto o no totalmente cubierto por una especificación técnica armonizada.
- Directa, cuando se trata de un producto cubierto por:
 - un DEE
 - una Guía DITE utilizada como DEE

Se considerarán conformes con el CTE los productos, equipos y sistemas innovadores que demuestren el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE referentes a los elementos constructivos en los que intervienen, mediante una evaluación técnica europea favorable.

Según el apartado anterior, la fachada ventilada propuesta es un sistema innovador que podría materializarse mediante una Evaluación Técnica Europea (ETE)

Pueden ser objeto de ETE aquellos materiales, sistemas o procedimientos constructivos para los que no se han desarrollado NORMAS que regulen tanto las características o prestaciones del producto como su empleo o puesta en obra.

La concesión tiene en cuenta un comportamiento favorable ante la exigencia global de **durabilidad** y además el mantenimiento por el fabricante de las condiciones de **autocontrol** de la producción y su compromiso a prestar asistencia técnica en la **puesta en obra**.

En particular, y con relación al CTE, en el TFG se definirán los elementos constructivos con el detalle adecuado a sus características, de modo que pueda comprobarse que las soluciones propuestas cumplen las exigencias básicas y demás normativa aplicable. Esta definición incluirá, al menos, la siguiente información:

La fachada ventilada como parte integrante del edificio debe conservarse en buen estado mediante un adecuado mantenimiento. Esto supondrá la realización de las siguientes acciones:

- a) llevar a cabo el plan de mantenimiento del edificio, encargando a técnico competente las operaciones programadas para el mantenimiento del mismo y de sus instalaciones.
- b) realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su correspondiente documentación.
- c) documentar a lo largo de la vida útil del edificio todas las intervenciones, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, consignándolas en el Libro del Edificio

8.3 EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL (SE)

El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto

Las baldosas cerámicas deben soportar la carga del viento (presión/succión) y transmitirla a través de la subestructura y los anclajes al soporte, que deberá resistir dicho esfuerzo. Las baldosas, fijaciones, subestructura y anclajes, deben resistir los esfuerzos producidos por el viento, junto con su propio peso.

El cerramiento posterior, soporte del revestimiento de baldosas, debe cumplir con la normativa correspondiente a los requisitos esenciales de seguridad estructural que le sean propios, debiendo considerarse las acciones y solicitaciones que correspondan a la incorporación de la fachada ventilada. La unión entre la subestructura del sistema y el cerramiento posterior debe ser prevista para que durante el período de uso no sobrepasen las tensiones límite extremas o los valores límite de durabilidad.

Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

→ Apartado "4.3.3. Deformaciones" :

- Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas.
- En los casos en los que los elementos dañables (por ejemplo tabiques, pavimentos) reaccionan de manera sensible frente a las deformaciones (flechas o desplazamientos horizontales) de la estructura portante, además de la limitación de las deformaciones se adoptarán medidas constructivas apropiadas para evitar daños. Estas medidas resultan particularmente indicadas si dichos elementos tienen un comportamiento frágil.
- Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome total es menor que 1/500 de la altura total del edificio

8.4 EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO (SI)

El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

La composición del cerramiento, incluido, en su caso, el aislante, debe ser conforme con el CTE, Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI), en lo que se refiere a la estabilidad al fuego, así como en la reacción al fuego de los materiales que lo integran. De acuerdo a la Decisión 96/603/CE de la Comisión de 4 de octubre de 1996, los productos de arcilla cocida obtienen una clasificación de reacción al fuego de clase A1 (sin contribución al fuego) sin necesidad de ensayos.

El material cumple el requisito exigido en CTE-DB-SI (SI-2 punto 1.4) relativo a propagación exterior, para los materiales de revestimiento exterior de fachada y de las superficies interiores de las cámaras ventiladas de fachada.

Exigencia básica SI 1: Propagación interior.

Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el interior del edificio, tanto al mismo edificio como a otros edificios colindantes.

→ Apartado “3. Espacios ocultos”:

- Se limita a tres plantas y a 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas en las que existan elementos cuya clase de reacción al fuego no sea B-s3,d2, BL-s3,d2 o mejor.
- Se aplica a cámaras no estancas estrechas contenidas entre dos capas de un elemento constructivo. En estas, la inclusión de barreras E30 se puede considerar un procedimiento válido para limitar el desarrollo vertical

Exigencia básica SI 2: Propagación exterior

Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado como a otros edificios.

→ Apartado “1. Medianerías y fachadas”:

- La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2 hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta, y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque.
- Como alternativa a la exigencia de una clase de reacción al fuego B-s3,d2 para los materiales existentes en las cámaras ventiladas de fachadas de más de 18m de altura, se puede admitir una clase C-s3,d2 para ellos si se cumple lo que se establece en el artículo SI 1-3.2 (tres plantas y 10 m, como máximo, de desarrollo vertical de la cámara) y lo que se indica en un comentario al mismo, es decir, si las barreras que interrumpen dicho desarrollo vertical son E30. A estos efectos se subraya que dicha interrupción solo precisa ser efectiva en situación de incendio, por lo que nada impide que las barreras sean intumescentes, de tal forma que en situación normal permitan que la cámara se mantenga ventilada. Las condiciones de reacción al fuego de las fachadas son también aplicables a los cerramientos ligeros y a los petos y defensas de las terrazas, así como a las celosías y protecciones solares de fachada.

Exigencia básica SI 3: Evacuación de ocupantes

→ No es de aplicación la Exigencia Básica SI 3

Exigencia básica SI 4: Instalaciones de protección contra incendios

→ No es de aplicación la Exigencia Básica SI 4

Exigencia básica SI 5: Intervención de bomberos

→ No es de aplicación la Exigencia Básica SI 5

Exigencia básica SI 6: Resistencia al fuego de la estructura

→ No es de aplicación la Exigencia Básica SI 6

8.5 EXIGENCIAS BÁSICAS DE SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN Y ACCESIBILIDAD (SUA)

- El objetivo del requisito básico "Seguridad de Utilización y accesibilidad " consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso mantenimiento, así como en facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad.

→ No es de aplicación ninguna exigencia contenida en el Documento Básico SUA

8.6 EXIGENCIAS BÁSICAS DE SALUBRIDAD (HS).

- El objetivo del requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente", tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de tal forma que se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
- El Documento Básico "DB HS Salubridad" especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad.

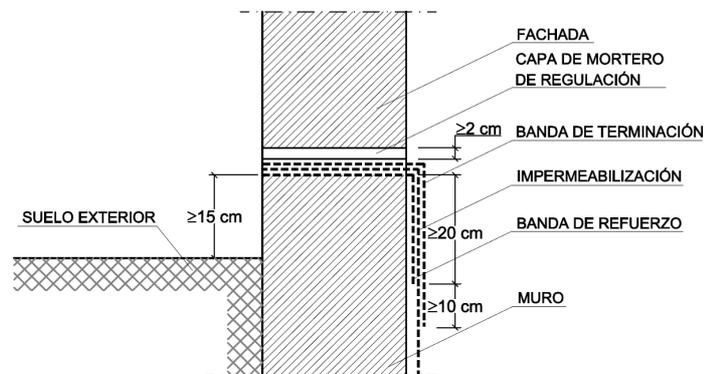
Exigencia básica HS 1: Protección frente a la humedad

Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación

sin producción de daños

→ **Apartado” 2.1 Muros”:**

- Cuando el muro se impermeabilice por el interior, en los arranques de la fachada sobre el mismo, el impermeabilizante debe prolongarse sobre el muro en todo su espesor a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior sobre una banda de refuerzo del mismo material que la barrera impermeable utilizada que debe prolongarse hacia abajo 20 cm, como mínimo, a lo largo del paramento del muro. Sobre la barrera impermeable debe disponerse una capa de mortero de regulación de 2 cm de espesor como mínimo.
- En el mismo caso cuando el muro se impermeabilice con lámina, entre el impermeabilizante y la capa de mortero, debe disponerse una banda de terminación adherida del mismo material que la banda de refuerzo, y debe prolongarse verticalmente a lo largo del paramento del muro hasta 10cm, como mínimo, por debajo del borde inferior de la banda de refuerzo (Véase la figura 9.2).



8.1. Ejemplo de encuentro de un muro impermeabilizado por el interior con una fachada. Fte: DB HS

- Cuando el muro se impermeabilice por el exterior, en los arranques de las fachadas sobre el mismo, el impermeabilizante debe prolongarse más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior y el remate superior del impermeabilizante debe realizarse según lo descrito en el apartado 2.4.4.1.2 o disponiendo un zócalo según lo descrito en el apartado 2.3.3.2.
- Deben respetarse las condiciones de disposición de bandas de refuerzo y de terminación así como las de continuidad o discontinuidad, correspondientes al sistema de impermeabilización que se emplee.

→ **Apartado” 2.3 Fachadas”:**

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones se obtiene en función de la zona pluviométrica de promedios y del grado de exposición al viento correspondiente al lugar de ubicación del edificio.

La fachada ventilada de este TFG pretende cumplir los requisitos necesarios para el grado de impermeabilidad 5, para ello las soluciones constructivas deben reunir las condiciones exigidas en la tabla siguiente.

		Con revestimiento exterior			Sin revestimiento exterior			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾			C1 ⁽¹⁾ +J1+N1			
	≤2				B1+C1+J1+N1	C2+H1+J1+N1	C2+J2+N2	C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2		B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1	B2+C2+J2+N2		B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1		

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sólo hoja, debe utilizarse C2.

8.2. Tabla 2.7 del CTE DB HS 1. Condiciones de las soluciones de fachada. Fte: DB HS

A continuación se describen las condiciones resumidas extraídas del apartado “2.3.2 Condiciones de las soluciones constructivas” en bloques homogéneos. En cada bloque el número de la denominación de la condición indica el nivel de prestación de tal forma que un número mayor corresponde a una prestación mejor.

R) Resistencia a la filtración del revestimiento exterior:

R1 El revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia media a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

a) revestimientos continuos de las siguientes características:

- espesor comprendido entre 10 y 15 mm
- permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro

b) revestimientos discontinuos rígidos pegados de las siguientes características:

- de piezas menores de 300 mm de lado fijadas suficientemente al soporte
- disposición en la cara exterior de la hoja principal de un enfoscado de morteros
- adaptación a los movimientos del soporte.

R2 El revestimiento exterior debe tener al menos una resistencia alta a la filtración.

Se considera que proporcionan esta resistencia los revestimientos discontinuos rígidos fijados mecánicamente dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas.

R3 El revestimiento exterior debe tener una resistencia muy alta a la filtración. Se considera que proporcionan esta resistencia los siguientes:

a) revestimientos continuos de las siguientes características:

- estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
- adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad;
- permeabilidad al vapor suficiente para evitar su deterioro
- adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
- estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos

b) revestimientos discontinuos fijados mecánicamente de alguno de los siguientes elementos dispuestos de tal manera que tengan las mismas características establecidas para los discontinuos de R1, salvo la del tamaño de las piezas:

- escamas: elementos manufacturados de pequeñas dimensiones

- lamas: elementos que tienen una dimensión pequeña y la otra grande (lamas de madera, metal)
- placas: elementos de grandes dimensiones (fibrocemento, metal);
- sistemas derivados: sistemas formados por cualquiera de los elementos discontinuos anteriores y un aislamiento térmico.

B) Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua:

B1 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia media a la filtración.

Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar;
- aislante no hidrófilo colocado en la cara interior de la hoja principal.

B2 Debe disponerse al menos una barrera de resistencia alta a la filtración.

Se consideran como tal los siguientes elementos:

- cámara de aire sin ventilar y aislante no hidrófilo dispuestos por el interior de la hoja principal, estando la cámara por el lado exterior del aislante;
- aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal.

B3 Debe disponerse una barrera de resistencia muy alta a la filtración.

Se consideran como tal los siguientes:

una cámara de aire ventilada y un aislante no hidrófilo de las siguientes características:

- la cámara debe disponerse por el lado exterior del aislante;
- debe disponerse en la parte inferior de la cámara y cuando ésta quede interrumpida, un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada
- el espesor de la cámara debe estar comprendido entre 3 y 10 cm;
- deben disponerse aberturas de ventilación cuya área efectiva total sea como mínimo igual a 120 cm² por cada 10 m² de paño de fachada entre forjados. Pueden utilizarse como aberturas juntas abiertas en los revestimientos discontinuos que tengan una anchura mayor que 5 mm u otra solución que produzca el mismo efecto.

revestimiento continuo intermedio en la cara interior de la hoja principal, de las siguientes características:

- estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja interior
- adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad
- permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro
- adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo
- estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.

C) Composición de la hoja principal:

C1 Debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor medio.

Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:

- ½ pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;

- 12 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

C2 Debe utilizarse una hoja principal de espesor alto.

Se considera como tal una fábrica recibida con mortero de:

- 1 pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente;
- 24 cm de bloque cerámico, bloque de hormigón o piedra natural.

H) Higroscopicidad del material componente de la hoja principal:

H1 Debe utilizarse un material de higroscopicidad baja, que corresponde a una fábrica de:

- ladrillo cerámico de succión $\leq 4,5$ kg/m².min, o tasa de absorción de agua
- piedra natural de absorción $\leq 2\%$

J) Resistencia a la filtración de las juntas entre las piezas que componen la hoja principal:

J1 Las juntas deben ser al menos de resistencia media a la filtración.

Se consideran como tales las juntas de mortero sin interrupción

J2 Las juntas deben ser de resistencia alta a la filtración.

Se consideran como tales las juntas de mortero con adición de un producto hidrófugo, de las siguientes características:

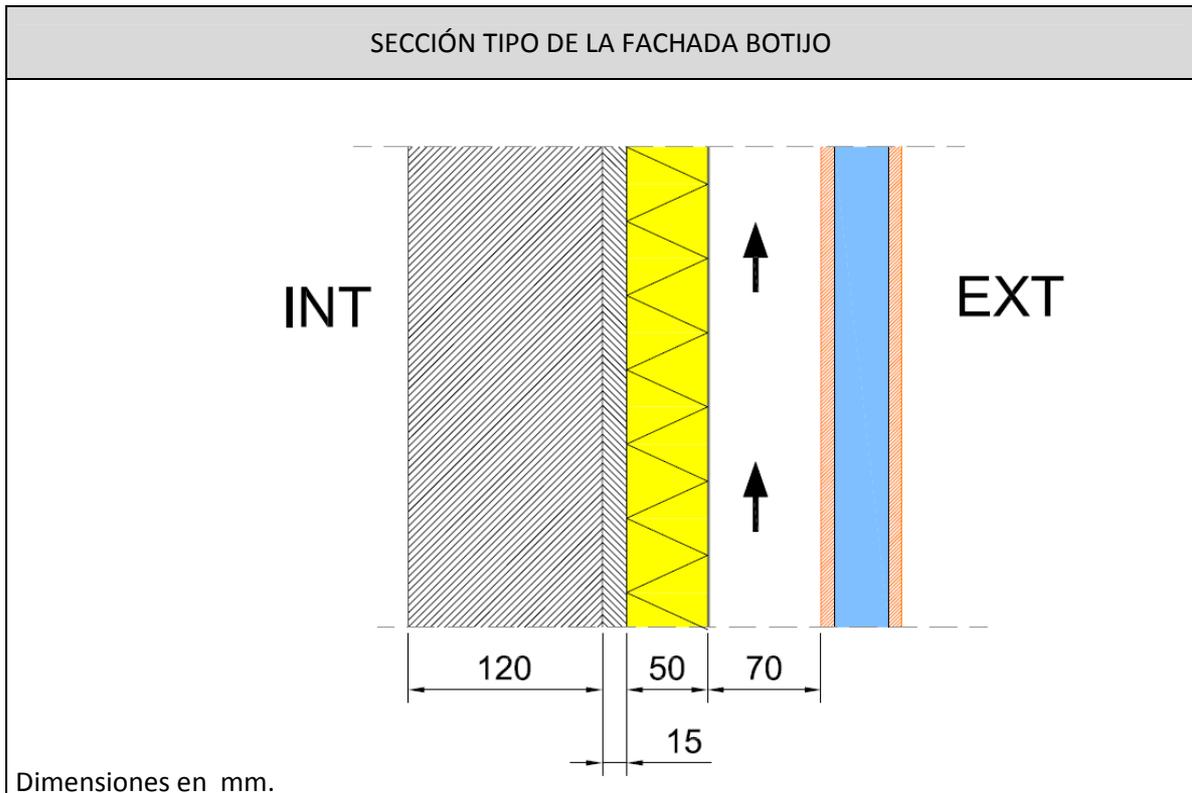
- sin interrupción excepto, en el caso de las juntas de los bloques de hormigón, que se interrumpen en la parte intermedia de la hoja;
- juntas horizontales llagueadas o de pico de flauta;
- cuando el sistema constructivo así lo permita, con rejuntado de un mortero más rico.

N) Resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de la hoja principal:

N1 Debe utilizarse al menos un revestimiento de resistencia media a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con un espesor mínimo de 10 mm.

N2 Debe utilizarse un revestimiento de resistencia alta a la filtración. Se considera como tal un enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes con un espesor mínimo de 15 mm o un material adherido, continuo, sin juntas e impermeable al agua del mismo espesor.

