

REVESTIMIENTO CERÁMICO CON FUNCIÓN FOTOVOLTAICA

Grado en Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos

Autora: Fàtima Jiménez Miralles

Tutor: Wenceslao Rambla Zaragoza

Lectura: Noviembre 2016



ÍNDICE

1. Memoria

- 1.1 Objeto del proyecto.
- 1.2 Alcance del proyecto.
- 1.3 Antecedentes:
 - 1.3.1 Productos fotovoltaicos y su funcionamiento.
 - 1.3.2 Productos cerámicos actuales.
 - 1.3.3 Fachadas ventiladas.
 - 1.3.4 Certificado LEED
- 1.4 Estudio del producto.
 - 1.4.1 Estudios de mercado.
 - 1.4.2 La energía fotovoltaica en el sector cerámico.
 - 1.4.3 Requisitos de diseño, especificaciones y demandas del mercado.
- 1.5 Resultados y solución final.
 - 1.5.1 Revestimiento cerámico fotovoltaico.
 - a) Estudio de alternativas y viabilidad.
 - b) Solución final:
 - Descripción.
 - Materiales.
 - Proceso de fabricación.
 - Energía generada.
 - Secuencia de montaje.
 - Embalaje y transporte.
 - 1.5.2 Fachada ventilada: anclajes.
 - a) Estudio de alternativas y viabilidad.
 - b) Solución final:
 - Descripción.
 - Materiales.
 - Proceso de fabricación.
 - Despiece.
 - Secuencia de montaje.
 - Embalaje y transporte.
 - 1.5.3 Nivel LEED alcanzado.
- 1.6 Ambientaciones y renders.

2. Presupuesto

- 2.1 Coste materias primas.
- 2.2 Coste del embalaje.
- 2.3 Coste de la mano de obra.
- 2.4 Coste de instalación.
- 2.5 Coste final: PVP.

3. Planos

- 3.1 Plano del revestimiento.
- 3.2 Plano del perfil.
- 3.3 Plano de los anclajes.

4. Pliego de condiciones

- 4.1 Proceso de fabricación.
- 4.2 Despiece.
- 4.3 Secuencia de montaje.
- 4.4 Embalaje y transporte.

5. Anexo

- 5.1 Bibliografía y otras fuentes.
- 5.2 Programas utilizados para la realización del proyecto.



1 MEMORIA



1.1 Objeto del proyecto

El principal objetivo del presente proyecto es el de convertir un producto estándar, un revestimiento cerámico de los que se encuentran en el mercado actual, en un producto “eco”. Los productos actuales ofrecen gran variación estética: se modifican colores, formas, técnicas de esmaltado... pero pocas ofrecen alternativas funcionales; todas las mejoras se centran en el componente estético.

En un mercado tan saturado como el cerámico y a su vez tan centrado en la estética, las posibilidades funcionales que ofrecen los revestimientos cerámicos se basan sólo en el uso como aislante y como embellecedor. Por esta misma razón el estudio del proyecto se centrará más en la parte funcional, se aumentará la gama de posibilidades para el producto.

Se dotará al diseño con una capa fotovoltaica, que permitirá generar energía eléctrica y en consecuencia, un ahorro económico en la factura de la luz. También se ahorrará en el volumen de materias primas utilizadas, ya que se fomentará el uso de materiales reciclados. La instalación será un componente muy a tener en cuenta, ya que con ello se puede ahorrar tiempo, energía, dinero, etc. Todo ello se realizará sin dejar de lado el componente estético.

La concienciación actual de la población con el medio ambiente es grande y real, de ahí que se haya decidido como la base del proyecto, la realización de un producto que satisfaga estas demandas. Se estudiará a fondo el mercado y las especificaciones de los usuarios para llegar a un producto final adecuado.

No se deberá perder de vista en ningún momento el factor económico, ya que se desea un producto que pueda competir fácilmente en el mercado actual. Los usuarios tienen asociado que, por norma general, un producto “eco” es caro; para ello se intentará realizar el diseño de forma lógica y atendiendo a este factor. El precio final del producto no debería diferenciarse mucho de los actuales, pero si ello fuese inevitable, esto se vería rápidamente compensado con la mejoría funcional del producto respecto a los actuales. También se hará hincapié en que esa diferencia de precio se amortizaría fácilmente con el tiempo, ya que el ahorro energético producido por la capa fotovoltaica del producto, compensaría su precio inicial.

Se le otorgará al producto un valor añadido mediante la vía “eco”: función fotovoltaica, utilización de materiales reciclados, ahorro energético, etc.

1.2 Alcance del proyecto

El proyecto se basará en el diseño completo del producto, desde la adquisición de las materias primas hasta la elaboración del producto en la fábrica y su posterior comercialización.

En el análisis inicial, se examinará cuáles son las restricciones o puntos débiles que podrían existir en el producto y se estudiarán con detalle las especificaciones para mejorarlo teniendo en cuenta los factores técnicos del propio producto, así como factores externos, como es la clientela de nivel medio-alto a la que va dirigida, ya que su precio podría ser superior al del producto estándar debido a las mejoras en su funcionalidad. Con todas las especificaciones detalladas, se desarrollarán nuevas alternativas y se obtendrán resultados óptimos siendo la opción elegida la que se adaptará mejor a los resultados esperados, aquella que sea más viable.

Una vez elegida la solución final del diseño, se realizarán los planos técnicos correspondientes a todos los elementos que se hayan diseñado: el revestimiento cerámico y las piezas principales para su anclaje en la fachada. Igualmente las piezas que compondrán todo el anclaje serán detalladas en un listado de despiece.

También se realizarán ambientaciones con el diseño final, de esta manera se podrá visualizar el producto desarrollado durante el proyecto en diferentes espacios y así poder valorar su parte más estética.

Una parte muy importante del proyecto será el documento del presupuesto, donde estará desarrollado el coste de cada una de las piezas y donde se podrá ver reflejado si se ha avanzado o no en el ámbito económico.

Para desarrollar todas las partes que compondrán el proyecto, hay una serie de factores externos que se tendrán en cuenta para obtener unos buenos resultados, como un análisis del sector, estudio del producto de la competencia, análisis comerciales, estudio de la viabilidad de los procesos de fabricación, etc.

No obstante, para poder iniciar el proyecto se estimarán ciertos datos:

- Se partirá de la existencia de empresas con maquinaria adecuada para los procesos productivos necesarios para la fabricación del azulejo, que será la base del revestimiento. Así como aquellas que aportarán el material para la capa fotovoltaica.

- Se estimará un número de metros cuadrados a vender anualmente, la energía producida y ahorrada por ellos, así como unas características particulares para el desarrollo de otras fases del proyecto como podrá ser el Plan de Marketing.
- Para desarrollar el Plan de Marketing se estimará necesario contar con una serie de establecimientos de venta dentro del sector de la construcción y de la cerámica, donde exponer el producto en diferentes espacios, y potenciar que el cliente pruebe y vea de cerca el producto y sus características.
- Los documentos que formarán este proyecto permitirán fabricar el producto, venderlo a un precio competitivo y promocionarlo gracias al trabajo de ingeniería y diseño gráfico elaborado.
- Se detallará claramente qué piezas irán montadas en fábrica, para facilitar la instalación al cliente, y qué piezas no irán montadas por motivos de prevención de daños.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Productos fotovoltaicos y su funcionamiento.

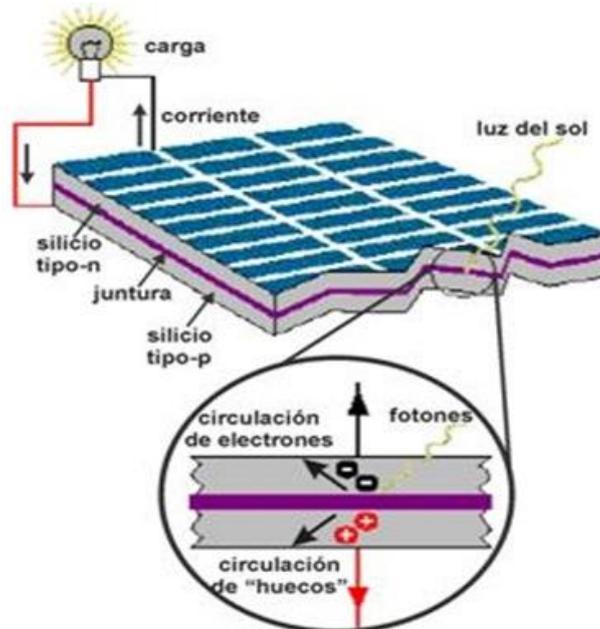
Para poder llegar al producto final primero se deberá estudiar cómo han evolucionado a lo largo de los años los sistemas fotovoltaicos, para poder lograr el mejor resultado.

Dentro de los productos fotovoltaicos se distinguen dos grupos: los de aplicación aeroespacial y los de uso doméstico. Este proyecto se centrará en los segundos, para ello se hará un breve resumen de su funcionamiento y evolución.