La sección tipo de la fachada botijo y la justificación de reunir las condiciones exigidas para considerarla un *grado de impermeabilidad 5*, se expresa en la siguiente tabla:



CAPAS	COMPOSICIÓN	ESPESOR
HOJA INTERIOR:	ladrillo cerámico perforado tomado con mortero de cemento	1/2 pie
ENFOSCADO:	de mortero de cemento M-7'5	15 mm
AISLAMIENTO. TÉRMICO:	Poliuretano proyectado Euroclase I (no hidrófilo)	50 mm
CÁMARA DE AIRE:	Cámara de aire ventilada entre el aislante y la hoja exterior	70 mm
GRADO DE IMPERMEABILIDAD EXIGIDO	5 CONDICIONES A CUMPLIR (CTE)	B3+C1
B3	Debe disponerse una barrera de resistencia muy alta a la filtración	
C1	Debe utilizarse al menos una hoja principal de espesor medio	

8.3. Resumen de las características básicas de la fachada botijo para la verificación del grado de impermeabilidad

SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA A EMPLEAR			
B3	<u>una cámara de aire ventilada y un aislante no hidrófilo de las siguientes características</u>	JUSTIFICACIÓN	CUMPLE
	la cámara debe disponerse por el lado exterior del aislante	La cámara está dispuesta por el lado exterior del aislante	
	debe disponerse en la parte inferior de la cámara y cuando ésta quede interrumpida, un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada	existe un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada	
	el espesor de la cámara debe estar comprendido entre 3 y 10 cm	el espesor de la cámara es de 7 cm	
	deben disponerse aberturas de ventilación cuya área efectiva total sea como mínimo igual a 120 cm ² por cada 10 m ² de paño de fachada. Pueden utilizarse las juntas abiertas en los revestimientos discontinuos que tengan una anchura mayor que 5 mm u otra solución que produzca el mismo efecto.	las aberturas de ventilación tienen un área efectiva de 2400 cm ² por cada 10 m ² de fachada	
	<u>revestimiento continuo intermedio en la cara interior de la hoja principal, de las siguientes características</u>	JUSTIFICACIÓN	CUMPLE
	estanquidad al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja interior	enfoscado de mortero de cemento de 15 mm de espesor	
	adherencia al soporte suficiente para garantizar su estabilidad	el enfoscado será continuo y se colocará malla de refuerzo en los cambios del material soporte	
permeabilidad suficiente al vapor para evitar su deterioro	el mortero no será impermeable		
adaptación a los movimientos del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración y retracción	al mortero se le añadirán aditivos plastificantes y expansivos		
estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos que evite la degradación de su masa.	se controlarán los materiales según RPC		
C1	<u>Se considera como tal una fábrica cogida con mortero de:</u>	JUSTIFICACIÓN	CUMPLE
	½ pie de ladrillo cerámico, que debe ser perforado o macizo cuando no exista revestimiento exterior o cuando exista un revestimiento exterior discontinuo o un aislante exterior fijados mecánicamente	La hoja principal es de 1/2 pie de ladrillo cerámico perforado	

8.4. Tabla de comprobación de cumplimiento de las condiciones del DB HS 1 para el grado de impermeabilidad 5.

→ Apartado 5. “Ejecución”:

JUNTAS DE DILATACIÓN

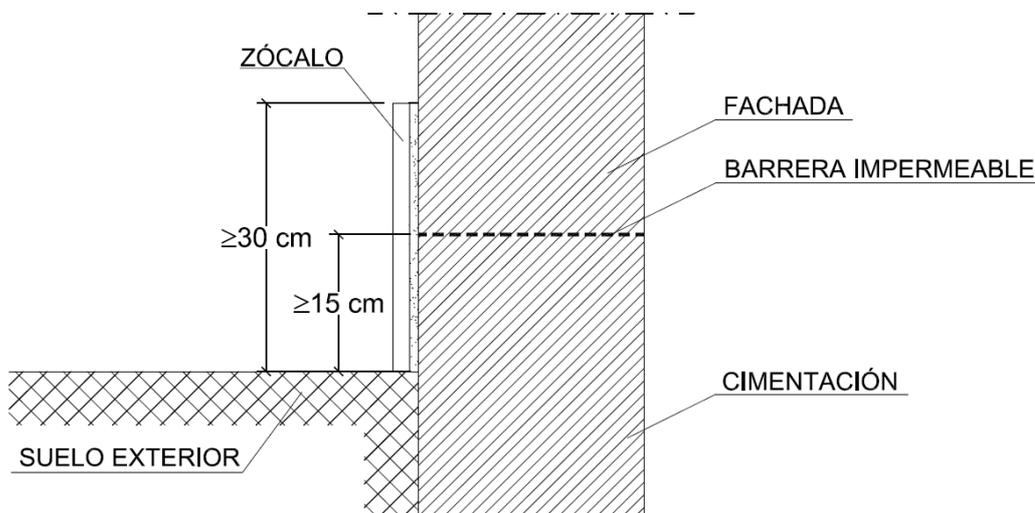
- Para limitar el riesgo de filtración de agua por las posibles discontinuidades que se producirían en la hoja principal a causa de movimientos originados por dilataciones, deben disponerse juntas de dilatación en la hoja principal de tal forma que cada junta estructural coincida con cada una de ellas

SELLADO DE JUNTAS

- Para limitar el riesgo de filtración de agua por la discontinuidad de la fachada debe colocarse un sellante sobre un relleno de polietileno en las juntas de dilatación de la hoja principal, deben emplearse sellantes que puedan absorber los movimientos de la hoja previstos y que sean impermeables y resistentes a los agentes atmosféricos.
- El revestimiento exterior debe estar provisto de juntas de dilatación de tal forma que la distancia entre juntas contiguas sea suficiente para evitar su agrietamiento.

ARRANQUE DE LA FACHADA DESDE CIMENTACIÓN

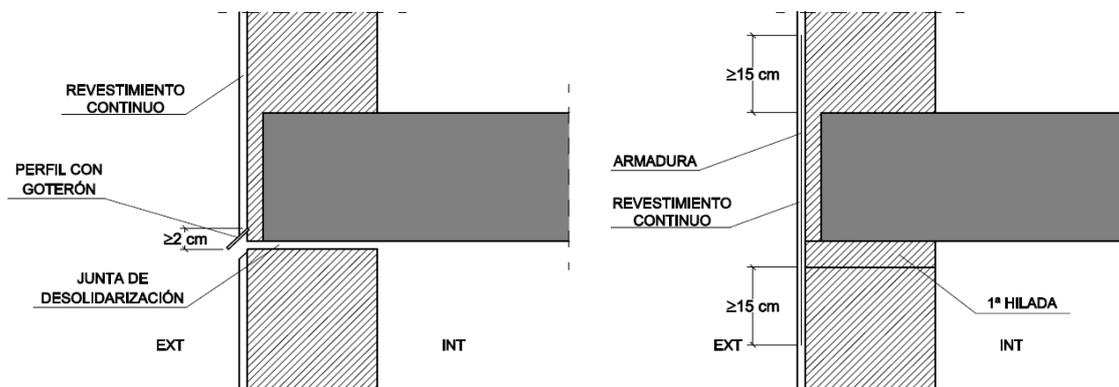
- Debe disponerse una barrera impermeable que cubra todo el espesor de la fachada a más de 15 cm por encima del nivel del suelo exterior para evitar el ascenso de agua por capilaridad o adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto.
- Cuando la fachada esté constituida por un material poroso o tenga un revestimiento poroso, para protegerla de las salpicaduras, debe disponerse un zócalo de un material cuyo coeficiente de succión sea menor que el 3%, de más de 30 cm de altura sobre el nivel del suelo exterior que cubra el Impermeabilizante del muro o la barrera impermeable dispuesta entre el muro y la fachada, y sellarse la unión con la fachada en su parte superior, o debe adoptarse otra solución que produzca el mismo efecto (Véase la figura 8.5).



8.5. Figura 2.7 del CTE DB HS 1. Ejemplo de arranque de fachada desde cimentación. Fte: DB HS

ENCUENTROS DE LA FACHADA CON LOS FORJADOS

- Cuando la hoja principal esté interrumpida por los forjados y se tenga revestimiento exterior continuo, debe adoptarse una de las dos soluciones siguientes (Véase la figura 8.6):
 - a) disposición de una junta de de solidarización entre la hoja principal y cada forjado por debajo de éstos dejando una holgura de 2 cm que debe rellenarse después de la retracción de la hoja principal con un material cuya elasticidad sea compatible con la deformación prevista del forjado y protegerse de la filtración con un goterón;
 - b) refuerzo del revestimiento exterior con mallas dispuestas a lo largo del forjado de tal forma que 15 cm por encima del forjado y 15 cm por debajo de la primera hilada de la fábrica.



8.6. Figura 2.8 del CTE DB HS 1. Ejemplo de encuentro de fachada con forjados. Fte: DB HS

ENCUENTROS DE LA FACHADA CON LOS PILARES

- Para limitar el riesgo de que se produzcan grietas en el revestimiento exterior como consecuencia de los movimientos del pilar por las que pudiera entrar agua, debe reforzarse con malla de polietileno protegida contra los álcalis del cemento de forma que lo sobrepasen 15 cm a cada lado del pilar

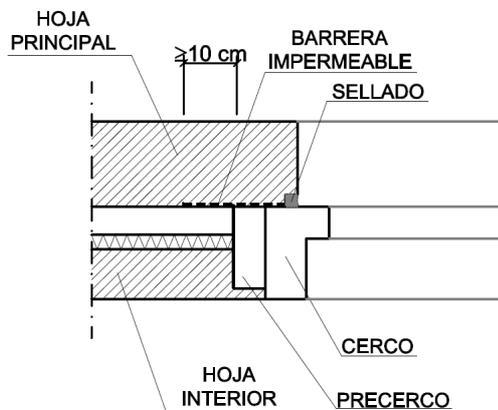
ENCUENTROS DE LA CÁMARA VENTILADA CON LOS FORJADOS Y DINTELES

- Para limitar el riesgo de filtración de agua que pueda quedar retenida en el encuentro de la cámara de aire ventilada con forjados y dinteles, se evitará en la medida de lo posible que la cámara se interrumpa por un forjado o dintel, en caso de no poder evitarse se dispondrá un sistema de recogida de agua y evacuación hacia el exterior de la fachada

ENCUENTRO DE LA FACHADA CON LA CARPINTERIA

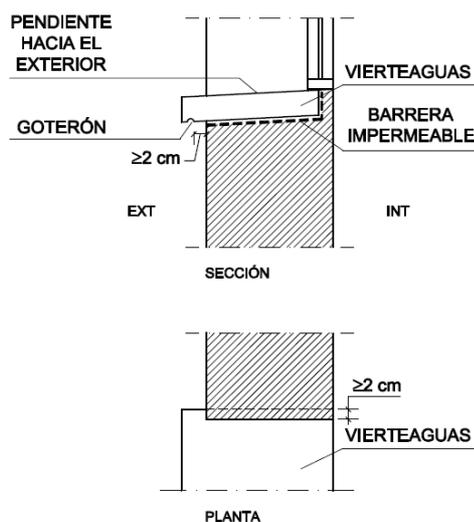
- Cuando el grado de impermeabilidad exigido sea igual a 5, si las carpinterías están retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe disponerse precerco y debe colocarse una barrera impermeable en las jambas entre la hoja principal y el precerco, o en su caso el cerco, prolongada 10 cm hacia el interior del muro (Véase la figura 8.7.).

- Debe sellarse la junta entre el cerco y el muro con un cordón que debe estar introducido en un llagueado practicado en el muro de forma que quede encajado entre dos bordes paralelos.



8.7. Figura 2.11 del CTE DB HS 1. Ejemplo de encuentro de fachada con carpintería. Fte: DB HS

- Cuando la carpintería esté retranqueada respecto del paramento exterior de la fachada, debe rematarse el alféizar con un vierteaguas para evacuar hacia el exterior el agua de lluvia que llegue a él y evitar que alcance la parte de la fachada inmediatamente inferior al mismo y disponerse un goterón en el dintel para evitar que el agua de lluvia discurra por la parte inferior del dintel hacia la carpintería o adoptarse soluciones que produzcan los mismos efectos.
- El vierteaguas debe tener una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, debe ser impermeable o disponerse sobre una barrera impermeable fijada al cerco o al muro que se prolongue por la parte trasera y por ambos lados del vierteaguas y que tenga una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo. El vierteaguas debe disponer de un goterón en la cara inferior del saliente, separado del paramento exterior de la fachada al menos 2 cm, y su entrega lateral en la jamba debe ser de 2 cm como mínimo (Véase la figura 8.8).



8.8. Figura 2.12 del CTE DB HS 1. Ejemplo de vierteaguas. Fte: DB HS

→ Apartado 4.1.3 “Aislante térmico”:

Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo.

→ Apartado 5.1.3.1 “Condiciones de la hoja principal”:

- Cuando la hoja principal sea de ladrillo, deben sumergirse en agua brevemente antes de su colocación, excepto los ladrillos hidrofugados y aquellos cuya succión sea inferior a 1 kg/(m².min) según el ensayo descrito en UNE EN 772 11:2001 y UNE EN 772-11:2001/A1:2006. Cuando se utilicen juntas con resistencia a la filtración alta o media, el material constituyente de la hoja debe humedecerse antes de colocarse.
- Deben dejarse enjarjes en todas las hiladas de los encuentros y las esquinas para trabar la fábrica.
- Cuando la hoja principal no esté interrumpida por los pilares, el anclaje de dicha hoja a los pilares debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la hoja principal debe evitarse la adherencia de ésta con los pilares.
- Cuando la hoja principal no esté interrumpida por los forjados el anclaje de dicha hoja a los forjados, debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la hoja principal debe evitarse la adherencia de ésta con los forjados.

→ Apartado 5.1.3.2: Condiciones del revestimiento intermedio

- Debe disponerse adherido al elemento que sirve de soporte y aplicarse de manera uniforme sobre éste.

→ Apartado 5.1.3.3. Condiciones del aislante térmico

- Debe colocarse de forma continua y estable.
- Cuando el aislante térmico sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el aislante térmico debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante.

→ Apartado 5.1.3.4. Condiciones de la cámara de aire ventilada:

- Durante la construcción de la fachada debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire y en las llagas que se utilicen para su ventilación.

→ Apartado 5.1.3.5. Condiciones del revestimiento exterior:

- Debe disponerse adherido o fijado al elemento que sirve de soporte.

→ Apartado 6 Mantenimiento y conservación:

- Deben realizarse las operaciones de mantenimiento que, junto con su periodicidad, se incluyen en la tabla 6.1 y las correcciones pertinentes en el caso de que se detecten defectos:

	Operación	Periodicidad
Muros	Comprobación del correcto funcionamiento de los canales y bajantes de evacuación de los <i>muros parcialmente estancos</i>	1 año ⁽¹⁾
	Comprobación de que las aberturas de ventilación de la cámara de los muros parcialmente estancos no están obstruidas	1 año
	Comprobación del estado de la <i>impermeabilización interior</i>	1 año
Suelos	Comprobación del estado de limpieza de la red de <i>drenaje</i> y de evacuación	1 año ⁽²⁾
	Limpieza de las arquetas	1 año ⁽²⁾
	Comprobación del estado de las bombas de achique, incluyendo las de reserva, si hubiera sido necesarias su implantación para poder garantizar el <i>drenaje</i>	1 año
	Comprobación de la posible existencia de filtraciones por fisuras y grietas	1 año
Fachadas	Comprobación del estado de conservación del revestimiento: posible aparición de fisuras, desprendimientos, humedades y manchas	3 años
	Comprobación del estado de conservación de los puntos singulares	3 años
	Comprobación de la posible existencia de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones, en la <i>hoja principal</i>	5 años
	Comprobación del estado de limpieza de las <i>llagas</i> o de las aberturas de ventilación de la cámara	10 años
Cubiertas	Limpieza de los elementos de desagüe (sumideros, canalones y rebosaderos) y comprobación de su correcto funcionamiento	1 año ⁽¹⁾
	Recolocación de la grava	1 año

9.10. Tabla del CTE DB HS 1. Frecuencia de operaciones de mantenimiento. Fte: DB HS

Exigencia básica HS 2: Recogida y evacuación de residuos

→ No es de aplicación la Exigencia básica HS 2

Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior

→ No es de aplicación la Exigencia básica HS 3

Exigencia básica HS 4: Suministro de agua:

A pesar de tratarse de un sistema hidráulico que recibe agua potable para el suministro a las piezas cerámicas, el agua que entre a la instalación de abastecimiento no es apta para el consumo humano, por ello se protegerá la instalación de agua potable del edificio contra posibles retornos de agua de la red de la fachada botijo según el cumplimiento de las exigencias siguientes.

→ Apartado 3.3. Protección contra retornos:

- La constitución de los aparatos y dispositivos instalados y su modo de instalación deben ser tales que se impida la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella.
- La instalación no puede empalmarse directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales.
- No pueden establecerse uniones entre las conducciones interiores empalmadas a las redes de distribución pública y otras instalaciones, tales como las de aprovechamiento de agua que no sea procedente de la red de distribución pública.
- Las instalaciones de suministro que dispongan de sistema de tratamiento de agua deben estar provistas de un dispositivo para impedir el retorno; este dispositivo debe situarse antes del sistema y lo más cerca posible del contador general si lo hubiera.
Derivaciones de uso colectivo
- Los tubos de alimentación que no estén destinados exclusivamente a necesidades domésticas deben estar provistos de un dispositivo antirretorno y una purga de

control.

- Las derivaciones de uso colectivo de los edificios no pueden conectarse directamente a la red pública de distribución, salvo que fuera una instalación única en el edificio

→ Apartado 5.1. Ejecución

- La instalación de suministro de agua se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.
- La ejecución de las redes de tuberías se realizará de manera que se consigan los objetivos previstos en el proyecto sin dañar o deteriorar al resto del edificio, conservando las características del agua de suministro respecto de su potabilidad, evitando ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor duración posible de la instalación así como las mejores condiciones para su mantenimiento y conservación.
- Las tuberías ocultas o empotradas discurrirán preferentemente por patinillos o cámaras de fábrica realizados al efecto o prefabricados, techos o suelos técnicos, muros cortina o tabiques técnicos. Si esto no fuera posible, por rozas realizadas en paramentos de espesor adecuado, no estando permitido su empotramiento en tabiques de ladrillo hueco sencillo. Cuando discurran por conductos, éstos estarán debidamente ventilados y contarán con un adecuado sistema de vaciado
- El trazado de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada. Si estuvieran expuestas a cualquier tipo de deterioro por golpes o choques fortuitos, deben protegerse adecuadamente.
- Las uniones de los tubos serán estancas.
- Las uniones de tubos de plástico se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Cuando una tubería haya de atravesar cualquier paramento del edificio u otro tipo de elemento constructivo que pudiera transmitirle esfuerzos perjudiciales de tipo mecánico, lo hará dentro de una funda, también de sección circular, de mayor diámetro y suficientemente resistente. Cuando en instalaciones vistas, el paso se produzca en sentido vertical, el pasatubos sobresaldrá al menos 3 centímetros por el lado en que pudieran producirse golpes ocasionales, con el fin de proteger al tubo. Igualmente, si se produce un cambio de sentido, éste sobresaldrá como mínimo una longitud igual al diámetro de la tubería más 1 centímetro.

→ Apartado 6.1. Condiciones generales de los materiales:

- serán resistentes a la corrosión interior;
- serán capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio;
- no presentarán incompatibilidad electroquímica entre sí;
- deben ser resistentes, sin presentar daños ni deterioro, a temperaturas de hasta 40°C, sin que tampoco les afecte la temperatura exterior de su entorno inmediato;
- serán compatibles con el agua a transportar y contener y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua del consumo humano;
- su envejecimiento, fatiga, durabilidad y todo tipo de factores mecánicos, físicos o químicos, no disminuirán la vida útil prevista de la instalación

→ Apartado 6.3.2. Incompatibilidad entre materiales

- Se evitará el acoplamiento de tuberías y elementos de metales con diferentes valores de potencial electroquímico excepto cuando según el sentido de circulación del agua se instale primero el de menor valor.

Exigencia básica HS 5: Evacuación de aguas

Los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas en ellos de forma independiente o conjunta con las precipitaciones atmosféricas y con las escorrentías

→ No es de aplicación la Exigencia básica HS 3

8.7 EXIGENCIAS BÁSICAS DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO (HR)

- El objetivo de este requisito básico “Protección frente al ruido” consiste en limitar dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, como consecuencias de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.
- El Documento Básico "DB HR Protección frente al Ruido" especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido

→ La aplicación de este Documento Básico se haría a la envolvente en conjunto, pero el tema central del TFG se basa en la hoja exterior de una fachada ventilada con junta horizontal abierta entre piezas de revestimiento.

Por tanto la verificación de las exigencias básicas en materia de ruido y aislamiento acústico depende principalmente de la calidad de la carpintería exterior y de la masa superficial de la hoja de fábrica que forma el soporte de la fachada ventilada.

Por ello se considera que no es necesaria la justificación de la exigencia al revestimiento de la fachada ventilada por su escasa contribución al aislamiento acústico del elemento constructivo.

8.8 EXIGENCIAS BÁSICAS DE AHORRO DE ENERGÍA (HE)

- El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites

sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

- El Documento Básico “DB-HE Ahorro de Energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

Sección HE 0: Limitación del consumo energético

- El consumo energético de los edificios se limita en función de la zona climática de su localidad de ubicación y del uso previsto.
- El consumo energético para el acondicionamiento, en su caso, de aquellas edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente, será satisfecho exclusivamente con energía procedente de fuentes renovables.

Sección HE 1: Limitación de demanda energética

- Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

➔ Para la justificación de esta exigencia básica es necesario hacer ensayos sobre prototipos. La envolvente es una fachada ventilada con aislamiento térmico de 50 mm y tendría un comportamiento diferente según la época del año.

En verano el revestimiento de la fachada ventilada estaría en funcionamiento y evaporando el agua continuamente, por lo que la temperatura del revestimiento en los días cálidos sería inferior a la temperatura ambiente, enfriando el aire de la cámara ventilada y requiriendo menor potencia frigorífica para el confort de los usuarios.

En invierno el sistema se anulará y funcionará como una fachada ventilada, es decir el aislamiento térmico será el encargado de limitar la demanda energética del edificio, teniendo un comportamiento pasivo.

Sección HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

➔ No es de aplicación la Sección HE2

Sección HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

➔ No es de aplicación la Sección HE 3

Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

→ No es de aplicación la Sección HE 4

Sección HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

→ No es de aplicación la Sección HE 5

9 CONCLUSIONES

Con la redacción del trabajo y habiendo analizado en profundidad el sistema ideado, me motiva la continuación del proyecto para hacer los ensayos descritos en el Anexo 2, resolver las dudas sobre el comportamiento general del sistema con la fabricación de prototipos; y un módulo experimental que permita obtener datos fiables en términos energéticos y **hacer atractiva la idea** a posibles inversores.

Es fundamental que desde los organismos públicos **se fomente a la sociedad en materia de sostenibilidad** y eficiencia energética, en la que se debe seguir haciendo hincapié durante la carrera universitaria de futuros arquitectos e ingenieros y fomentar las labores de investigación en estos aspectos.

Los edificios de un futuro próximo serán altamente eficientes y los proyectistas deberán utilizar todos los recursos disponibles para alcanzar el **objetivo “cero emisiones”**. Las técnicas que disponemos hoy en día para reducir emisiones en los edificios durante su vida útil se basan principalmente en el aislamiento térmico, sin dejar de lado otras soluciones como los paneles fotovoltaicos en la hoja exterior, pero sus restricciones y condiciones actuales en materia de leyes y normativas no hacen viable esta opción.

Por ello se debería **impulsar la investigación** sobre elementos cerámicos para envolventes que utilicen el fenómeno de la evapotranspiración (ver apartados 5.5 y 5.6) para reducir las necesidades energéticas de los edificios o espacios en general.

Los conceptos en los que se basa la fachada botijo puede abrir la puerta a **otras formas de utilización** del sistema, ideándolo para otros usos como por ejemplo en forma de tubos circulares que cubran el techo de un espacio abierto, a modo de marquesina con una función decorativa que refresque el ambiente durante comidas de verano en viviendas unifamiliares.

Analizando en profundidad cada parte de este trabajo, resulta necesario **rediseñar** algunos elementos, como la red de abastecimiento de agua del sistema, ya que el empleo de válvulas reductoras de presión distribuidas uniformemente a lo largo de la altura del edificio puede encarecer la instalación y las futuras operaciones de mantenimiento.

Este trabajo es el resultado de una idea personal que empezó a gestarse durante los estudios de Arquitectura Técnica, fue madurando con el tiempo hasta que se envió la propuesta de desarrollar la fachada botijo como tema de mi trabajo, siendo aceptado por el coordinador.

El hecho de haber materializado mis inquietudes en el Trabajo Final de Grado me ha producido una gran satisfacción y considero que el contenido del trabajo puede abrir las puertas a futuras líneas de investigación, dado su carácter innovador y la profundidad de detalle que se ha alcanzado.

En Castellón, a 20 de Octubre de 2015

Alberto Llinares Sanz

10 BIBLIOGRAFÍA

- MINISTERIO DE FOMENTO (versión 2013). *Código Técnico de la Edificación CTE*
- MINKE, G. (2004). *Techos verdes*. Montevideo. editorial Fin de Siglo. Disponible en <http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes> [Consultado en septiembre de 2015]
- ZUBIZARRETA, J.I. y PINTO, G. (1995). “An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer” en *Chemical Engineering Education*, 29, p 96-99. Disponible en <http://quim.iqi.etsii.upm.es/botijo.pdf> [Consultado en Septiembre de 2015].
- PANAETE, C. A. (2015). *Estudio y comparativa de un sistema constructivo de fachada térmica acústica no ventilada. Trabajo Final de Grado (TFG). Castellón de la plana. ESTCE. Universitat Jaume I.*
- IBÁÑEZ GALLARDO, G. (2012). *Instalación fotovoltaica conectada a red integrada en un edificio. Trabajo Final de Grado (TFG). Universidad Carlos III. Madrid. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Escuela Politécnica Superior. Disponible en: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16842/TFG_Guillermo_Ibanez_Gallardo.pdf?sequence=1 [Consultado en Octubre de 2015].*
- INDEX FIXING SYSTEMS. *Fachadas ventiladas*. Disponible en <http://www.indexfix.com/public/contents/catalogo> [Consultado en Octubre de 2015].
- HONEYWELL. Válvulas de llenado automático y válvulas reductoras de presión roscadas para uso residencial. Disponible en: https://products.ecc.emea.honeywell.com/spain/ecatdata/md_rrpsspec.html . [Consultado en octubre de 2015]
- Guía de ejecución de fachadas ventiladas con productos aislantes de poliuretano. ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL POLIURETANO RÍGIDO. Disponible en: <http://www.atepa.org/pictures/pdf/63.pdf> [Consultado en octubre de 2015]
- SB FIJACIONES. Catálogo de fijaciones para fachada ventilada. Disponible en : <http://www.sbfijaciones.com/es/descargas.html> [Consultado en octubre de 2015]
- MARTÍNEZ MONEDERO, M. (2014). Patente nº2 478 640. *Pieza cerámica evapotranspirativa para una construcción sostenible*. Disponible en http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/47/86/ES-2478640_R1.pdf> [Consultado en octubre de 2015]
- GARCIA LOPEZ , J. (2014). Patente nº 2 455 415. *Sistema de revestimiento cerámico con enfriamiento por evapotranspiración*. Disponible en <http://www.google.com/patents/WO2014041220A1?cl=es> [Consultado en octubre de 2015]
- DIT Nº 511.(2008) *Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas con baldosa cerámica keraben*. INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA. Madrid. Disponible en <http://www.kerabenprojects.com/bd/archivos/archivo55.pdf> [Consultado en octubre de 2015]
- INSTITUT DE LA PROMOCIÓ CERÀMICA. <http://www.ipc.org.es/home.html> [Consultado en octubre de 2015]
- CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC). Disponible en <http://www.csic.es/> [Consultado en octubre de 2015].

- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. Disponible en <http://www.ign.es> [Consultado en octubre de 2015].
- OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS (OEPM). Disponible en: <http://www.oepm.es> [Consultado en septiembre de 2015].
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA COCIDA HISPALYT. Disponible en: <http://www.hispalyt.es> [Consultado en octubre de 2015].
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CUBIERTAS VERDES. Disponible en: <http://www.asescuve.org> [Consultado en octubre de 2015].
- SOLAR DECATHLON EUROPE. Disponible en <http://www.sdeurope.org> [Consultado en JUNIO de 2015].
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE AZULEJOS Y PAVIMENTOS CERÁMICOS (ASCER). Disponible en: <http://www.ascer.es/> [Consultado en JUNIO de 2015].
- ARQUITECTURA CON CERÁMICA. Disponible en: <http://www.ceramicarchitectures.com/es/obras/pabellon-de-espana/> [Consultado en octubre de 2015].
- FAVENK FACHADAS VENTILADAS. Disponible en <http://favenk.com> [Consultado en JUNIO de 2015].
- GUÍA DE INTEGRACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-integracion-solar-fotovoltaica.pdf> [Consultado en octubre de 2015].

11 ANEXOS

11.1 ANEXO 1. PLANOS

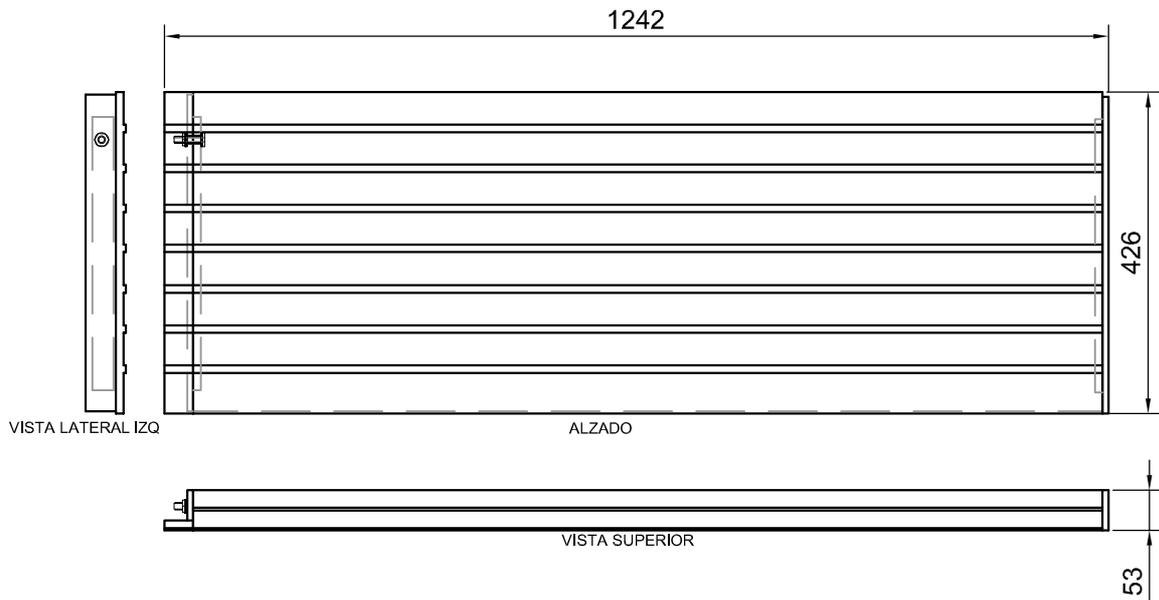
11.2 ANEXO 2. ENSAYOS

11.3 ANEXO 3. CÁLCULOS

ANEXO 1. PLANOS

Contenido.

1. REVESTIMIENTO CERÁMICO – COMPONENTES
 - 1.1. REVESTIMIENTO CERÁMICO - PIEZA CENTRAL
 - 1.2. REVESTIMIENTO CERÁMICO – TAPA IZQUIERDA
 - 1.3. REVESTIMIENTO CERÁMICO – TAPA DERECHA
2. GRAPA DE SUJECIÓN - DIMENSIONES
3. PERFIL VERTICAL – DIMENSIONES
4. MÉNSULA DE FIJACIÓN – DIMENSIONES
5. INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO – ALIMENTACIÓN
6. DETALLE CONSTRUCTIVO – PAÑO CIEGO.
7. DETALLE CONSTRUCTIVO – SECCIÓN VIERTEAGUAS
8. DETALLE CONSTRUCTIVO – VIERTEAGUAS
9. DETALLE CONSTRUCTIVO – SECCIÓN DINTEL



EVAPORADOR ENSAMBLADO - DIMENSIONES EXTERIORES (Cotas en mm)

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 40 50 cm

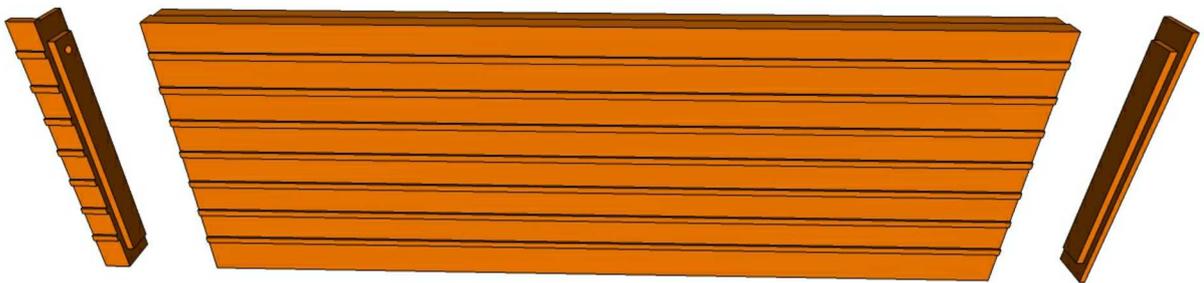
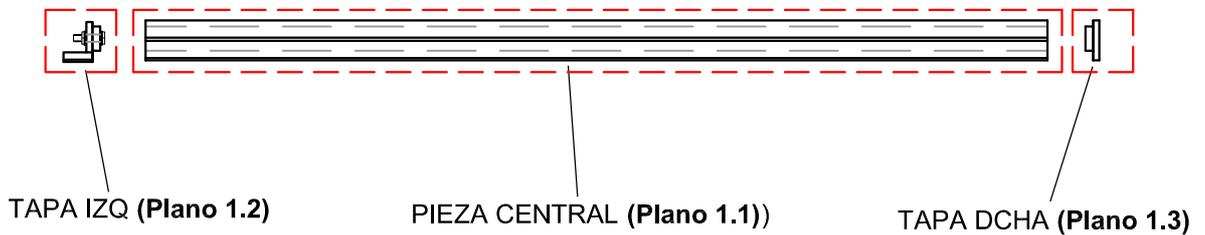
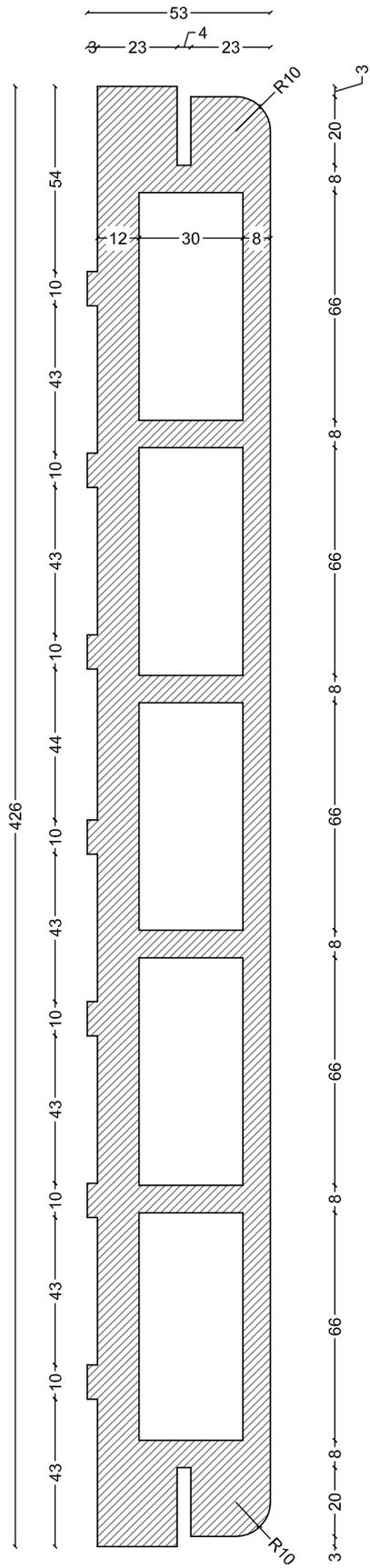