- **Funcionamiento.**

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, llamados comúnmente placas solares, consiste en generar electricidad gracias a la luz que incide sobre ellos, mediante el efecto fotoeléctrico. Los fotones, que provienen de la radiación solar, impactan sobre la capa exterior del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

Los paneles de uso doméstico están fabricados en su mayoría con silicio, ya que es un semiconductor que absorbe bien los fotones de la luz solar. El silicio, al tener una buena alineación molecular, permite generar electricidad manteniendo una buena eficiencia. La relación “absorción-generación de energía” es alta, lo que entra es similar a lo que se produce. Después de la absorción, los fotones golpean los electrones de las capas exteriores del silicio, lo que provoca que estos se desprendan de los átomos y su movimiento genere la electricidad. Esta electricidad es transformada en corriente continua gracias a los paneles.

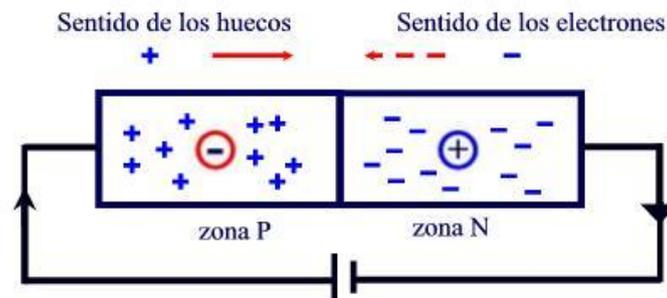


1.1. Esquema del efecto fotovoltaico. Los fotones inciden y provocan el movimiento de los electrones.

- **Evolución fotovoltaica.**

Gracias a los estudios realizados durante décadas, se pueden distinguir cuatro generaciones fotovoltaicas, desde las más básicas hasta las modernas y a su vez más baratas.

La primera generación de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una capa con unión diodo p-n, que generaba energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las solares. Estas células se fabricaban usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación, conocida también como células solares basadas en oblea, es la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de placas domésticas.



1.2. Funcionamiento de un diodo p-n. Parte positiva (P) y parte negativa (n).

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos *epitaxiales* muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. En las placas para uso doméstico esta capa se ha desarrollado usando procesos de bajo coste, pero tienen una eficiencia baja, sobre un 7-9%. Teóricamente, una ventaja de la tecnología de capa fina es su masa reducida, muy apropiada para paneles sobre materiales muy ligeros o flexibles, incluso materiales textiles. La segunda generación de células fotovoltaicas constituye un pequeño sector del mercado de placas domésticas, y aproximadamente el 90 % del mercado aeroespacial.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están utilizando en la actualidad son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que dejan de usar la tradicional unión diodo p-n. Para aplicaciones de uso doméstico, se encuentran en fase de desarrollo y comercialización dispositivos que incluyen células *fotoelectroquímicas*, células solares de polímeros, células solares de *nanocristales* y células solares de tintas sensibilizadas.

La cuarta generación de células fotovoltaicas, aun en investigación, consistiría en una tecnología compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, *nanopartículas* con

polímeros para fabricar una capa simple *multiespectral*. Posteriormente, varias capas delgadas *multiespectrales* se podrían apilar para fabricar las células solares *multiespectrales* definitivas. Células que serían más eficientes y baratas. Algo similar a esta hipotética tecnología de *multiunión*, se ha usado en las misiones de Marte que ha llevado a cabo la NASA, de ahí que su uso doméstico este aún muy lejos. La primera capa es la que convierte los diferentes tipos de luz, la segunda es para la conversión de energía y la última es una capa para el espectro infrarrojo, de esta manera también se convierte el calor en energía aprovechable. El resultado es una excelente célula solar compuesta.

- **Tipo de paneles solares.**

Actualmente se comercializan tres tipos de placas: paneles de silicio *monocristalino*, paneles *policristalinos* de silicio y paneles de capa fina.

Los paneles *monocristalinos* se fabrican con bloques de silicio, que son de forma cilíndrica. Para mejorar el rendimiento y reducir los costes de cada celda, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, de ahí que este tipo de placa tenga un aspecto tan característico.



1.3. Panel con láminas *monocristalinas* de silicio.

En los paneles *policristalinos*, el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.



1.4. Panel *policristalino*.

Por último están los paneles de capa fina. El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telurio de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados.



1.5. Panel de capa fina.



En la siguiente tabla se muestran los convenientes e inconvenientes de cada una de ellas.

	Ventajas	Desventajas
Monocristalinos	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor tasa de eficiencia (15-20%). • Mayor vida útil del panel, garantía mayor de 25 años. • Funcionan mejor que los <i>policristalinos</i>, en condiciones de poca luz. 	<ul style="list-style-type: none"> • A altas temperaturas se reduce su rendimiento. • Son más caros. • Al ser paneles recortados se derrocha mucho material.
Policristalinos	<ul style="list-style-type: none"> • Más barato que el <i>monocristalino</i>, no se desperdicia tanto material. 	<ul style="list-style-type: none"> • A altas temperaturas su rendimiento se reduce mucho. Incluso acorta la vida útil. • Eficiencia menor, entre un 13-16%. • Se necesita mayor espacio para su instalación.
Capa fina	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil fabricación. • Mayor tasa de producción. • Más baratos que los <i>policristalinos</i>. • De apariencia homogénea. • Pueden ser flexibles. • Su rendimiento no disminuye al ser tapado por sombras o a altas temperaturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor eficiencia que los anteriores. • Se necesita más espacio para la instalación, si se desea conseguir la misma energía que con los otros. • Mayor inversión en anclajes y cableados. • Menor vida útil, se degradan antes.

1.3.2 Productos cerámicos actuales.

Para lograr un buen producto final se debe conseguir unas buenas partes que lo compongan. La base del producto es un elemento muy a tener en cuenta, tanto por su diseño, por las materias primas, los procesos de fabricación, etc.

La parte fundamental del revestimiento es la base, ya que es la parte cerámica donde se depositará la capa fotovoltaica y la que deberá resistir los mayores choques mecánicos, térmicos, plásticos...

Se hará un pequeño estudio de estas bases para así escoger posteriormente la que más se adapte a las características exigidas. En este apartado se explicarán los tipos existentes en el mercado y sus características técnicas. De manera resumida se hablará de los procesos de fabricación existentes. El proceso de fabricación utilizado para el producto se explicará más detalladamente en el posterior apartado del producto final escogido.

- **Materiales cerámicos.**

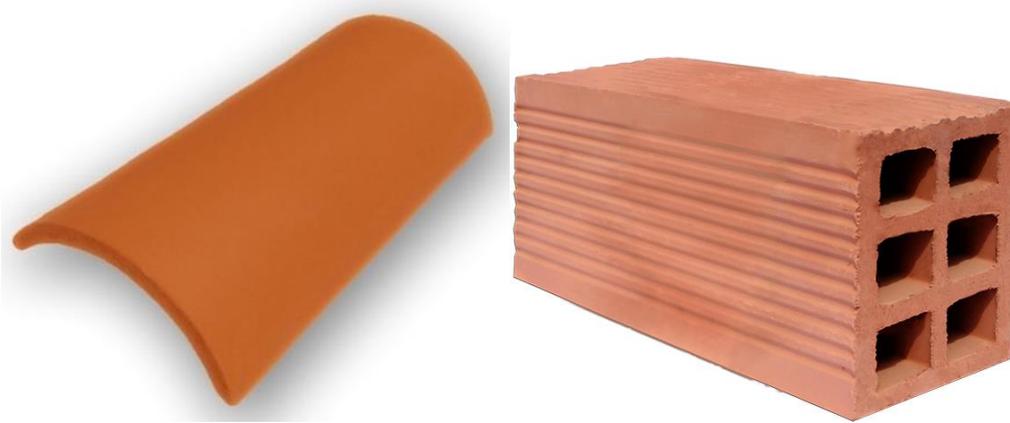
Los materiales cerámicos tradicionales son de naturaleza inorgánica, y están constituidos por elementos metálicos y no metálicos formados principalmente mediante enlaces iónicos y covalentes. Sus composiciones químicas varían de forma considerable de un producto a otro, por lo que presentan diferentes propiedades, aunque, en general, se caracterizan por ser duros y frágiles, poco tenaces y poco dúctiles, también son buenos aislantes eléctricos y térmicos debido a la ausencia de electrones conductores; además como poseen temperaturas de fusión relativamente altas, resisten bien la exposición a elevadas temperaturas.

Por otro lado, el concepto de producto cerámico tradicional agrupa a un innumerable tipo de materiales, que tienen como característica común el empleo de algún tipo de arcilla en su composición, y que son transformados mediante el uso de calor, de hecho la palabra cerámica deriva del griego *keramikos*, que significa “sustancia quemada”.