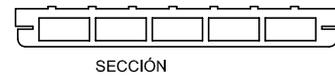
IMAGEN DE DESPIECE DEL EVAPORADOR



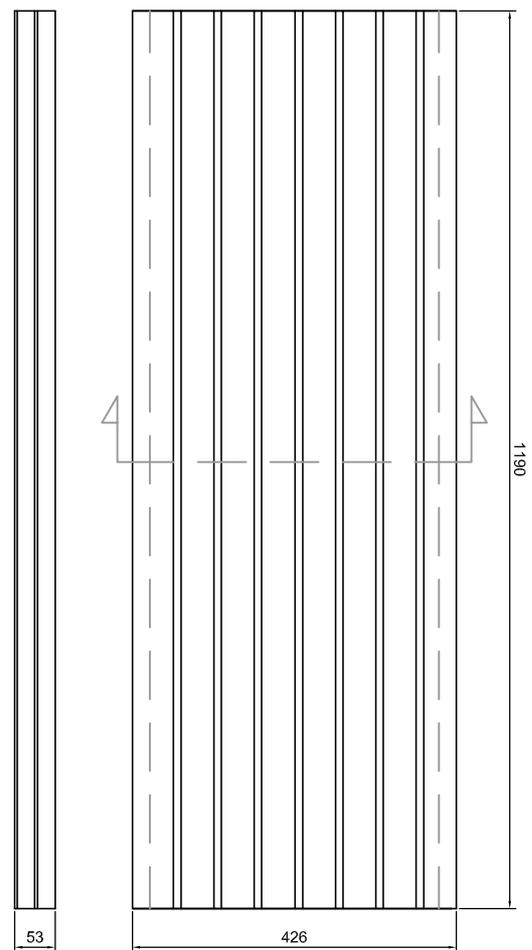
SECCIÓN ACOTADA (escala 1:2)



IMAGEN 3D DE LA PIEZA



SECCIÓN



DIMENSIONES EXTERIORES (escala 1:10)

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 40 50 mm

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 cm

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

1.1

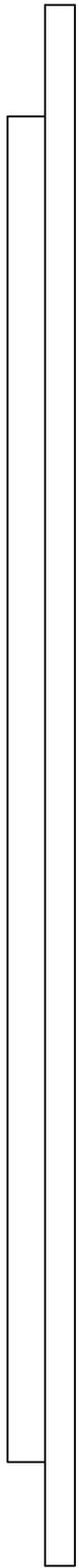


PLANO
REVESTIMIENTO CERÁMICO - PIEZA CENTRAL

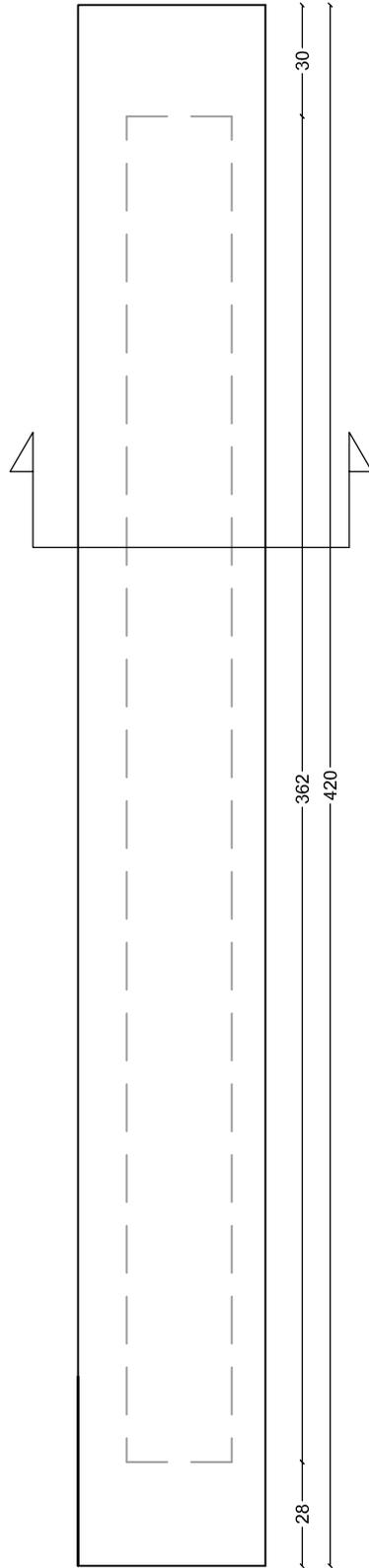
AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

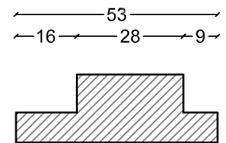
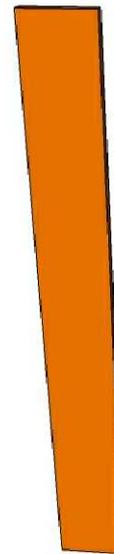
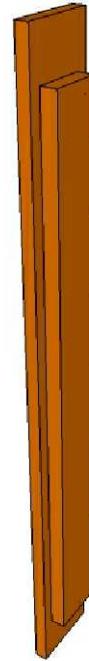
ESCALA
1:2; 1:10



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



SECCIÓN ACOTADA

53
DIMENSIONES EXTERIORES (Cotas en mm)

ESCALA GRÁFICA 0 5 10 20 30 40 50 mm

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

1.3



PLANO
REVESTIMIENTO CERÁMICO - TAPA DERECHA

AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

ESCALA
1:2

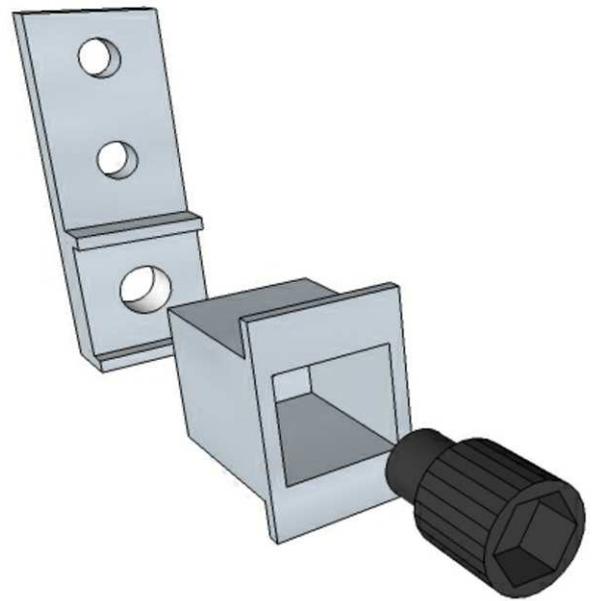
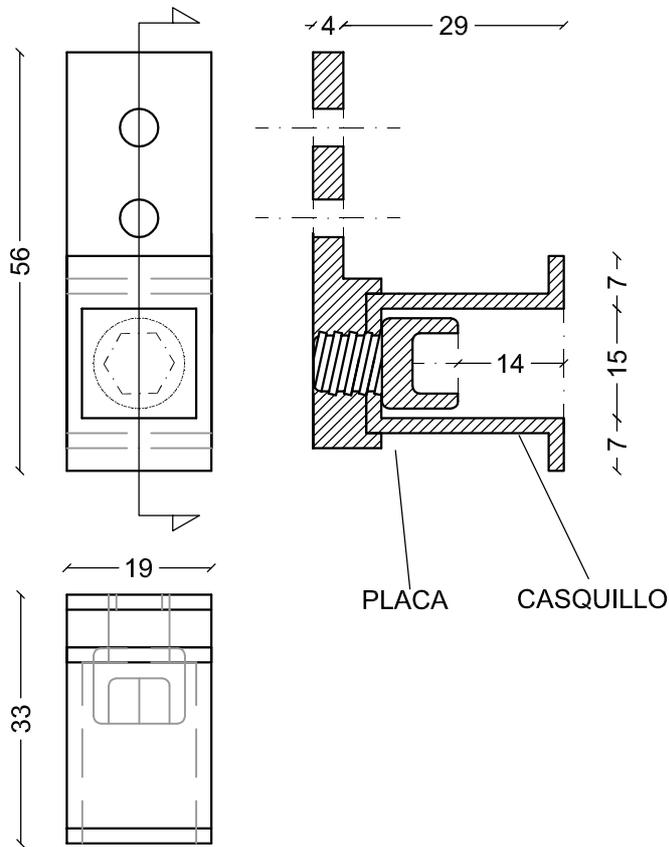
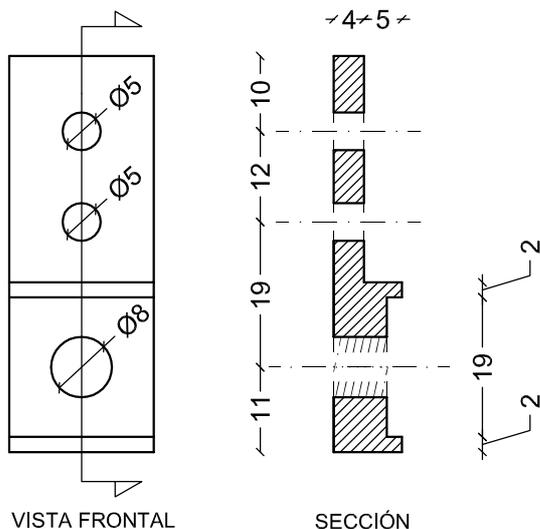
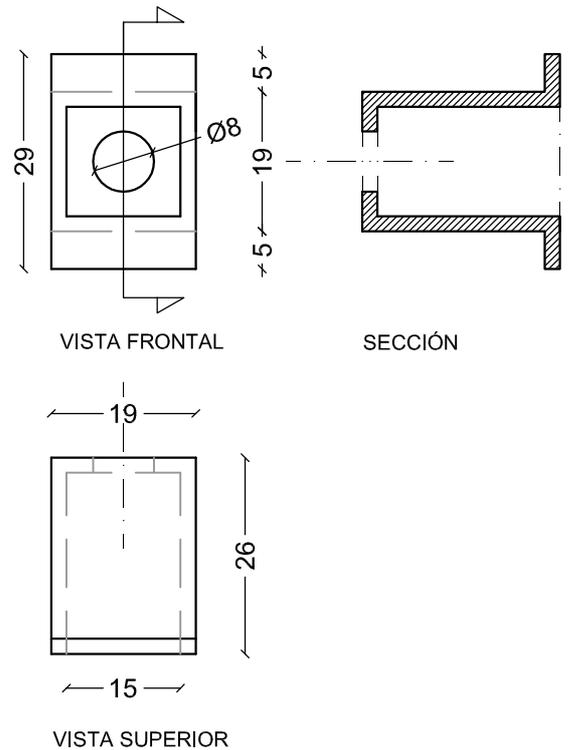


IMAGEN DE DESPIECE

DIMENSIONES DE LA GRAPA DE SUJECIÓN (escala 1:1)

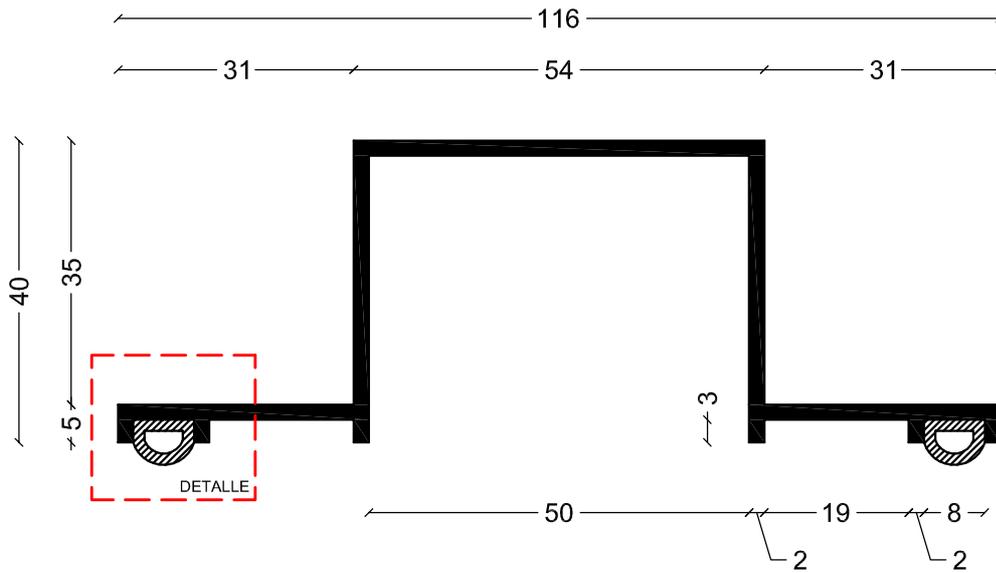


DIMENSIONES DE LA PLACA (e 1:1)

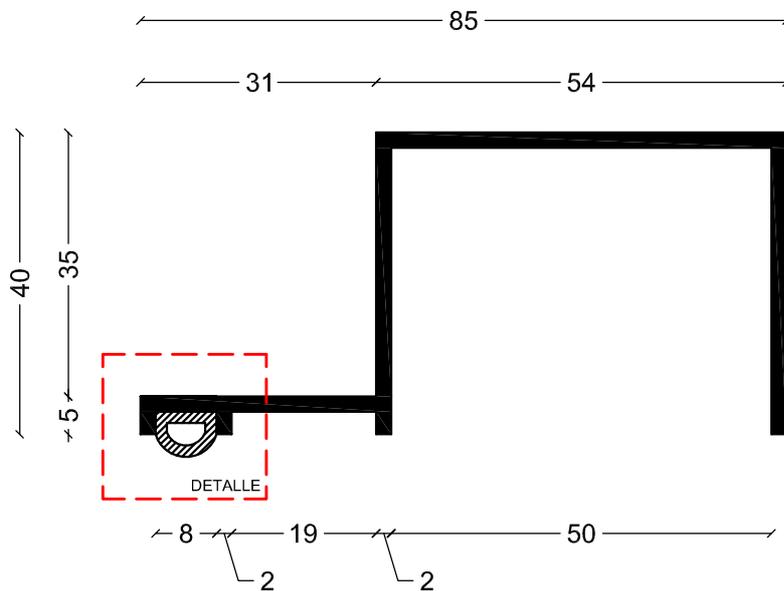


DIMENSIONES DEL CASQUILLO (e 1:1)

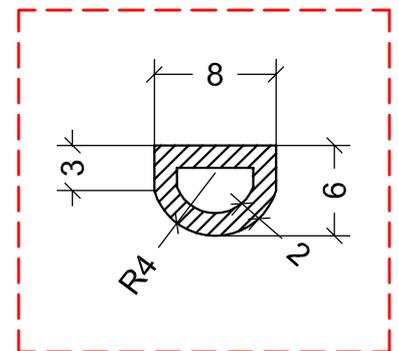




DIMENSIONES DEL PERFIL DE DOBLE GRAPA (escala 1:1)



DIMENSIONES DEL PERFIL DE SIMPLE GRAPA (escala 1:1)



DETALLE: GOMA EPDM



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

3

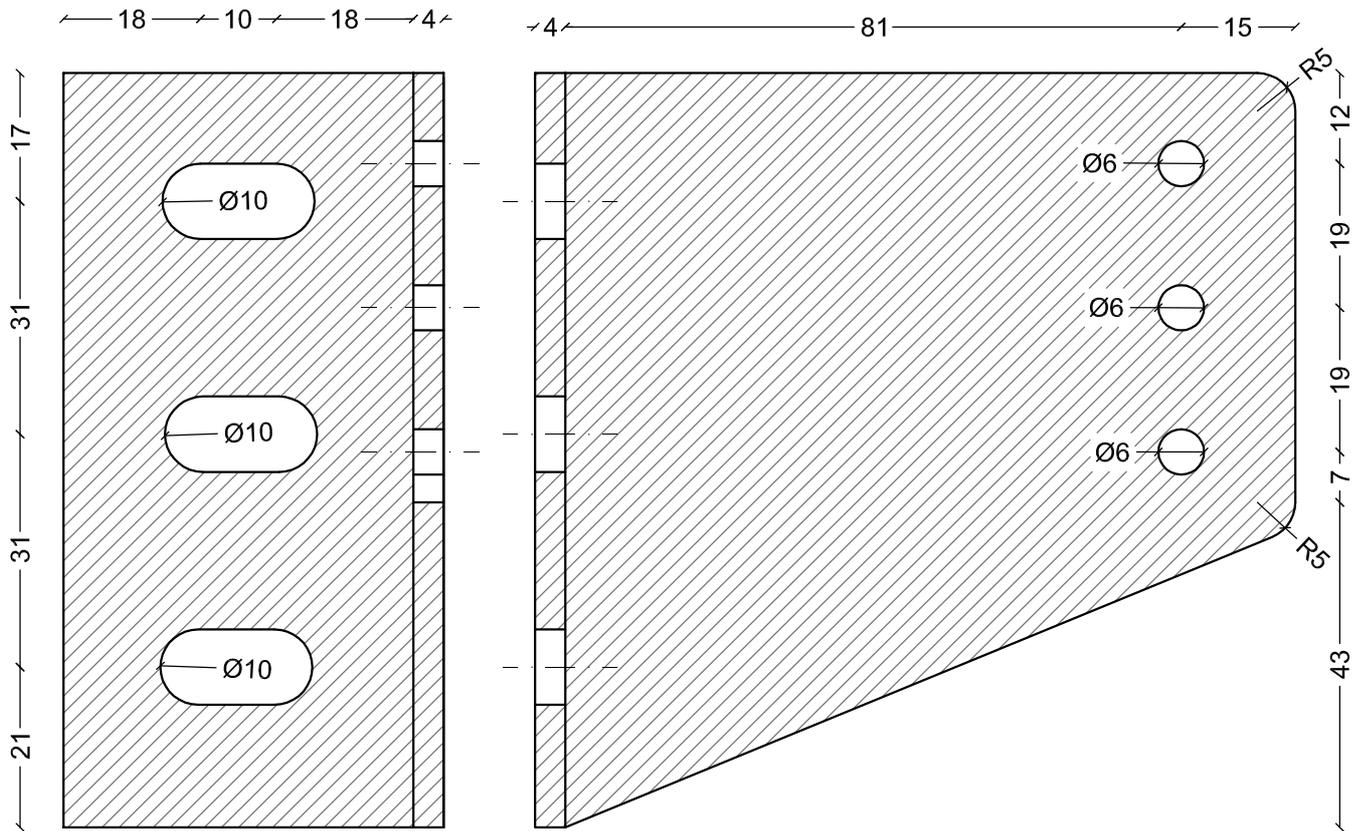


PLANO
PERFIL VERTICAL - DIMENSIONES

AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

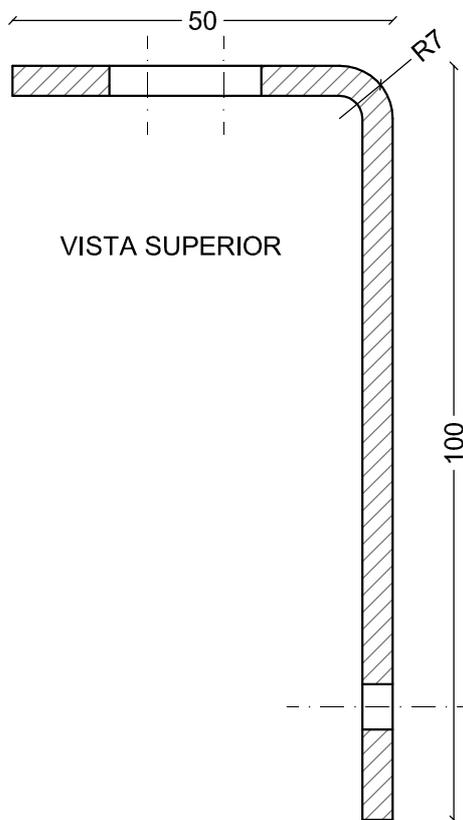
FECHA
OCT 2015

ESCALA
1:1



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

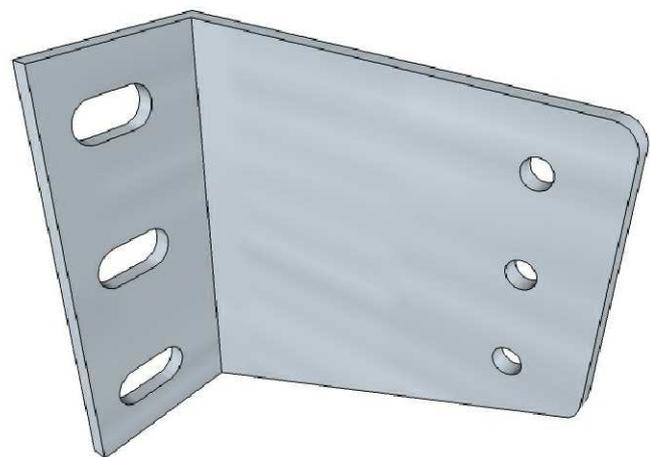


IMAGEN 3D

DIMENSIONES DE LA MÉNSULA (escala 1:1)



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

4

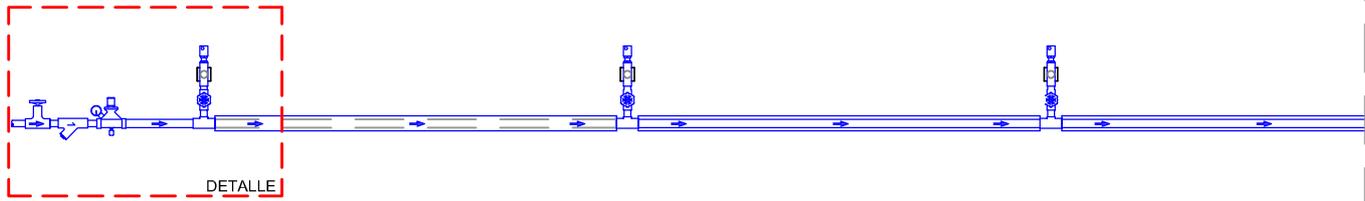


PLANO
MÉNSULA DE FIJACIÓN - DIMENSIONES

AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

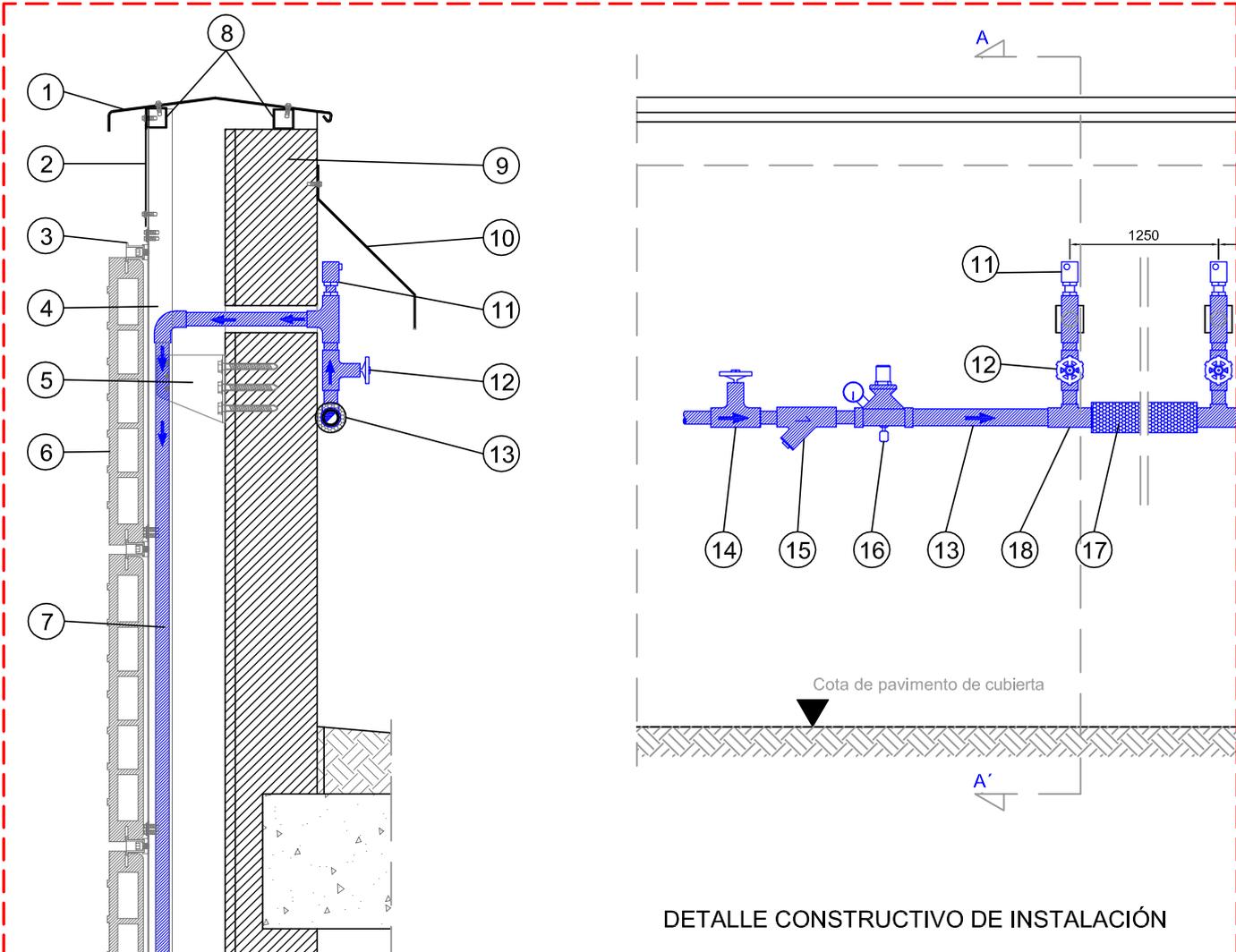
ESCALA
1:1



DETALLE

Cota de pavimento de cubierta

ALZADO ANTEPECHO DE CUBIERTA - INSTALACIÓN GENERAL DE ABASTECIMIENTO



DETALLE CONSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN

- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| ① Albardilla metálica | ⑦ Distribuidor vertical | ⑬ Tubo de alimentación |
| ② Rejilla de ventilación | ⑧ Perfil 30x30x1,5 mm | ⑭ Llave general compuerta |
| ③ Grapa de sujeción | ⑨ Antepecho de cubierta | ⑮ Filtro tipo Y |
| ④ Perfil vertical | ⑩ Chapa de protección | ⑯ Válvula de llenado automático |
| ⑤ Ménsula de fijación | ⑪ Purgador de aire automático | ⑰ Aislamiento térmico |
| ⑥ Evaporador cerámico | ⑫ Válvula de distribuidor | ⑱ Derivación a distribuidor |

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

5

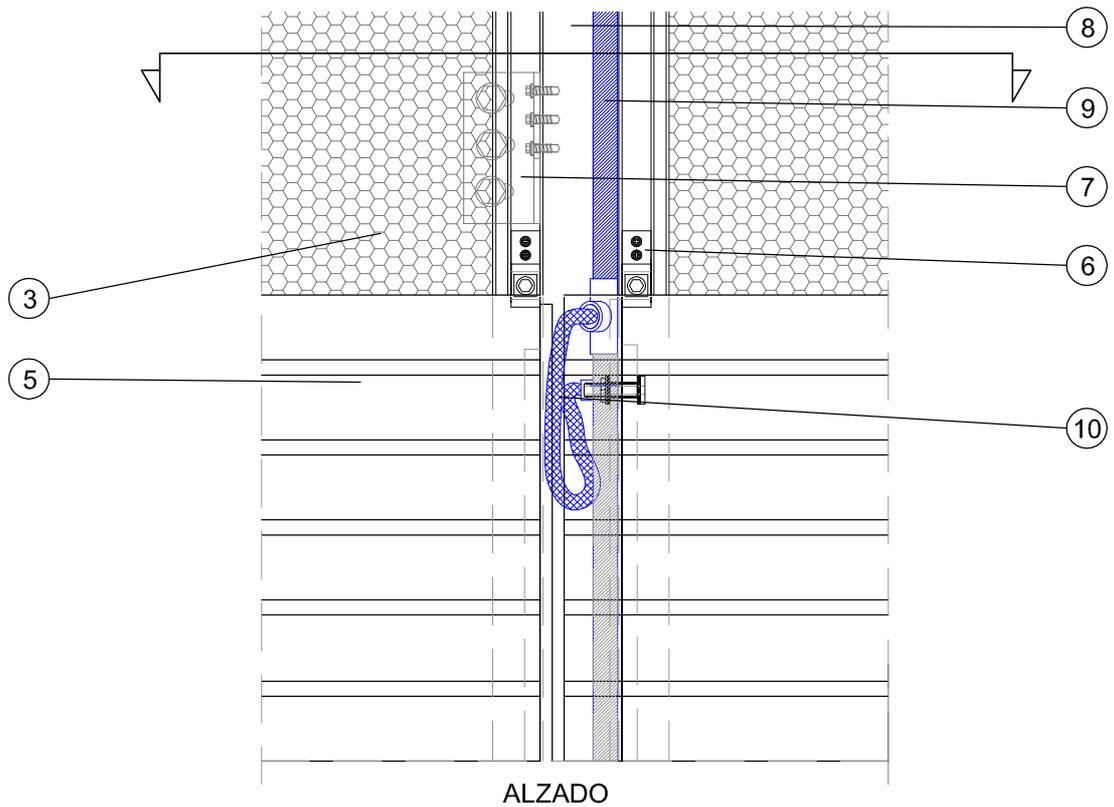


PLANO
INSTALACIÓN DE ABASTECIMIENTO - ALIMENTACIÓN

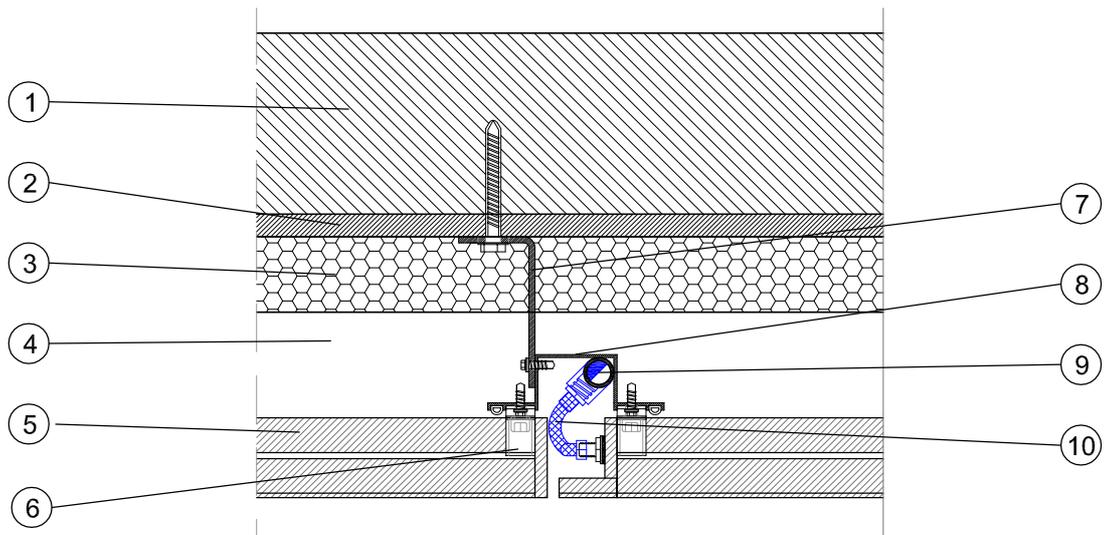
AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

ESCALA
1:10



ALZADO



PLANTA (escala 1:5)

- ① Hoja interior de LP12
- ② Enfoscado de mortero
- ③ Aislamiento térmico
- ④ Cámara de aire
- ⑤ Evaporador cerámico
- ⑥ Grapa de sujeción
- ⑦ Ménsula
- ⑧ Perfil de doble grapa
- ⑨ Distribuidor de agua
- ⑩ Enlace flexible a evaporador