- **Tipo de materiales cerámicos.**

Dentro de la gran variedad de productos cerámicos existentes, el proyecto se centrará principalmente en aquellos que tienen un mayor interés desde el punto de vista de la arquitectura, principal aplicación del producto a diseñar, que serán las baldosas cerámicas, las cuales están destinadas al recubrimiento de paredes (revestimientos) y al de suelos (pavimentos) tanto en el interior como en el exterior de edificios. En este grupo de las baldosas se pueden distinguir cuatro tipos principales:

1. *Cerámicas porosas*. De base arcillosa y que dan lugar a productos típicos de cerámica y loza obtenidos en alfarería, así como los ladrillos, tejas y otros productos de arcilla utilizados en construcción.



1.6 Ejemplo de cerámicas porosas: tejas y ladrillos.

2. *Gres cerámico y gres porcelánico*. Obtenido también a partir de arcillas, pero con otros aditivos, por ejemplo el feldespatos en el caso del gres porcelánico, que dan lugar a materiales semi-impermeables o impermeables, mucho más compactos que las cerámicas porosas y con una estructura vitrificada. Se emplean ampliamente en pavimentos y revestimientos.





1.7 Ejemplos de gres porcelánico.

3. *Porcelanas*. Estas se obtienen a partir de arcillas blancas muy puras, caolín, al que se les añade feldespato y cuarzo. Se emplea en alfarería de alta calidad, estatuillas y otras aplicaciones técnicas: elementos de aislamiento eléctrico, etc.



1.8 Pieza de porcelana para aislante eléctrico.



4. **Cerámicas técnicas.** Se trata de productos cerámicos de altas prestaciones para aplicaciones tecnológicas específicas. De entre los materiales típicos dentro de este grupo destacan: la alúmina, nitruro de titanio, ferrita, etc. Generalmente se procesan por sinterizado para fabricar piezas, y como recubrimientos de materiales por técnicas de deposición gaseosa para mejorar sus prestaciones.

En la siguiente tabla se muestran las características típicas de estos productos y las consideraciones de diseño de cada una de ellas:

	AZULEJO	GRES ESMALTADO	GRES PORCELÁNICO	GRES RÚSTICO	BARRO COCIDO (TERRACOTA)
ESPESOR (mm)	< 10 (8mm)	<10	>3<15	10-25	>10<20
ACABADO SUPERFICIAL	Esmaltado	Esmaltado	Natural, pulido, semipulido, satinado, esmaltado.	Natural y esmaltado.	Natural y esmaltado
FORMATO (cm)	5x5, 10x10... 30x40	31x31, 40x40... 30x60	30x30, 45x90, 120x120... Tamaño a medida	10x10... 60x100	10x10... 60x100
ABSORCIÓN AGUA (E)	E>10%	3%<E<6%	E<0'5%	3%<E<6%	6%<E<10%
CARGA ROTURA (N)	300-1200N	300-1200N	1800-5200N	2200-4500N	2300-3200N
APLICACIÓN GENERAL	Revestimiento de paredes interiores.	Pavimentación de suelos interiores.	Pavimento y revestimiento interior y exterior, fachadas, suelos urbanos.	Revestimiento de fachadas. Suelos exteriores.	Pavimentos interiores.
PROCESO DE PRODUCCIÓN	Prensado en seco.	Presando en seco.	Prensado en seco. Extrusión.	Extrusión. Prensado plástico.	Prensado plástico. Artesanalmente.

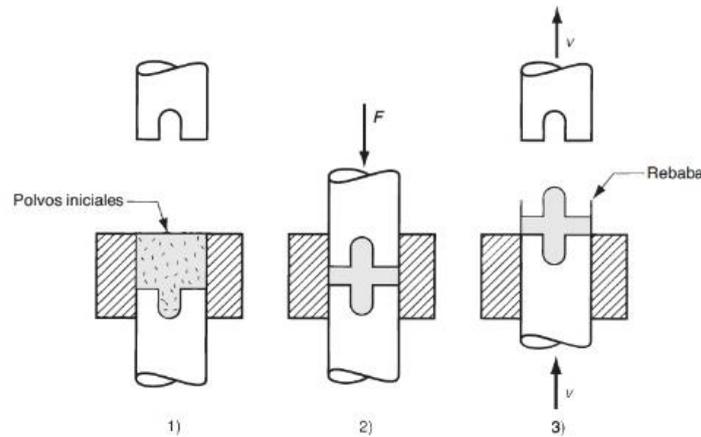
- **Procesos de fabricación.**

Existen cuatro procesos básicos para producir materiales cerámicos en función de la humedad de la pasta/polvo procesado:

1. **Prensado en seco.**

Este proceso consiste en la compactación del material. El contenido de humedad de la mezcla suele ser menor que 4-5%. Se suelen agregar aglomerantes orgánicos e inorgánicos, que también funcionan como lubricantes. El proceso tiene altas tasas de producción y un estrecho control de las tolerancias dimensionales. La compactación se produce gracias a un prensado de 35 a 200MPa. Los moldes o matrices deben tener una gran resistencia al desgaste para soportar las partículas cerámicas abrasivas. Dentro del prensado en seco existen dos variantes: el prensado *uniaxial*, que se utiliza

para piezas de espesor pequeño, azulejos o piezas no huecas, y el prensado *multiaxial*, utilizado para piezas que no sean planas ni huecas.



1.9 Proceso de prensado en seco *multiaxial*: colocación de los polvos, prensado y expulsión de la pieza moldeada.

La densidad puede variar de forma apreciable en las cerámicas prensadas en seco, por la fricción entre las partículas y con las paredes de los moldes. Las variaciones de la densidad causan deformaciones durante la cocción y por lo tanto el producto es defectuoso y de baja calidad.

2 Prensado en húmedo.

En el prensado en húmedo, la pieza se moldea en una prensa bajo presión, presentando el polvo un contenido de humedad que va del 10 al 15%. Este proceso se usa en general para fabricar formas intrincadas. Las tasas de producción son altas, sin embargo, el tamaño de la pieza es limitado, y es bastante difícil lograr el control de las dimensiones por la contracción durante el secado.

3 Prensado plástico.

También conocido como moldeado plástico, se puede realizar mediante varios métodos como la extrusión, el moldeo por inyección o el moldeo y el torneado ligero, utilizándose una mezcla de polvos cerámicos con un 15-20% de agua. El moldeo plástico tiende a orientar la estructura estratificada de la arcilla en la dirección del flujo del material, por lo que tiende a causar comportamiento anisotrópico del material.

En la extrusión se hace pasar una columna de pasta cerámica compacta, en estado plástico, a través de una matriz perforada, para producir secciones largas de sección recta uniforme que se corta en tramos a la longitud de pieza deseada. El perfil del producto extruido es constante y tiene limitaciones en cuanto a espesor.

El torneado ligero es una extensión del torneado de alfarero, en el cual el moldeado a mano se reemplaza por técnicas mecanizadas. Se usa para producir artículos con simetría radial: platos, tazones...

El prensado plástico es un proceso de formación en el cual el pedazo de barro plástico se prensa entre un molde interior y otro superior. Los moldes se hacen de un material poroso como yeso, de modo que al aplicar vacío detrás de los moldes se elimina la humedad de la pasta.

4 Moldeado por colada.

Se emplea para la formación de piezas que presentan perfiles complejos. Presenta muy baja productividad y su uso es muy reducido.

El proceso consiste en vaciar una pasta aguada de polvos cerámicos, entre un 40 y un 50% de humedad, denominada barbotina, dentro de un molde poroso de yeso, donde el agua de la mezcla es absorbida por el yeso, formándose una capa de arcilla firme en la superficie del molde.

- **Las técnicas de decoración.**

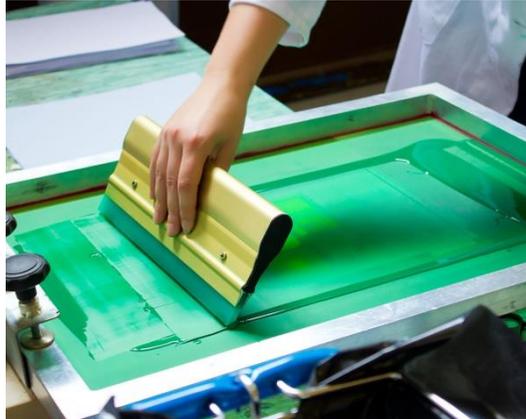
Por último se hará referencia a un aspecto importante dentro de la cerámica, las técnicas de decoración, que se realizan después del moldeo de la pieza. Con ellas se consiguen mejores propiedades mecánicas y estéticas. Es importante que se expliquen un poco estas técnicas, ya que el diseño final dependerá directamente de ellas. Se tendrán en cuenta para la colocación de la capa fotovoltaica sobre la base cerámica, para abaratar el proceso tanto económicamente como con tiempo.

Existen dos tipos de decoración, las que son de índole mecánica, como los relieves y las que son puramente estéticas. A continuación se explicarán de forma breve las que se caracterizan por ser procesos de acabado estéticos.

El primero de ellos es el esmaltado que tiene como primera capa el engobe. Con una fina capa de *engobe* se consigue una mejor unión de la pieza, ocultar las dilataciones y contracciones típicas de las pastas plásticas, mejorar el aspecto estético, una impermeabilización del soporte cerámico y protección. Si se utiliza otro componente, llamado *frita*, se conseguirá una uniformidad de la composición y a su vez aumenta el rango de cocción del esmalte, permite mayores temperaturas de cocción.