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

6

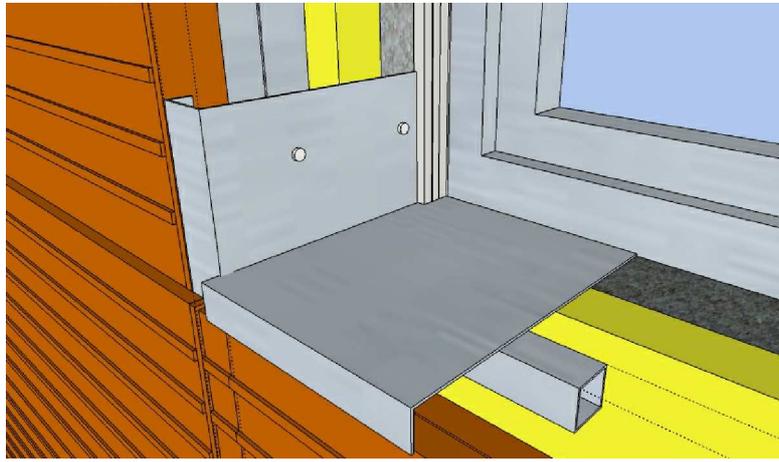


PLANO
DETALLE CONSTRUCTIVO - PAÑO CIEGO

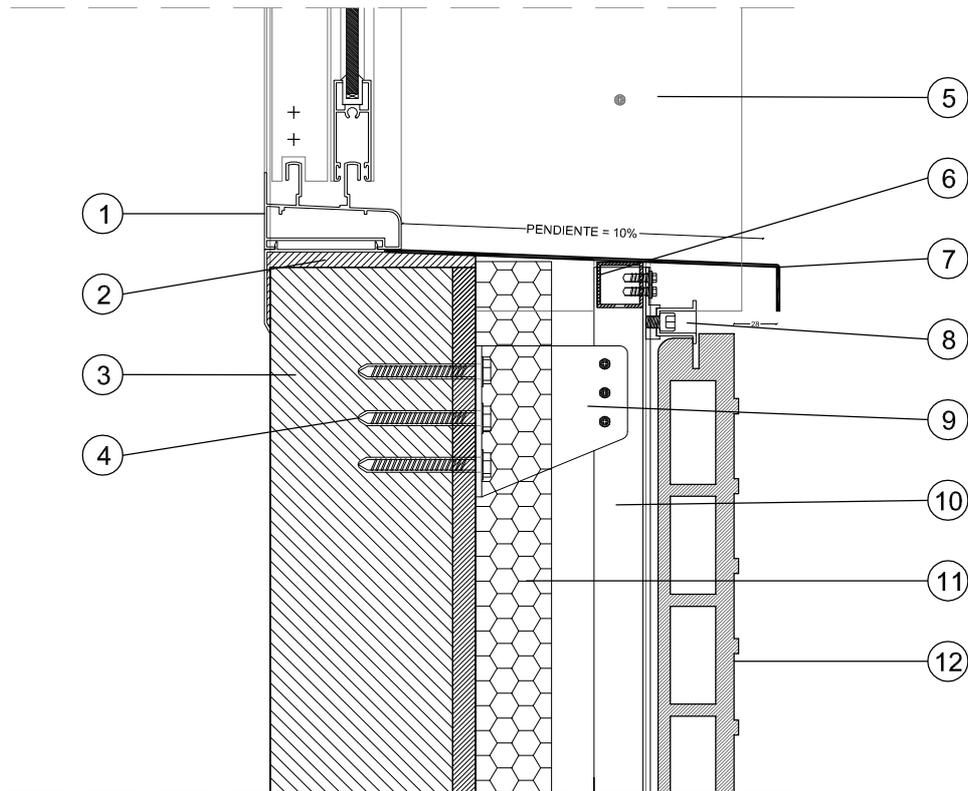
AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

ESCALA
1:5



DETALLE 3D DE ENCUENTRO CON CARPINTERIA EXTERIOR



SECCIÓN - DETALLE DE ENCUENTRO CON VIERTEGUAS (escala 1:5)

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| ① Carpintería exterior | ⑦ Vierteaguas metálico |
| ② Relleno aislante | ⑧ Grapa de sujeción |
| ③ Hoja interior de LP12 | ⑨ Ménsula |
| ④ Anclajes de ménsula | ⑩ Perfil vertical |
| ⑤ Chapa metálica jamba | ⑪ Aislamiento térmico |
| ⑥ Perfil de refuerzo 30x30x1'5 mm | ⑫ Evaporador cerámico |

ESCALA GRÁFICA 0 10 20 cm

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

7



PLANO

DETALLE CONSTRUCTIVO - SECCIÓN VIERTEGUAS

AUTOR

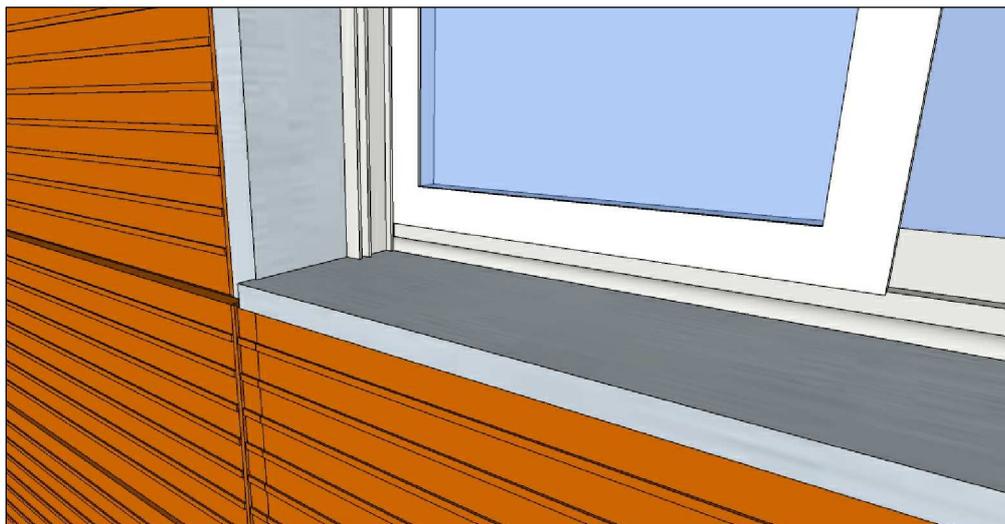
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA

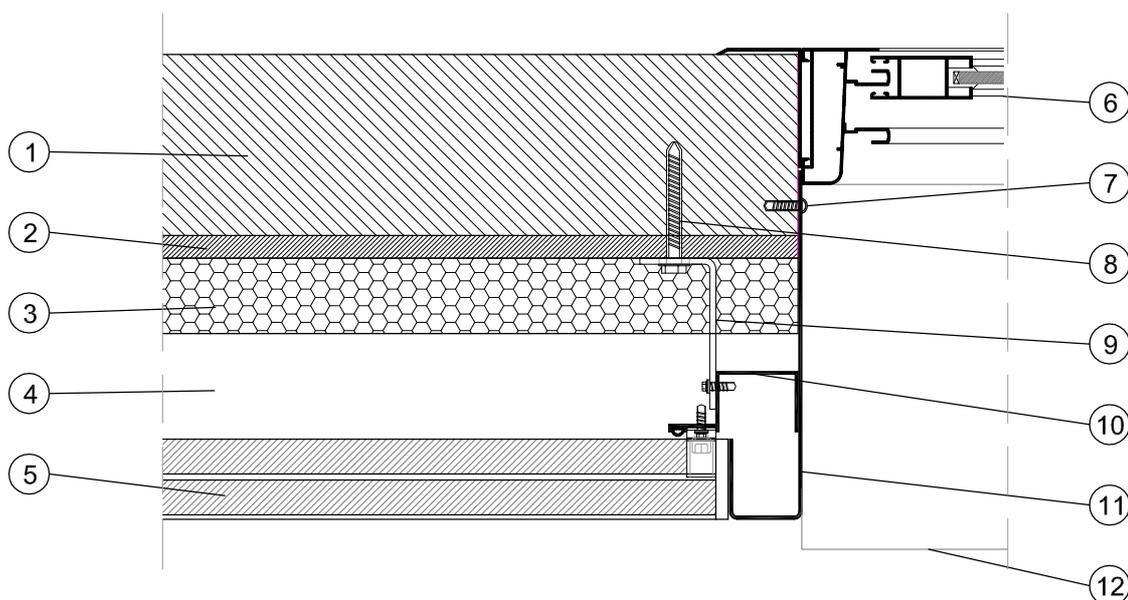
OCT 2015

ESCALA

1:5



DETALLE 3D DE REMATE VIERTEAGUAS



PLANTA - DETALLE CONSTRUCTIVO VIERTEAGUAS (escala 1:5)

- | | |
|-------------------------|--|
| ① Hoja interior de LP12 | ⑦ Fijación de remates |
| ② Enfoscado de mortero | ⑧ Anclaje de ménsula |
| ③ Aislamiento térmico | ⑨ Ménsula |
| ④ Cámara de aire | ⑩ Perfil de simple grapa |
| ⑤ Evaporador cerámico | ⑪ Remate jambas laterales chapa metálica |
| ⑥ Carpintería exterior | ⑫ Vierteaguas metálico |



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

8

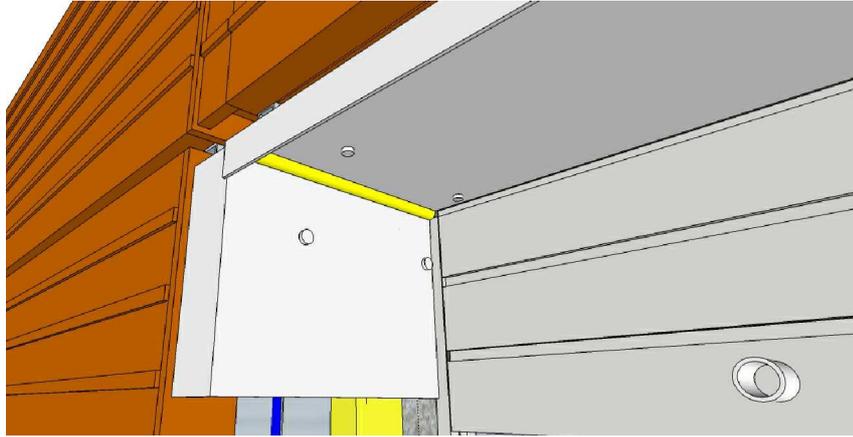


PLANO
DETALLE CONSTRUCTIVO - VIERTEAGUAS

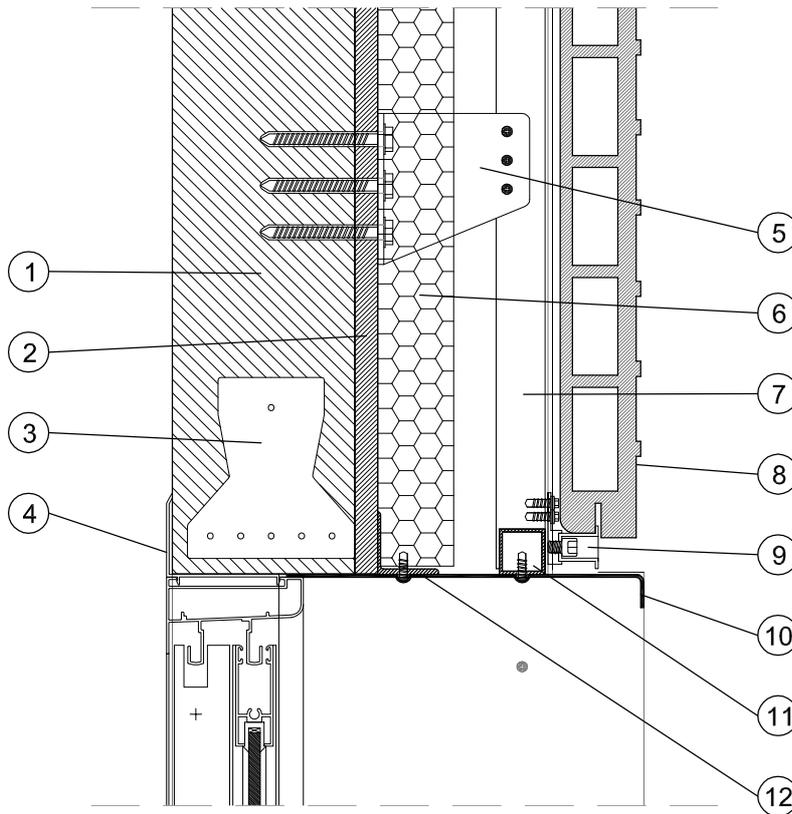
AUTOR
ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA
OCT 2015

ESCALA
1:5



DETALLE 3D DE REMATE SUPERIOR Y LATERAL



SECCIÓN -DETALLE DE ENCUENTRO CON DINTEL SUPERIOR (escala 1:5)

- | | |
|---------------------------|--|
| ① Hoja interior de LP12 | ⑦ Perfil vertical |
| ② Enfoscado de mortero | ⑧ Evaporador cerámico |
| ③ Dintel prefabricado T12 | ⑨ Grapa de sujeción |
| ④ Carpintería exterior | ⑩ Remate dintel de chapa metálica |
| ⑤ Ménsula de anclaje | ⑪ Perfil de refuerzo 30x30x1'5 mm |
| ⑥ Aislamiento térmico | ⑫ Ángulo de refuerzo y estanqueidad 30x30x2 mm |

ESCALA GRÁFICA 0 10 20 cm

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

TFG - DESARROLLO DE LA FACHADA BOTIJO

Nº PLANO

9



PLANO

DETALLE CONSTRUCTIVO - SECCIÓN DINTEL

AUTOR

ALBERTO LLINARES SANZ

FECHA

OCT 2015

ESCALA

1:5

ANEXO 2. ENSAYOS

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	2
2	FASE 1	3
2.1	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA PIEZA CERÁMICA	3
2.1.1	ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA.....	4
2.1.2	ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA BAJO PRESIÓN.....	5
3	FASE 2	8
3.1	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA PIEZA CERÁMICA.	8
3.1.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	8
3.1.2	ENSAYO EN ESTUFA A 80°C.....	9
3.1.3	ENSAYO DE SATURACIÓN Y SECADO.....	10
3.1.4	CICLO HIELO DESHIELO.....	10
4	FASE 3.....	11
4.1	ENSAYOS SOBRE EL SISTEMA COMPLETO CON UN MÓDULO EXPERIMENTAL:	11
4.1.1	ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO DURO	11
4.1.2	ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO BLANDO	11
4.1.3	ENSAYO DE COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO.....	12
4.1.4	ENSAYOS A LA SUBESTRUCTURA. PERFIL VERTICAL.....	12
4.1.5	ENSAYOS A PRESIÓN-SUCCIÓN DE LOS PUNTOS DE FIJACIÓN. ANCLAJES.....	13
4.1.6	ENSAYO DE FATIGA A SUCCIÓN	13

1 INTRODUCCIÓN

El presente TFG desarrolla una fachada ventilada con enfriamiento por evaporación o “fachada botijo” que contribuye activamente en la eficiencia energética del edificio. Para desarrollar las bases de cálculo es imprescindible la realización de ensayos de tipo mecánico e higrotérmico para caracterizar la pieza cerámica y el comportamiento final de la solución constructiva.

Por ello se deben determinar las líneas de actuación orientadas a ofrecer una respuesta a las exigencias básicas contenidas en el Documento Básico Ahorro de Energía del CTE. Asimismo se debería poder determinar el comportamiento térmico del cerramiento, a través de técnicas de modelización como en condiciones reales, utilizando un módulo constructivo experimental.

Los ensayos constarán de tres fases:

FASE 1	Ensayos de determinación del prototipo	Ensayo de capacidad de absorción de agua Ensayo de permeabilidad al agua bajo presión
FASE 2	Ensayos de caracterización de la pieza cerámica:	Ensayo de resistencia a flexión Ensayo en estufa a 80º Ensayo de saturación y secado Ensayos de ciclo hielo-deshielo
FASE 3	Ensayos sobre el sistema completo con un módulo experimental:	Ensayo de choque de cuerpo duro Ensayo de choque de cuerpo blando Ensayo de comportamiento higrotérmico Ensayos a la subestructura. Perfil vertical Ensayos a presión-succión de los puntos de fijación. Anclajes Ensayo de fatiga a succión

1. Tabla de las fases de ensayo

El objetivo de la primera fase de ensayos es establecer sobre un **primer lote de prototipos** el porcentaje adecuado de porosidad y el espesor de paredes para permitir el filtrado del agua a través de la pieza cerámica para producirse la evaporación, sin exudación excesiva o controlada, sometida a presión hidráulica en diferentes ensayos.

La segunda fase consiste en someter a ensayos de resistencia un **segundo lote de prototipos** con las características idóneas según la fase 1, con procedimientos de envejecido acelerado.

El objetivo de la tercera fase es obtener los datos necesarios en términos absolutos para calcular la energía generada (o no consumida) por el sistema de “fachada botijo” sobre un **módulo experimental** construido al efecto; y con ello poder compararlo con una unidad frigorífica con motor eléctrico o bien con otros sistemas de ahorro energético.

2 FASE 1

2.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA PIEZA CERÁMICA

Para la realización de la primera fase de ensayos se deben fabricar prototipos de las piezas cerámicas. Dadas las características del sistema de la fachada botijo, los resultados de los ensayos nos darán respuesta a las dudas sobre las variables asumibles que influyen significativamente en el funcionamiento del elemento constructivo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
POROSIDAD	La porosidad de la arcilla influirá en la capacidad de evaporación de agua por filtración a través de los poros
ESPESOR	El espesor de las paredes de la pieza influirá en la capacidad de evaporación de agua y en la resistencia mecánica de la pieza
PRESIÓN	La presión de agua a la que se somete la pieza influirá en la resistencia mecánica de la pieza y en la transferencia de masas desde el interior al exterior (exudación)

2. Tabla de variables que influyen en el comportamiento de la fachada

Otras variables que no podemos controlar son la velocidad del viento, la temperatura exterior y la humedad exterior, que en los ensayos serán constantes con los valores 3 m/s, 40º y 50% respectivamente.

Para la obtención de tablas en función de las variables mencionadas, será necesario someter a ensayo las piezas cerámicas. La caracterización de las variables se definen de la siguiente manera por combinación entre ellas.

- 3 porcentajes de porosidad: 4%, 6% y 8%.
- 3 grosores de pared: 8, 10 y 12 mm

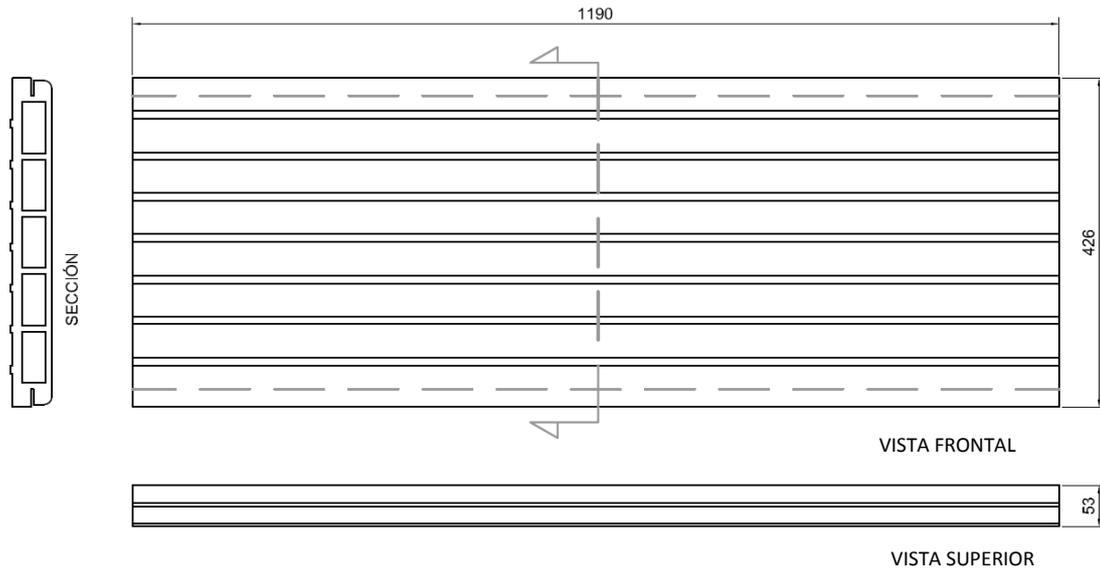
Se fabricarán **9 prototipos** de la pieza cerámica evaporativa que combinan la porosidad y el espesor de pared, a los que se les añadirán las tapas (ver planos **1.1**, **1.2** y **1.3** del anexo 1), para someterlas a ensayo de permeabilidad al agua bajo presión.

PROTOTIPO	POROSIDAD	ESPESOR DE PARED	UDS
1	4%	8 mm	1
2	6%	8 mm	1
3	8%	8 mm	1
4	4%	10 mm	1
5	6%	10 mm	1
6	8%	10 mm	1
7	4%	12 mm	1
8	6%	12 mm	1
9	8%	12 mm	1
Total probetas FASE 1			9

3. Tabla de prototipos en función de la porosidad y el espesor de pared.

Los prototipos a realizar tendrán idénticas medidas exteriores; los resultados de los ensayos básicos determinarán la composición de la arcilla para la fabricación, la temperatura de cocción de la arcilla y el espesor adecuado de las paredes de la pieza.

DIMENSIONES EXTERIORES DE LOS PROTOTIPOS



4. Forma y dimensiones exteriores de los prototipos en mm

Los ensayos a realizar deben estar de acuerdo con las normas **UNE-EN ISO 10545**, el **EOTA** Technical Report TR 001 y el borrador de **la Guía EOTA "Guideline for European Technical Approval of Kits for external wall claddings. Part 1: Ventilated cladding elements and associated fixing devices"**.

La primera fase de ensayos concluirá con la realización de tablas que permitan seleccionar la combinación idónea de porosidad de la arcilla y espesor de paredes de la pieza; de esta combinación se deberán fabricar unidades posteriores para los ensayos en las fases posteriores.

2.1.1 ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA

El ensayo tiene como objetivo determinar la capacidad de absorción de agua de las piezas cerámicas relacionando la masa de la pieza en seco y la masa saturada en agua e inmersión, se debe comprobar que la porosidad exigida a cada prototipo está dentro de los parámetros establecidos.

La prueba consiste en someter un número determinado de baldosas a impregnación en agua, determinando la cantidad de agua que ha sido capaz de absorber cada una de ellas, expresado con un porcentaje de masa seca.

Para llevar a cabo el ensayo se tiene que proceder a secar las baldosas hasta alcanzar una masa constante (diferencia inferior a 0,02 % entre dos pesadas en un intervalo de 24 horas) y enfriarlas a temperatura ambiente en un desecador con hielo de sílice.

Pesadas las piezas y secadas, con precisión 0,01 g, se colocan en un calentador lleno de agua

sin que se lleguen a tocar unas con las otras, de manera que el nivel del agua, por encima y por debajo de las baldosas, sea de 5 cm.

El agua alcanza la ebullición y se mantiene en un espacio de dos horas. Retirar la fuente de calor y dejar enfriar las piezas a temperatura ambiente, manteniéndolas completamente sumergidas durante 4h.

A continuación se extraen y se secan con un seca-manos húmedo y se colocan en una superficie plana. Acto seguido se procede a pesar cada baldosa con una balanza hidrostática con precisión 0,01 g.

$$\text{Capacidad de absorción de agua} = \frac{\text{Peso}_{\text{sat}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100$$

Peso_{sat} = Peso de la baldosa saturada de agua

$\text{Peso}_{\text{seco}}$ = Peso de la baldosa seca en estufa.

Los resultados se rellenarán en la siguiente tabla y se comprobará la porosidad de los prototipos para posteriores ensayos.

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA							
PROBETA	PESO SECO	PESO SAT	PESO SAT - PESO SECO	ABSORCIÓN (%)	VALOR MEDIO	LÍMITE(*)	CUMPLE
1						4%	
4							
7							
2						6%	
5							
8							
3						8%	
6							
9							

(*)Se considera dentro del límite con una variación de $\pm 0,5\%$.

2.1.2 ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA BAJO PRESIÓN

Las probetas se someterán al ensayo de exudación, un ensayo no normalizado diseñado a tal efecto con un objetivo fundamental: **Determinar que probeta evapora mejor el agua sometida a presión en un rango de 0,1bar a 0,5 bar.**

La probeta óptima se considerará la que no exude excesivamente ni provoque pérdidas sustanciales de agua. Además se determinarán las siguientes características:

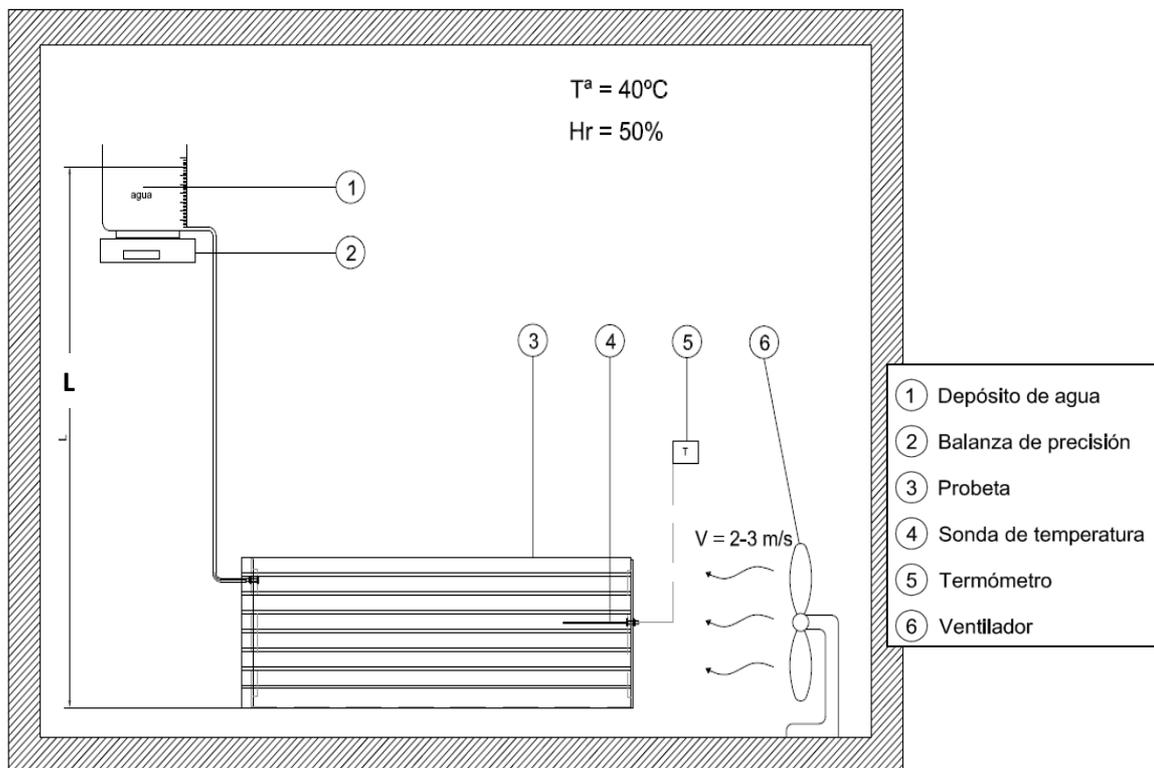
- Transmisión de la masa de agua del interior de la pieza al exterior (en gr/h)
- Diferencia de temperatura entre la cámara (40°C) y el interior de la pieza. (°C/h).

Para la realización del ensayo se someterán todas las probetas a diferentes pruebas para comprobar su comportamiento “transevaporativo”. Para ello se introducirán las probetas en

una cámara de ensayos con las siguientes condiciones:

- Temperatura ambiente de 40 °C
- Humedad relativa de 50 %
- Velocidad del aire 2-3 m/s.

Se deben anotar los datos a las 3 horas de comenzar el experimento y cada hora, de la temperatura interior de la pieza cerámica expresado en °C y de transferencia de agua del interior del prototipo al exterior expresado en gramos, hasta que los datos sean constantes, como se muestra en la figura siguiente.



5. Esquema de ensayo de permeabilidad de la pieza cerámica en una cámara acondicionada.

Las probetas se someterán a diferentes ensayos para determinar el comportamiento de los prototipos bajo la presión del agua, bien con un tubo vertical como el de la figura o bien con instrumental de laboratorio que permitan reproducir la presión hidráulica equivalente a las siguientes.

- Ensayo de permeabilidad 1 $\rightarrow L=1000 \text{ mm } (\pm 500 \text{ mm})$.
- Ensayo de permeabilidad 2 $\rightarrow L= 3000 \text{ mm } (\pm 500 \text{ mm})$.
- Ensayo de permeabilidad 3 $\rightarrow L= 5000 \text{ mm } (\pm 500 \text{ mm})$.

Los datos se anotarán en las siguientes tablas:

ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA 1 → L = 1000mm ± 500 mm = 0,1 bar															
PROBETA	HORA:		OBSERVACIONES												
	Tª(°C)	m(g)													
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA 2 → L = 3000mm ± 500 mm = 0,3 bar															
PROBETA	HORA:		OBSERVACIONES												
	Tª(°C)	m(g)													
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
ENSAYO DE PERMEABILIDAD AL AGUA 3 → L = 5000mm ± 500 mm = 0,5 bar															
PROBETA	HORA:		OBSERVACIONES												
	Tª(°C)	m(g)													
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															

3 FASE 2

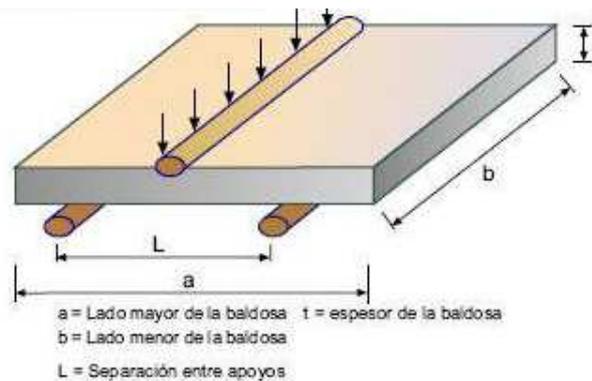
3.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA PIEZA CERÁMICA.

Una vez seleccionado el prototipo con mejor comportamiento en la cámara de ensayos, **se fabricarán nuevamente probetas con las características del prototipo**, para realizar el resto de ensayos a las piezas y al sistema completo. Dada la esbeltez de la baldosa cerámica, con grandes dimensiones de longitud y anchura respecto al grosor, la resistencia a flexión nos aproxima a la resistencia mecánica de la pieza en su conjunto ante agresiones de diferente naturaleza como son cargas dinámicas y estáticas, impactos, viento,...

3.1.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN

Se determina sometiéndolas a rotura por flexión. El ensayo se hará sobre 5 probetas de dimensiones 1190 x 426 mm aplicando una carga en el centro de la pieza. La luz entre apoyos será de 1150 mm. Se deberá medir la carga de rotura de las baldosas (kN) y calcular su módulo resistente a flexión (MPa) según el siguiente esquema:

$$\text{Módulo resistente a flexión} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2} = \frac{3 \times P \times 1150}{2 \times 426 \times t^2} = 4,049 \times \frac{P}{t^2}$$



Se deduce de la fórmula superior que el módulo resistente dependerá directamente del grosor de la pieza (t), que corresponderá con el grosor del prototipo seleccionado del ensayo anterior, como se expresa en la tabla inferior.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
PROBETA	t ² en mm ²	CARGA DE ROTURA P(Kn)	VALOR MEDIO	Modulo R a flexión= $4,049 \times \frac{P}{t^2}$
A1				
B1				
C1				
D1				
E1				

La probeta de ensayo será la pieza entera, previamente habrá que rebajar mecánicamente el estriado longitudinal de la cara vista de la pieza cerámica en la zona de apoyo de la fuerza según el esquema del ensayo.

La carga se aplicará sin golpes, y se incrementará uniformemente hasta rotura, a una velocidad tal que esta rotura se produzca en 45 segundos aproximadamente. Si no fuese así, la probeta se sustituirá por otra, no teniendo en cuenta el resultado obtenido.

3.1.2 ENSAYO EN ESTUFA A 80°C.

Se determina para cada ensayo de durabilidad, la carga de rotura y la tensión de rotura para 5 baldosas de 1190 mm x 426 mm x 50 mm de dimensiones nominales, de acuerdo a lo definido en el apartado 3.2, una vez se ha realizado el ensayo de envejecimiento acelerado.

Se mantienen 2 grupos de 5 piezas cerámicas en estufa a la temperatura de 80°C, un grupo se someterá a ensayo de resistencia a flexión a los 28 días y el otro a los 56 días; el ensayo de flexión se realizará de acuerdo a lo definido en el apartado 2.1.1.

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN ESTUFA A 28 DÍAS				
PROBETA	t ² en mm ²	CARGA DE ROTURA P(Kn)	VALOR MEDIO	Modulo R a flexión= $4,049 \times \frac{P}{t^2}$
A2				
B2				
C2				
D2				
E2				
ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN ESTUFA A 56 DÍAS				
PROBETA	t ² en mm ²	CARGA DE ROTURA P(Kn)	VALOR MEDIO	Modulo R a flexión= $4,049 \times \frac{P}{t^2}$
A3				
B3				
C3				
D3				
E3				

3.1.3 ENSAYO DE SATURACIÓN Y SECADO

Se someten 5 5 probetas a la acción del siguiente ciclo, según se define en la norma UNE-EN 494:1995, ensayo 7.3.5:

- Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 18 horas
- Secado en estufa a 60 ± 5 °C durante 6 horas.

Después de 50 ciclos se someten a ensayo según se define en el ensayo 2.1.1 Resistencia a flexión:

ENSAYO DE SATURACIÓN Y SECADO				
PROBETA	t ² en mm ²	CARGA DE ROTURA P(Kn)	VALOR MEDIO	Modulo R a flexión= $4,049 \times \frac{P}{t^2}$
A4				
B4				
C4				
D4				
E4				

3.1.4 CICLO HIELO DESHIELO.

El ensayo consiste en realizar el siguiente ciclo hielo-deshielo, según se define en la norma UNE-EN 494:1995, ensayo 7.4.1:

- Enfriamiento en congelador a -15 °C durante 3h
- Inmersión en agua a temperatura ambiente durante 3 horas.

Las tensiones de rotura y carga de rotura obtenidas después de 50 ciclos para las baldosas cerámicas se expresarán en la siguiente tabla, procediendo a ensayo según se define en el ensayo 2.1.1 Resistencia a flexión:

ENSAYO DE HIELO-DESHIELO				
PROBETA	t ² en mm ²	CARGA DE ROTURA P(Kn)	VALOR MEDIO	Modulo R a flexión= $4,049 \times \frac{P}{t^2}$
A5				
B5				
C5				
D5				
E5				

4 FASE 3

4.1 ENSAYOS SOBRE EL SISTEMA COMPLETO CON UN MÓDULO EXPERIMENTAL:

Con los ensayos sobre la pieza cerámica concluidos, se completarán los ensayos con la construcción de un módulo experimental para los ensayos sobre los elementos que componen la subestructura, así como para determinar el comportamiento higrotérmico del sistema de fachada botijo.