Posteriormente la pieza se puede colorear para mejorar aún más su estética. Los métodos más utilizados para la coloración son:

- Serigrafía: se coloca la tinta sobre un soporte conocido como pantalla y con una espátula se expande por toda la superficie.



1.10 Proceso de serigrafiado.

- Huecograbado: los huecos de un rodillo van rellenos con tinta la cual se pega a la cerámica, formando el dibujo de los huecos.



1.11 Huecograbado de gres.

- Flexografía: igual que el huecograbado pero en vez de huecos es un relieve quien lleva la tinta, su funcionamiento es como el de un cuño. Es un proceso en desuso por tener un acabado poco preciso.
- Tecnología *ink-jet*: se emplean cuatro tintas. Tecnología de decoración sin contacto con la pieza. Permite decorar relieves más pronunciados que las técnicas anteriores. Se basa en una tecnología puramente digital, la máquina es como una impresora gigante.



1.12 Creación de una paleta de colores mediante ink-jet.

1.3.3 Fachadas ventiladas.

Existen varias formas de instalación de los revestimientos cerámicos, por adherencia que es el método tradicional y mediante el sistema conocido como fachada ventilada.

A parte del diseño del producto, en este proyecto también toma importancia su sistema de colocación. Así el producto conseguirá un valor añadido que ayudará a mejorar la eficiencia del edificio donde se instale. Por este motivo el sistema de instalación más favorable será el de fachada ventilada. La fachada ventilada se caracteriza fundamentalmente por ser un cerramiento con una cámara aireada, separada por dos hojas, una interior, encargada de resolver el aislante térmico y la estanqueidad, y otra hoja exterior, cuya misión principal es formar dicha cámara de aire, garantizando una ventilación continuada a lo largo de toda la superficie de la fachada.

Además se necesita un sistema que facilite la colocación del revestimiento fotovoltaico y que ayude a la ocultación de cables tras este. Otro punto a favor de este tipo de instalación es la facilidad de montaje y desmontaje de las piezas de forma individual. En caso de fallo o rotura de una de las piezas, sería fácil cambiarla sin modificar el resto de la fachada.

A priori, aunque el sistema de instalación ya este elegido para este proyecto, por las razones explicadas anteriormente y por las que se explicarán más adelante, es conveniente introducir de forma breve los dos tipos de colocación antes referidos.

- **Instalación por adherencia.**

La adherencia se puede definir como la capacidad de transferir una fuerza procedente del adherente a través de la unión adhesiva. De hecho, la adherencia será tanto mayor cuanto mayor sea la energía mecánica que puede absorber la unión adhesiva.

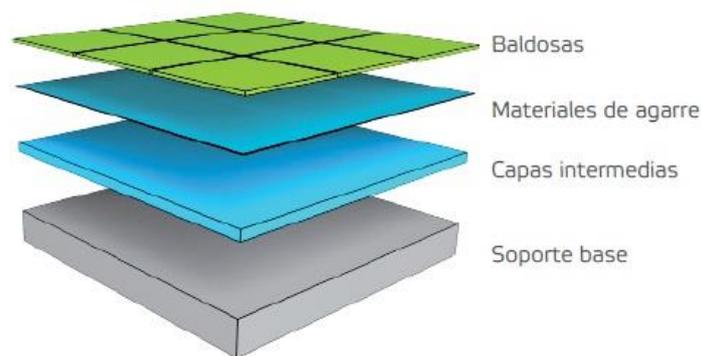
Dentro de las adherencias destacan tres tipos:

- *Adherencia mecánica*: propia de los morteros sin aditivar.
- *Adherencia mecánica y química*: propia de los morteros aditivados con resinas y de los adhesivos cementosos.
- *Adherencia química*: propia de los adhesivos de resinas en dispersión y de resinas de reacción.

A su vez existen tres tipos de adhesivos:

- *Adhesivo cementoso*: como mezcla de conglomerantes hidráulicos, cargas minerales y aditivos orgánicos, que se mezclan con agua o adición líquida en su preparación. Un ejemplo de estos adhesivos es el cemento.
- *Adhesivos en dispersión*: como mezcla de conglomerantes orgánicos en forma de polímero en dispersión acuosa, aditivos orgánicos y cargas minerales, que se presenta lista para su uso.
- *Adhesivos de resinas reactivas*: como mezcla de resinas sintéticas, aditivos orgánicos y cargas minerales cuyo endurecimiento resulta de una reacción química, y que se comercializan en forma de uno o más componentes.

Para elegir tanto la adherencia como el adhesivo correcto hay que tener en cuenta otros factores externos como son el soporte base (superficie sobre la cual irá la baldosa) y la capa intermedia (se entiende por capa intermedia a los estratos comprendidos entre el soporte base o elemento estructural y el formado por el material de agarre y la baldosa).



1.13 Proceso por adherencia.

- **Fachadas ventiladas.**

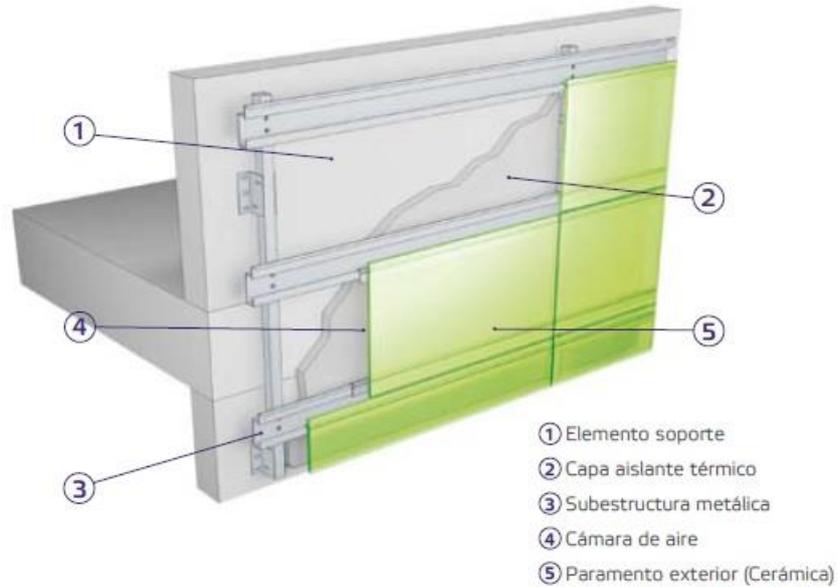
Para justificar el auge y el uso de la cerámica en la arquitectura se puede hacer hincapié en los antecedentes históricos de esta. Se puede decir que la utilización de la cerámica en la arquitectura ha sido un hecho constante a lo largo de la historia. Por ejemplo, las construcciones y técnicas del modernismo unieron a artesanos y arquitectos en la creación de proyectos. Tras finalizar la Segunda Guerra Mundial se consolidó el Movimiento Moderno, donde la utilización del material cerámico pasaba sólo al interior de las viviendas, dándole únicamente un uso estético.

Con los años dos factores permitieron contemplar la cerámica como un material excelente para la arquitectura actual. En primer lugar la crisis del Movimiento Moderno, sustituido por un nuevo pensamiento donde se revaloriza en la construcción la identidad, la diversidad, y la más reciente consciencia medioambiental. Este último factor es uno de los pilares principales del presente proyecto.

El otro factor fundamental para dicho resurgimiento se lograría gracias a los avances técnicos de los materiales y de los sistemas que componen las fachadas cerámicas, minimizando la influencia de una mano de obra poco especializada.

Estos nuevos sistemas se podrían dividir en tres grupos:

- *Adherencia directa.* Los nuevos sistemas de adherencia directa se basan en adhesivos cementosos con una alta proporción de ligantes mixtos, que garantizan un alto nivel de adherencia química en contraposición con el tradicional mortero de cemento y arena con adherencia mecánica. Estos adhesivos proporcionan una gran adherencia y si su aplicación es correcta garantizan una perfecta colocación.
- *Anclajes mecánicos.* Se basan en sistemas de anclaje más complejos, que fijan la pieza cerámica a la fachada. Para este tipo de anclaje habría que tener en cuenta ciertos elementos como la subestructura, el aislante, el soporte, etc.
- *Anclajes mixtos.* Como su propio nombre indica los sistemas mixtos consisten en combinar los dos sistemas anteriormente mencionados, aunque ambos tienen la capacidad de ser utilizados de forma individual, cuando las piezas cerámicas superan las proporciones o los pesos convencionales, se combinan los dos sistemas para una mayor seguridad.



1.14 Esquema de una fachada ventilada con anclajes mecánicos.

1.3.4 Certificado LEED.

La concienciación por el medio ambiente por parte de la sociedad, hace que cada vez más productos se quieran colgar la etiqueta de “eco”. Para ello se crearon y se siguen creando certificados autorizados que garantizan este respeto por el medio ambiente y por su conservación. En el presente proyecto este aspecto es pieza fundamental, como se irá describiendo y justificando más adelante.

Se creará un producto que garantice que el edificio donde se instale se convierta en “eco”, ya que para la construcción de este se utilizan productos que han cumplido con los requisitos exigidos por los certificados. Mediante la instalación del producto diseñado se conseguirá que los edificios sean eficientes. Requisito cada vez más demandado.

Para conseguir la etiqueta de edificio eficiente, o “green building”, se seguirán las directrices del certificado LEED que se aplicarán al diseño definitivo del producto; así se garantizará el etiquetado del edificio y su sostenibilidad.

A continuación se explicará en que consiste y como se consigue el certificado LEED.

- **LEED**

LEED (acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Fue inicialmente implantado en el año 1993, utilizándose en más de 30 países desde entonces. En España, existe un único organismo representante de los temas LEED en España, e interlocutor directo con el USGBC (organismo creador, verificador y desarrollador de la herramienta LEED en el mundo); este organismo es GBCE: GBCE España, que además trabaja en paralelo en colaboración con el USGBC (Green Building Council de Estados Unidos, y otros GBC del mundo) para ayudar a desarrollar y a implementar la herramienta adaptándola a las exigencias, requerimientos y normativas en cada país.

El certificado consiste en un sistema de puntuación en el cual las edificaciones obtienen puntos LEED por satisfacer criterios específicos de construcción sostenible. El número de puntos obtenidos por el proyecto determina el nivel de certificación LEED que recibirá.

La Certificación LEED está disponible en cuatro niveles progresivos de acuerdo con la siguiente escala: certificado (LEED Certificate), plata (LEED Silver), oro (LEED Gold) y platino (LEED Platinum). Para certificar un proyecto LEED, las estrategias de diseño y de construcción sostenibles deben ser incorporadas desde la etapa más temprana del proyecto.

Para este proyecto en particular, se aplicarán desde la conceptualización del diseño del producto, es decir, desde el diseño del revestimiento cerámico y su posterior colocación en la fachada ventilada.

- **Puntuación LEED**

Los aspectos que se valorarán serán:

1. Ubicación y Transporte (16 puntos).
2. Sitios sustentables (10 puntos).
3. Uso Eficiente de Agua (11 puntos).
4. Energía y Atmósfera (33 puntos).
5. Materiales y recursos (13 puntos).
6. Calidad del Ambiente Interior (16 puntos).

7. Innovación en el diseño (6 puntos).

8. Prioridad Regional (4 puntos).

A continuación se hará una breve explicación de cada una de ellas:

1. *Ubicación y Transporte*: Evitar el desarrollo en sitios no apropiados. Reducir la distancia de desplazamiento de vehículos. Promover la habitabilidad y mejorar la salud humana mediante el fomento de la actividad física diaria.

2. *Sitios Sustentables*: Aboga principalmente por definir correctos criterios de emplazamiento de los proyectos, por la revitalización de terrenos subutilizados o abandonados, la conectividad o cercanía al transporte público, la protección o restauración del hábitat y el adecuado manejo y control de aguas de lluvia en el terreno seleccionado.

3. *Uso Eficiente de Agua*: se incentiva a utilizar el recurso del agua de la manera más eficiente, a través de la disminución 0 del agua de riego, con la adecuada selección de especies y la utilización de artefactos sanitarios de bajo consumo, por ejemplo.

4. *Energía y Atmósfera*: Debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que utilizamos en nuestros proyectos. Para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12% al 48% o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. Además se debe asegurar en esta categoría un adecuado comportamiento de los sistemas del edificio a largo plazo.

5. *Materiales y Recursos*: describe los parámetros que un edificio sostenible debe considerar en torno a la selección de sus materiales. Se premia en esta categoría que los materiales utilizados sean regionales, reciclados, rápidamente renovables y/o certificados con algún sello verde, como por ejemplo una Declaración ambiental de producto conforme a la Norma UNE-EN 15804, entre otros requisitos.

6. *Calidad del Ambiente Interior*: Describe los parámetros necesarios para proporcionar un adecuado ambiente interior en los edificios, una adecuada ventilación, confort térmico y acústico, el control de contaminantes en el ambiente y correctos niveles de iluminación para los usuarios.

7. *Innovación en el diseño*: los créditos frente a la experiencia de construcción sostenible, así como medidas de diseño que no están cubiertos bajo las cinco categorías de crédito LEED.

Los rangos de certificado según las puntuaciones son: 40 a 49 puntos – LEED Certified (Certificado), 50 a 59 puntos – LEED Silver (Plata), 60 a 79 puntos – LEED Gold (Oro) y 80 o más puntos – LEED Platinum (Platino).

Con la instalación del producto que se diseñará en este proyecto, se garantiza que el edificio donde se coloque cumpla como mínimo con tres requisitos, que a su vez son los de mayor importancia: energía y atmósfera, materiales y recursos y calidad del ambiente interior. Con ello se conseguiría mínimo una puntuación de 62 puntos y un certificado Oro.



1.15 Niveles Certificado LEED.

1.4 Estudio del producto.

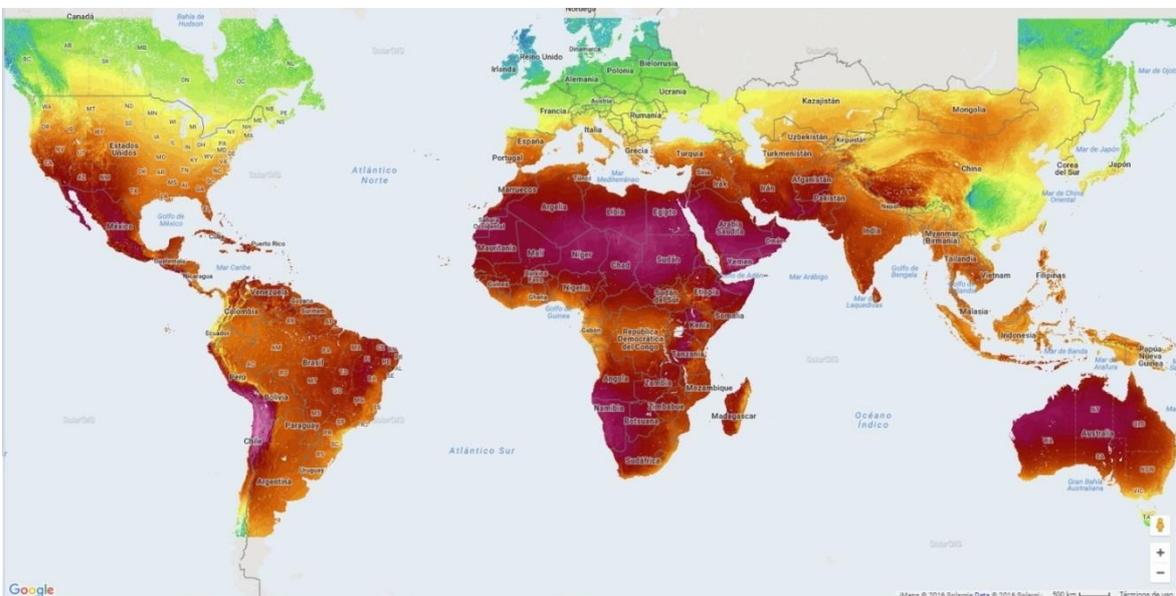
1.4.1 Estudios de mercado.

Para llegar a saber si un producto será viable hay que tener muchos aspectos en cuenta ya sean sociales, culturales, productivos, competencia entre empresas, etc. Mediante los estudios de mercado se podrá extraer la información suficiente para conocerlo. Estos estudios son necesarios, ya que, por ejemplo, aunque el producto sea viable técnicamente eso no garantiza que tenga aceptación por parte del usuario.

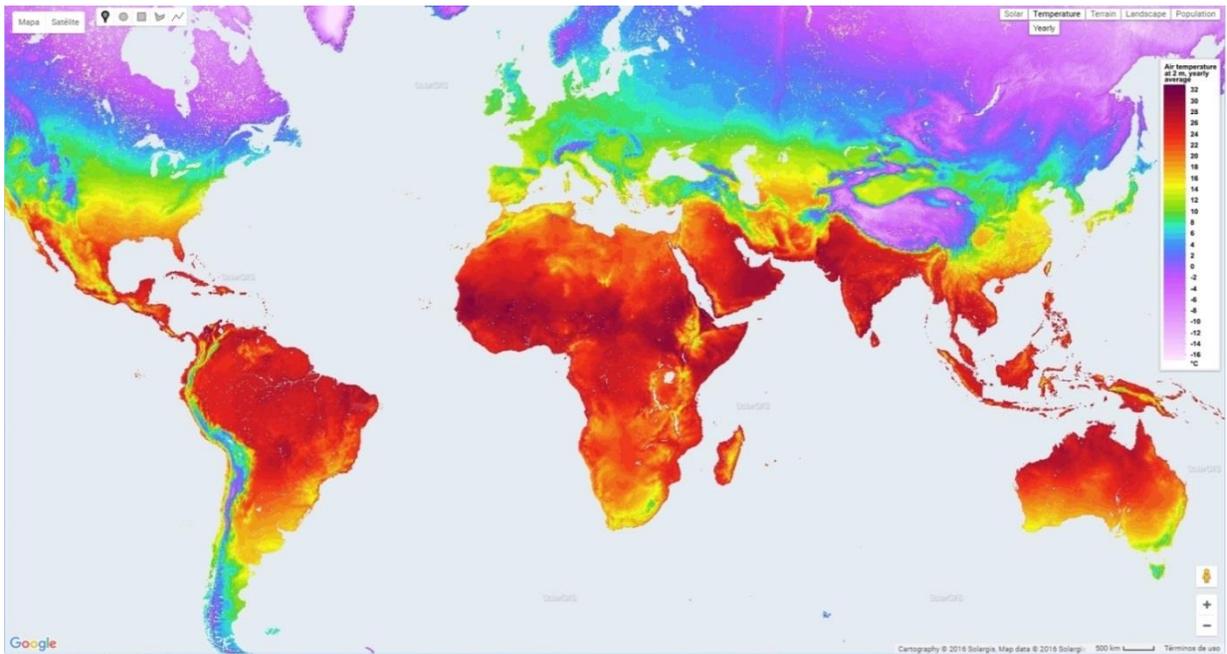
A continuación se analizarán los aspectos que se consideran básicos para entender si el producto que se diseñará tendría aceptación en el mercado.