Para ello se realizará un montaje sobre un cerramiento de ladrillo perforado sin aislamiento, de dimensiones exteriores 2,5 m de lado por 2,5 m de altura aproximadamente, con todos los componentes de la subestructura, incluidas las aberturas de ventilación en el arranque inferior del revestimiento y la salida en el remate de coronación de fachada.

Se fabricarán asimismo prototipos de la perfilería vertical y ménsulas (ver planos 3 y 4). Los perfiles verticales, grapas y ménsulas están diseñados en aluminio extrusionado y tiene que ser conforme a las especificaciones técnicas de calidades de aluminio de aleación 6061 con tratamiento T6.

Para la tornillería se emplearán fabricantes homologados con marcado CE o documento equivalente como **INDEX fixing systems**. Para la unión del perfil vertical a las ménsulas se utilizarán tornillos autotaladrantes DIN 7504k de acero inoxidable A2 de cabeza hexagonal 5´5x19mm con junta de EPDM estampada.

Los anclajes de la ménsula al muro soporte a base de ladrillo perforado se realizará como en las instrucciones de montaje (ver apartado 8.4). En función del material del muro soporte se instalarán y dispondrán las ménsulas necesarias.

4.1.1 ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO DURO

El ensayo se realizará conforme a las especificaciones establecidas en establecidas la Guía ETAG (European Technical Approval Guidelines) Para la realización del ensayo se procederá a impactar bolas de acero de 500 gramos y 1000 gramos de peso sobre las piezas cerámicas dispuestas en una de las caras del módulo experimental y anotar lo que sucede, estando la pieza anclada únicamente en sus cuatro extremos.

ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO DURO	
ENERGÍA DE IMPACTO	EFECTO
1 Julio	
3 Julios	
10 Julios	

4.1.2 ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO BLANDO

El ensayo se realizará conforme a las especificaciones establecidas en establecidas la Guía ETAG (European Technical Approval Guidelines). Para la realización del ensayo se procederá a impactar sacos de 3 kg y 50 kg de peso sobre las piezas cerámicas dispuestas en una de las caras del módulo experimental y anotar lo que sucede, estando la pieza anclada únicamente en sus cuatro extremos.

ENSAYO DE CHOQUE DE CUERPO BLANDO	
ENERGÍA DE IMPACTO	EFEECTO
1 Julio	
3 Julios	
10 Julios	

4.1.3 ENSAYO DE COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

El ensayo se realizará conforme a las especificaciones establecidas la Guía ETAG (European Technical Approval Guidelines) en una cámara de ensayos que reproduzca condiciones extremas de temperatura y humedad.

El ensayo se realiza en dos fases:

1. CALOR-LLUVIA

Se somete al conjunto a 80 ciclos consistentes, cada ciclo en:

- Calentamiento a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora para alcanzar la temperatura y 2 horas de mantenimiento.
- Rociado de agua durante una hora
- Drenaje durante dos horas.
- Pausa de 10 minutos

Verificándose que después de los 80 ciclos no se aprecia ningún defecto aparente en las piezas cerámicas ni deformaciones permanentes en los anclajes o perfiles de la subestructura.

2. CALOR-HIELO

Se somete al conjunto a 5 ciclos consistentes cada ciclo en:

- Calentamiento a $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante una hora para alcanzar la temperatura y 7 horas de mantenimiento
- Enfriamiento a $-20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante una hora para alcanzar la temperatura y 14 horas de mantenimiento.

Verificándose que después de los 5 ciclos no se aprecia ningún defecto aparente en las piezas cerámicas ni deformaciones permanentes en los anclajes ni en la subestructura.

4.1.4 ENSAYOS A LA SUBESTRUCTURA. PERFIL VERTICAL

a) RESISTENCIA A EMPUJE DEL VIENTO.

El ensayo determinará la aptitud del perfil vertical de aluminio sometido a una carga en su sección central. La longitud del perfil será de 1500 mm biapoyado, la carga se aplicará según el empuje del viento y obtener la curva carga-deformación para verificar que el perfil trabaja elásticamente.

b) RESISTENCIA A SUCCIÓN DEL VIENTO

El ensayo determinará la aptitud del perfil vertical de aluminio sometido a una carga en su sección central. La longitud del perfil será de 1500 mm biapoyado, la carga se aplicará según la succión del viento y obtener la curva carga-deformación para verificar que el perfil trabaja elásticamente.

4.1.5 ENSAYOS A PRESIÓN-SUCCIÓN DE LOS PUNTOS DE FIJACIÓN. ANCLAJES

El ensayo determinará la resistencia a succión al viento de los sistemas de fijación de la fachada ventilada.

Para la realización del ensayo se dispondrá una pieza cerámica anclada a dos perfiles de aluminio anclada en sus cuatro extremos. Se realizarán 2 series de tres ensayos, una serie con la carga actuando en la dirección del viento y la otra serie con las cargas actuando en el sentido de la succión del viento.

4.1.6 ENSAYO DE FATIGA A SUCCIÓN

El ensayo determinará la resistencia a fatiga a succión al viento de los sistemas de fijación de las fachadas ventiladas. El ensayo se realizará aplicando una carga a una frecuencia de 0,5 Hz durante 25.000 ciclos sobre tres piezas cerámicas.

Completado el ensayo de fatiga se realiza el ensayo estático tipo inicial a succión de viento.

ANEXO 3. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LA GRAPA DE SUJECCIÓN

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	2
2	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	2
3	ACCIONES	2
3.1	PESO PROPIO (G)	2
3.2	ACCIÓN DEL VIENTO	3
4	MODELO GEOMÉTRICO	4
5	COMBINACIÓN DE ACCIONES	5

1 INTRODUCCIÓN

A falta de justificar las características mecánicas de las piezas cerámicas, se analizará la resistencia de la sección más débil de la grapa de sujeción sometida a las acciones peso propio y el viento. La fabricación de las grapas se realizará con aluminio AA 6061 con tratamiento T6, se trata de una aleación de aluminio con magnesio y silicio. Se caracteriza por su excelente resistencia a la corrosión y se puede trabajar mucho más que otras aleaciones.

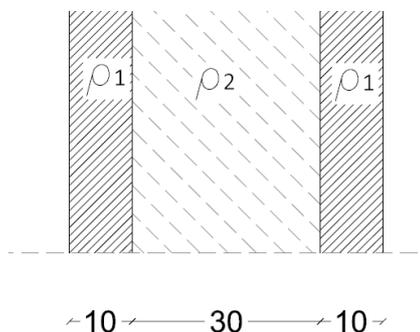
2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

PROPIEDADES ALUMINIO 6061 CON TRATAMIENTO T6	
LÍMITE ELÁSTICO	270 MPa
CARGA DE ROTURA	310 MPa
DENSIDAD	27 Kn/m ³
DUREZA BRINELL	95
MÓDULO ELÁSTICO	70 GPa

3 ACCIONES

3.1 PESO PROPIO (G)

El peso propio a tener en cuenta es el de la hoja exterior formada por las piezas cerámicas llenas de agua. El valor característico del peso propio se determinará como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios.



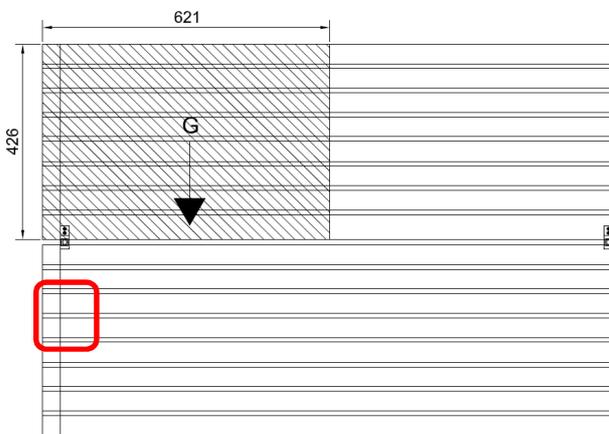
1. Sección media de la pieza cerámica

CERÁMICA -> $\rho_1 = 20 \text{ KN/m}^3$

AGUA -> $\rho_2 = 10 \text{ KN/m}^3$

$$\rho = \frac{3}{5} \cdot 10 \text{ KN/m}^3 + \frac{2}{5} \cdot 20 \text{ KN/m}^3$$

$$\rho = 14 \text{ KN/m}^3$$



2. Reparto del peso del revestimiento sobre las grapas

$$G = \text{Volumen} \cdot \rho$$

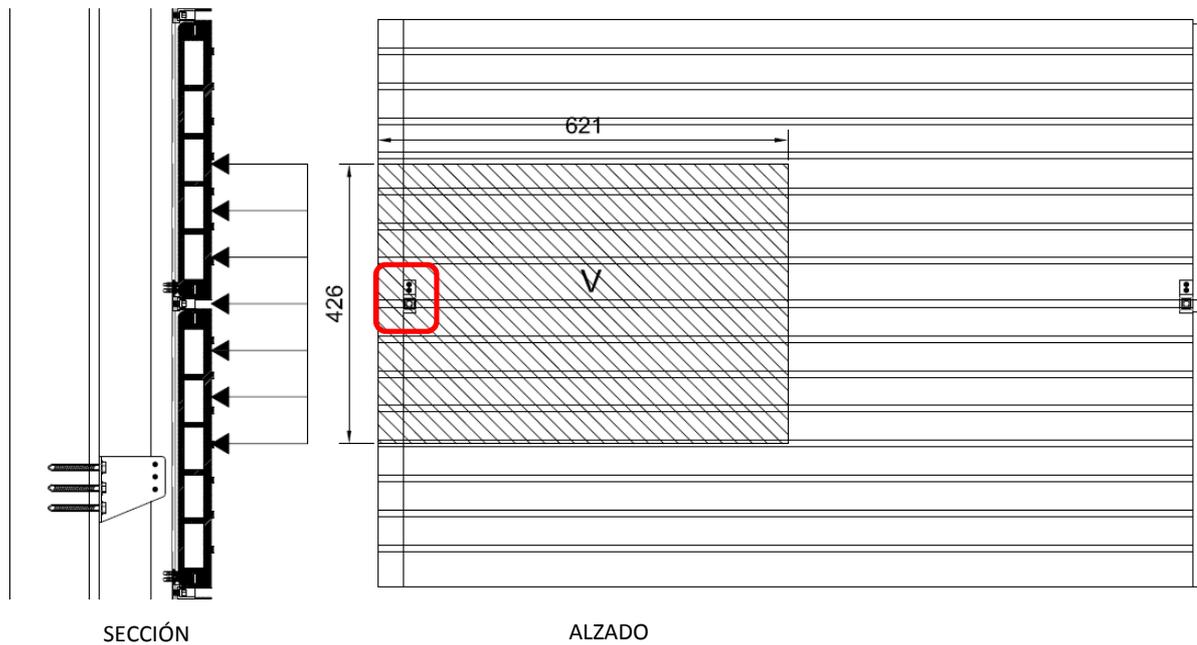
$$G = ((621 \cdot 426) \cdot 50) \cdot 14 \text{ kN/m}^3$$

$$G = 0,185 \text{ kN}$$

$$G = 0,185 + 30\% \approx 0,25 \text{ kN}$$

3.2 ACCIÓN DEL VIENTO

Para hallar los datos de acción del viento se supondrán las pésimas condiciones según el Documento Básico SE – seguridad estructural del CTE.



3. Reparto del peso del revestimiento sobre las grapas

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

$Q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$ (Zona C según Anejo D)

$C_e = 3,7$ (Exposición I, $h=30\text{m}$)

$C_p = -1,2$ (Área superior a 10 m^2)

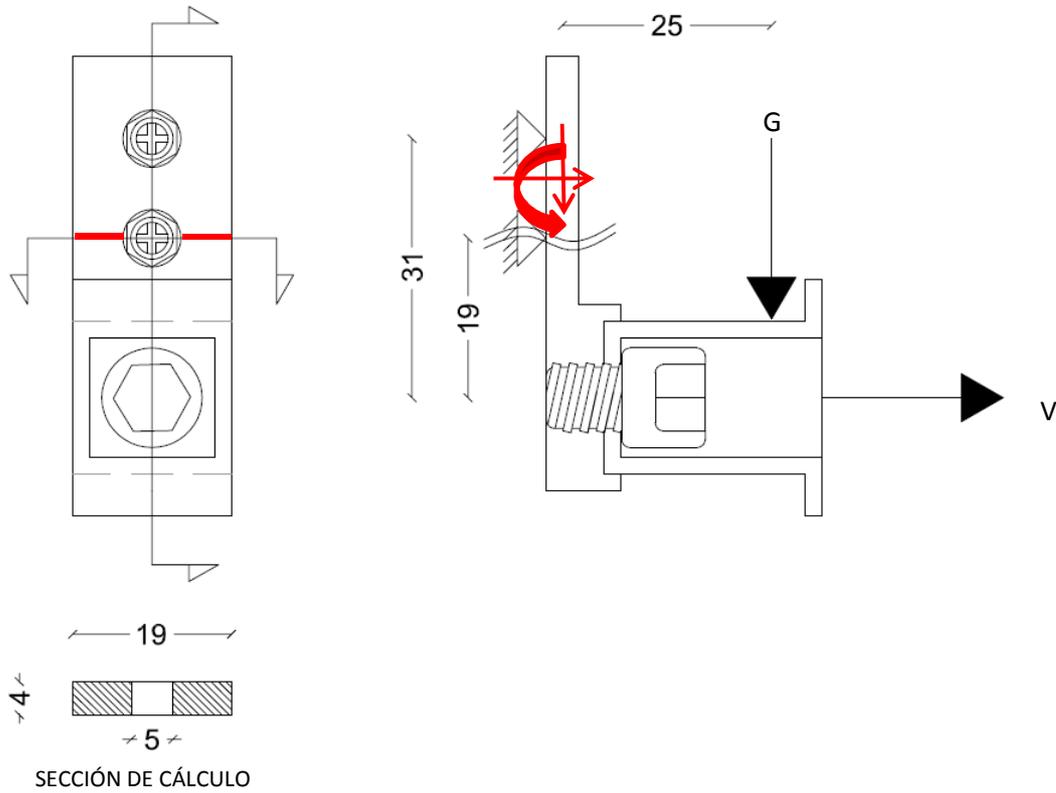
$Q_e = -2,308 \text{ kN/m}^2$

$V = q_e \times \text{Area}$

$V = -2,308 \text{ kN/m}^2 \times (0,621 \times 0,426)\text{m}$

$V = -0,61 \text{ kN}$

4 MODELO GEOMÉTRICO



$$A_{neta} = (19 - 5) \times 4 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$A_{neta} = 56 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$W_{el} = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$W_{el} = 37,33 \text{ mm}^3$$

$$M_G = (G \times 25\text{mm})$$

$$M_G = (0,25 \text{ kN} \times 0,025 \text{ m})$$

$$M_G = 6,25 \times 10^{-3} \text{ kNm}$$

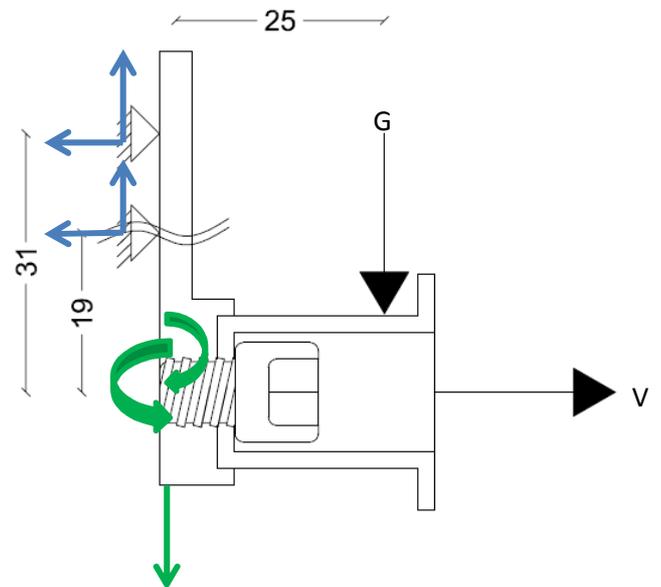
$$M_v = (V \times 19\text{mm})$$

$$M_v = (-0,61 \text{ kN} \times 0,019 \text{ m})$$

$$M_v = -11,6 \times 10^{-3} \text{ kNm}$$

$$N_G = -G$$

$$N_G = -0,25 \text{ Kn}$$



5 COMBINACIÓN DE ACCIONES

$$N_{Ed} = 1,35 \times N_G$$

$$M_{Ed} = 1,35 \times M_G + 1,5 \times M_v$$

FLEXIÓN COMPUESTA (CLASE 3)

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{el,Rdz}} \leq 1$$

$$N_{pl,Rd} = A \times f_{yd} = 56 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 270000 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{pl,Rd} = 15,12 \text{ kN}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el} \times f_{yd} = 37,33 \text{ mm}^3 \times 270000 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{el,Rdz} = 10,1 \times 10^{-3} \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1,35 \times N_G = 0,34 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \times M_G + 1,5 \times M_v = 8,44 + (-17,40)$$

$$M_{Ed} = 8,96 \times 10^{-3} \text{ kNm}$$

$$\frac{0,34 \text{ kN}}{15,12 \text{ kN}} + \frac{8,96 \times 10^{-3} \text{ kNm}}{10,1 \times 10^{-3} \text{ kNm}} = 0,91 \leq 1$$

CUMPLE