- **Energía fotovoltaica.**

El primer estudio se realizará sobre la generación de energía fotovoltaica en España, Europa y a nivel mundial, ya que es la base del producto. Se debe estudiar si las condiciones climatológicas son idóneas para la inversión. No se puede realizar una inversión en un producto si el rendimiento de este no es el deseado debido a que no acompañan las condiciones. Habrá que tener en cuenta los horarios solares, o incluso la temperatura, ya que está también genera un porcentaje de energía que se transforma en eléctrica.



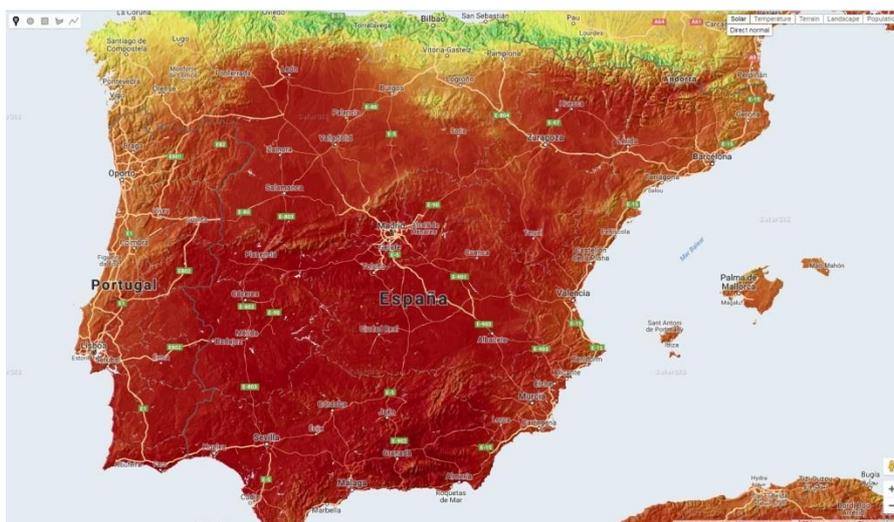
1.16 Mapa de la incidencia solar en el mundo. En colores oscuros mayor horas de sol.



1.17 Mapa de las temperaturas medias anuales en el mundo.

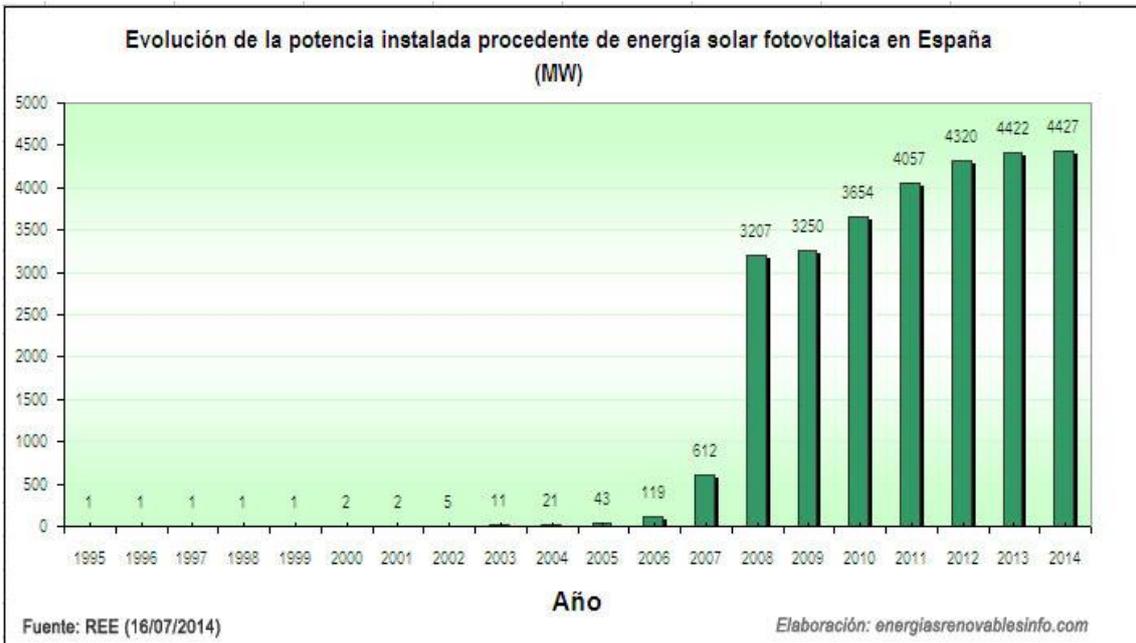
1. Energía solar en España.

España, por su localización es un país que recibe buenas dosis de irradiación solar, tal como se muestra en el mapa. Por ello, reúne el suficiente potencial para convertirse en uno de los países referentes respecto a la producción de energía procedente del sol.



1.18 Mapa solar de España.

Debido a ello, la evolución de la potencia instalada en España, experimentó un crecimiento record a partir del año 2008, gracias también a los grandes incentivos que se otorgaban a las nuevas instalaciones de energía solar fotovoltaica. se quería fomentar el uso de esta energía infinita frente a las energías orgánicas. Sin embargo, este boom desbordó todas las previsiones del Gobierno, que ha ido cambiando progresivamente la legislación en energías renovables de tal forma que se ha supuesto prácticamente una frenada en seco en la creación de nuevas instalaciones. A pesar de ello no hay que olvidar que las condiciones climáticas son las mejores.



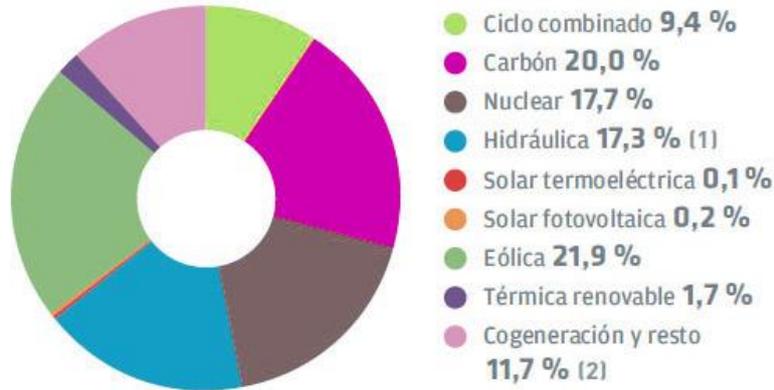
1.19 Gráfica de los megavatios generados en España anualmente.

Los datos se han extraído de las estadísticas de REE, Red Eléctrica de España, y muestran como en los últimos años apenas se ha experimentado un crecimiento en la potencia instalada, lo cual no parece lógico siendo uno de los países más propicios para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica. Uno de los aspectos más polémicos de la normativa actual es la penalización del autoconsumo.

Debido a la nueva legislación, que para nada fomenta el uso de la energía solar, el porcentaje que se produce de ésta respecto al resto de fuentes de energías renovables sólo supone un 0,2% del total.

COBERTURA DE LA DEMANDA MÁXIMA HORARIA PENINSULAR 39.963 MWh

27 DE FEBRERO DEL 2013 (20-21 H)

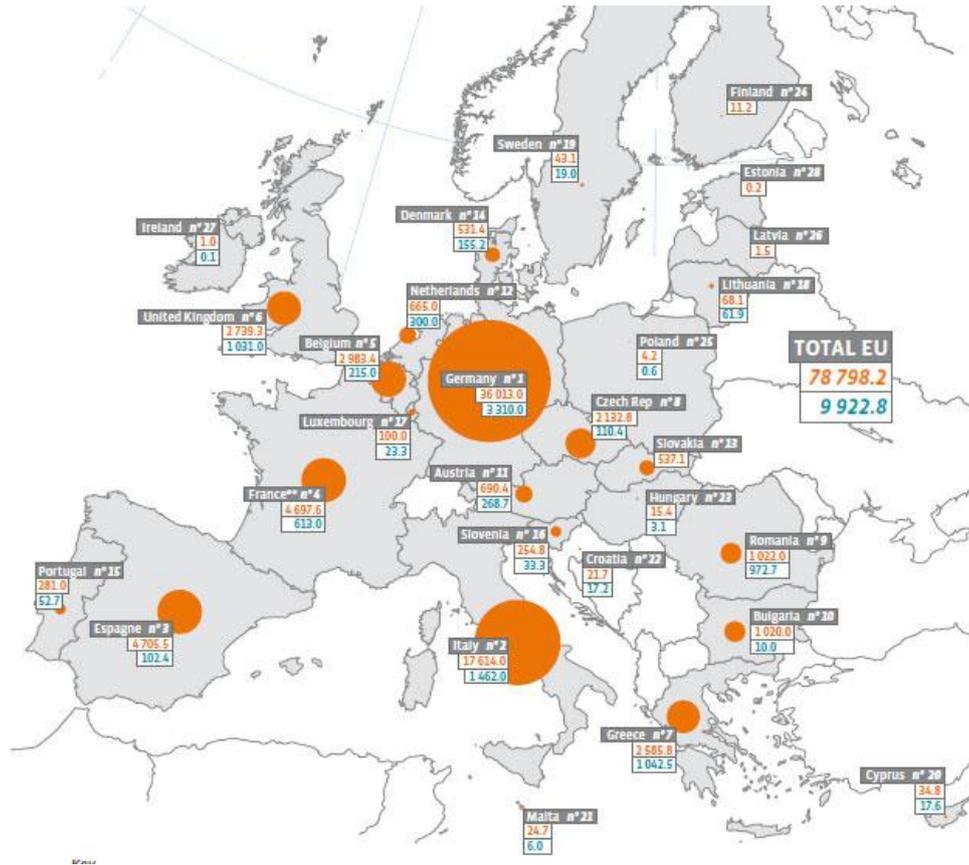


1.20 Porcentaje de las energías usadas en España.

Teniendo en cuenta la clara dependencia sobre los combustibles fósiles y con los costes de producción de la energía fotovoltaica cada vez más competitivos, es cuestión de tiempo que esta tendencia termine por revertirse y asentarse en las renovables.

2. Energía solar en Europa.

En la actualidad, Alemania es el país dominante en cuestión de producción de energía a partir de fuentes renovables. Respecto a la energía solar fotovoltaica, es el país con mayor potencia instalada con diferencia, seguido de Italia. España se sitúa en tercer lugar. Según las estadísticas de EurObserv'ER (consorcio dedicado al seguimiento de la evolución de los distintos sectores de las energías renovables en la Unión Europea), las cifras de energía producida por países se mantiene en iguales posiciones, salvo por Grecia, que a pesar de situarse en séptima posición en cuanto a potencia instalada, ocupa el cuarto lugar por potencia producida. Es llamativo el caso de Alemania, que siendo un país que recibe menos irradiación que los países del sur de Europa, es líder en el sector fotovoltaico a nivel europeo y mundial. Seguramente esto se deba al cambio de legislación en España, ya que se frenó el crecimiento de la energía fotovoltaica en seco.



1.21 Fuente: EurObserv'ER 2014. Las cifras en naranja corresponden a la potencia solar fotovoltaica instalada hasta 2013. En azul, potencia solar fotovoltaica instalada en 2013.

3. Energía solar mundial.

A nivel mundial, la potencia fotovoltaica instalada ya supera los 100 gigavatios, lo que supone un ahorro en emisiones de CO2 a la atmósfera de 53 millones de toneladas. Según los expertos, el sector fotovoltaico a nivel mundial disfruta de un panorama favorable y seguirá experimentando un fuerte crecimiento con los años.

Según datos de la EPIA (European Photovoltaic Industry Association), en el año 2012, Alemania lideraba el mercado, seguida de China, Italia, Estados Unidos y Japón respectivamente, siendo estos países por tanto, líderes en el sector de la producción de energía fotovoltaica. Por regiones, Europa destaca como productor mundial seguida por la región asiática-pacífica, que incluiría Japón, China, Corea, Australia, Taiwán y Tailandia. Norte América, EEUU y Canadá, se configura como la tercera región. África y Sudamérica son grandes productores potenciales para el futuro, ya que su demanda energética experimenta un crecimiento progresivo y poseen potencial para la implantación de grandes proyectos fotoeléctricos.

- **Conclusión.**

Tanto a la concienciación por el medio ambiente por parte de la sociedad, como por el poco uso de esta energía, se puede asegurar que en los próximos años será sin duda la energía a tener en cuenta. Además hay que añadir la climatología tan favorable de la que dispone el país. Todo ello hará que los productos fotovoltaicos sean más demandados, por lo tanto hay que ofrecer un producto competitivo y atrayente.

1.4.2 La energía fotovoltaica en el sector cerámico.

En el mercado cerámico actual se pueden encontrar productos que ya están siendo comercializados y otros en fase de desarrollo o en fase conceptual, que aúnan la energía solar con la cerámica como base. Se mezclan lo mejor de cada una de ellas.

Como base se utiliza la cerámica por sus propiedades mecánicas y como capa superior aquella que produce energía renovable y posteriores ahorros, tanto energéticos como económicos.

A continuación se hará un estudio sobre el sector y su oferta. Estos productos se dividirán según su base, es decir, según su proceso de fabricación (si es cerámica porosa, extrusión, gres, etc.)

- **Cerámicas porosas: tejas.**

Hasta hace poco, los usuarios que decidían apostar por la energía solar en su hogar se encontraban con parapetos enormes sobre su tejado. Además del peso que esto suponía para la estructura, el componente estético era algo que no se tenía para nada en consideración. Todo el producto se basaba en la funcionalidad. Las exigencias estéticas por parte del cliente fueron creciendo y las empresas empezaron a investigar para solucionarlo. Gracias a ello, en el mercado existen gran variedad de tejas solares que cuentan con materiales que las hacen más flexibles, con lo que pueden adaptarse a cualquier forma. Además, algunas de estas tejas tienen una apariencia similar a las tradicionales tejas de barro.

- *TechTile con PLEXIGLAS®*

La empresa italiana REM S.A produce tejas solares de plástico con cubiertas moldeadas por inyección de PLEXIGLAS®. Las llamadas tejas *TechTile* tienen el aspecto de una teja tradicional de arcilla, pero contienen en su interior células fotovoltaicas o bien módulos solares térmicos para calentar agua.

Las tejas solares, están basadas en el desarrollo de nuevos sistemas y materiales, como el silicio amorfo o monocristalino, que permiten a los paneles ser completamente flexibles y por tanto, adaptarse a cualquier forma. Es por eso que son casi iguales que una teja convencional, con la propiedad añadida de producir energía solar, libre de contaminación.

Según la empresa y un estudio realizado, un tejado orientado al sur con un tamaño de 18 m² y un ángulo de inclinación de 30 grados produce 1.650 KWh de electricidad al año en el sur de Italia.



1.22 Tejas TechTile creadas por la empresa REM S.A.

- *Tegasolare.*

La compañía italiana *Area Industrie Ceramiche*, quien fabrica una teja roja resistente que absorbe menos agua y calor, diseñó su versión de teja solar con la llamada "tegasolare". La teja, de 48 cm², está fabricada con cuatro células solares y se puede instalar de manera convencional, conectándole los paneles solares para crear un campo fotovoltaico. Estas tejas se pueden instalar en todo el techo o sólo en una porción, para evitar las partes con sombra u otras zonas problemáticas. La gran ventaja es que si una teja se rompe, puede ser remplazada sin afectar el sistema.

Según la compañía que las produce, un área de 40m² cubierta con estas tejas tiene una capacidad de generar 3 KW de energía.



1.23 Tejas *Tegasolare* instaladas en un techo.

- *SolTech Energy*.

SolTech Energy, una compañía sueca que vende productos de energía solar, fue premiada en el 2010 con el “Mejor Nuevo Material 2010” por su sistema único de calefacción con tejas fabricadas con simple cristal transparente. Las tejas están fabricadas con vidrio ordinario y pesan lo mismo que las tejas de barro. El producto no calienta agua, sino aire limpio. Las tejas son instaladas sobre un lienzo negro en donde están montados los espacios de aire. El color negro absorbe el calor y por lo tanto el aire que circula por debajo. Este aire luego se utiliza para calentar agua o directamente una habitación. El sistema genera alrededor de 350 kWh de calor por metro cuadrado, dependiendo del clima.



1.24 Tejas de cristal instaladas.

- *Solarcentury.*

La empresa británica líder en energía solar, *Solarcentury*, produce su novedosa teja de energía solar térmica "C21t" que ganó el prestigioso galardón *Rushlight Award for Solar Power* por sus tejas solares. Lo novedoso de este producto es que se trata de un sistema que combina energía solar fotovoltaica y térmica en una sola teja. Los premios *Rushlight Award* promueven, reconocen y celebran las tecnologías e innovaciones en materia del medio ambiente en el Reino Unido.

Por su parte, el Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña al referirse a este producto asegura que "la teja C21t facilita la producción de energía solar térmica gracias a su rápida y sencilla instalación, así como a su adaptación con cualquier tipo de teja".



1.25 Tejas realizadas por la empresa *Solarcentury*.

- *Solé Power Tile.*

La empresa estadounidense *Bresslergroup* creó en 2005 un material polimérico que les permitió hacer la curva de la teja. Los paneles utilizan una célula extremadamente flexible de triple unión no cristalina de silicio amorfo hecha por la empresa *UNI-SOLAR* en Michigan, conocido como tecnología "película fina".



1.26 Techo de tejas de "película fina".

- **Gres cerámico y gres porcelánico.**

Dentro de los revestimientos cerámicos, la idea de las energías renovables fue tratada hace años por empresas líderes en el sector. Estos productos se limitaban al pavimento o bien a fachadas ventiladas que mezclaban revestimiento con placas solares.

- TAU Cerámica y Atersa.

En 2006 la empresa castellanense, TAU Cerámica, patentó junto a Atersa la primera fachada ventilada que generaba 6 KWp.

Se trataba de un sistema de integración en fachada ventilada con revestimiento cerámico, donde la cerámica se complementaba con módulos fotovoltaicos de idénticas dimensiones. El procedimiento de montaje era muy sencillo, tanto en una construcción nueva como en una terminada, ya que los módulos fotovoltaicos se colocaban igual que las piezas cerámicas. Una vez modificado el perfil perimetral de un

módulo de las mismas dimensiones que el elemento cerámico, se disponían para que quedasen perfectamente enrasados por su cara activa con la baldosa. El resultado era un atractivo conjunto de módulos y placas cerámicas, que unían diseño y funcionalidad. Pero no dejaban de ser productos diferentes, por un lado el revestimiento y por otro la placa solar.

Para este proyecto, se emplearon 84 módulos ATM-75 de 75 Wp, un inversor de conexión a red CICLO 6000 y un sistema de monitorización de Atersa. El módulo A-75 ATM utilizaba los mismos materiales y células que el modelo estándar y seguía el proceso de fabricación y garantías de calidad habituales. Los marcos de la fachada ventilada se diseñaron especialmente para esta aplicación, con el fin de conseguir una mejor integración visual. Incorporaban *tedlar* negro y cables de conexión rápida para facilitar el montaje, así como un cristal frontal piramidal especial, que proporcionaba una mayor producción y aumentaba la radiación captada por la célula más del 10%.

- Porcelanosa y Onyx solar.

Posteriormente en el año 2010, la firma *Butech*, del Grupo Porcelanosa, llegó a un acuerdo con la empresa *Onyx Solar* para el desarrollo de soluciones eficientes en la edificación. El proyecto consistía en el primer suelo cerámico fotovoltaico del mercado. La principal novedad de este sistema frente a los paneles habituales era la aplicación del suelo fotovoltaico en suelos cerámicos elevados para exteriores, optimizando así los espacios abiertos para el tránsito diario o la colocación de mobiliario.

El sistema de captadores se instalaba sobre la colección *Ston-ker*[®] de Porcelanosa, fabricada en gres porcelánico y con una porosidad prácticamente nula, lo que le confería una resistencia y durabilidad equiparable a la piedra natural, ofreciendo plena garantía para su transitabilidad. Se vendió como aspecto fuerte de este suelo fotovoltaico la posibilidad de su integración en cualquier proyecto y ambiente sin que esto supusiese renunciar al diseño ni a la estética del mismo, al tiempo que se reducía considerablemente el impacto del edificio en el medioambiente.





1.27 Azulejo fotovoltaico fabricado por Porcelanosa y Onyx solar y su posterior colocación.

- **Conclusión.**

La tendencia a las nuevas tecnologías y a la fomentación de las energías renovables por parte del consumidor hará que el mercado crezca cada vez más. La demanda será mayor que la oferta, ya que el mercado actual ofrece pocos productos de este tipo. Se puede decir, sin miedo a equivocarse, que un producto nuevo podría alcanzar un cierto éxito en el mercado. Además los productos actuales, o bien no aúnan las dos tecnologías en el mismo producto, o bien las mezclan pero mantienen una estética tradicional, además de tener una eficiencia energética baja.

Cuanto mayor será la demanda, más importancia tomarán otros aspectos como el estético, como ya ocurrió con las placas solares tradicionales o las tejas fotovoltaicas. De ahí que el proyecto a realizar entrelazará las tecnologías más actuales e innovadoras dentro del sector fotovoltaico y cerámico, sin dejar de lado el diseño.

1.4.3 Requisitos de diseño, especificaciones y demandas del mercado.

Tras realizar los estudios de mercado se pueden extraer de ellos las demandas que debe cumplir, como mínimo, el diseño a realizar. Aquellos requisitos que no se especifiquen o no se puedan sacar de los estudios, se podrán presuponer gracias a las normas básicas de diseño, como pueden ser los requisitos técnicos (procesos de fabricación, distribución, instalación, etc.) Las especificaciones de diseño a tener en cuenta serán las siguientes:

- **Especificaciones funcionales.**

1. Que sea un revestimiento.
2. Que genere energía fotovoltaica.
3. Que la energía generada sea suficiente para alimentar un edificio.
4. Que tenga una eficiencia energética como mínimo del 15%.
5. La pieza debe tener el menor peso posible.
6. Que la conexión eléctrica sea fácil.
7. Que el tiempo de ensamblaje por pieza en la fachada sea lo menor posible: menos de 1 minuto.
8. Que sea lo más fácil posible el cambio de una pieza defectuosa por otra después de su instalación.
9. Que tenga el menor número de piezas posibles.
10. Que la sujeción para el revestimiento no tenga aristas cortantes.
11. Que las sujeciones diseñadas se adapten a las estructuras metálicas ya existentes en el mercado.
12. Que sea fácil de limpiar: que el tiempo de limpieza por pieza sea menor a 10 segundos.
13. Que se pueda limpiar sin productos químicos específicos, simplemente con agua.

- **Especificaciones mecánicas y de los materiales.**

14. El material de la base debe de ser de cerámica.
15. El material de los soportes de la fachada deben de ser de aluminio.
16. Que sea aislante térmico.
17. Que sea aislante sonoro.

18. Que sea resistente a arañazos, golpes, suciedad.
 19. Que se utilicen nuevos procesos de fabricación.
 20. Que utilice materiales ecológicos y/o reciclados.
 21. Que la vida útil del producto sea como mínimo de 20 años.
- **Especificaciones estéticas.**
 22. Que el tamaño de la pieza sea menor a 40 cm de diámetro.
 23. Que tenga estética *vintage*.
 24. Que utilice el hexágono como forma básica.
 25. Que tenga relieves.
 26. Que ofrezca una gama de colores que no sean los oscuros tradicionales de las placas solares.
 - **Especificaciones medio ambientales.**
 27. Que las piezas puedan ser desmontadas de la fachada para poder reciclarlas.
 28. Que utilice el mayor porcentaje de materiales reciclables.
 29. Que sus procesos de fabricación sean respetuosos con el medio.
 30. Que fomente las energías renovables.
 31. Que consiga un “certificado LEED Plata” como mínimo.
 - **Especificaciones legales.**
 32. Que cumpla el reglamento electrotécnico de baja tensión, REBT.
 33. Que cumpla el mercado CE.
 - **Especificaciones económicas.**
 34. Que el ahorro energético, y por tanto económico anual, sea como mínimo del 50%.
 35. El número de piezas sea el menor posible.
 36. La forma de ensamblar ha de utilizar las mínimas piezas y herramientas.
 37. Que el embalaje sea lo más económico posible.
 38. El producto ha de ser competitivo en su sector de mercado.
 39. El coste del metro cuadrado del revestimiento no debe superar los 100€.

40. El precio del metro cuadrado final: revestimiento, sistema de fijación, aislamiento e instalación (mano de obra), no debe superar los 150€.

- **Especificaciones en el proceso de fabricación.**

41. Que se fabrique de la forma más económica posible.

42. Que su fabricación se pueda realizar mediante la maquinaria actual.

43. Que el relieve no suponga un riesgo mecánico para la propia pieza.

44. Que los aluminios se mecanicen de la forma más rápida posible.

45. Que se emplee el menor tipo posible de elementos subcontratados.

46. Que se emplee el menor tiempo posible de procesos ajenos a fábrica.

47. Que el tiempo de manipulación de los operarios sea X.

Las especificaciones relacionadas con el coste del producto, responden a la necesidad de ofrecer un producto más económico al cliente; la necesidad de encontrar un producto de calidad a un buen precio significa poder ser competitivo en el mercado. Todos los objetivos relacionados con los procesos de producción son básicos para que el producto cumpla con los objetivos relacionados con el coste. Subcontratar el menor número de piezas o procesos reducirá el precio final del producto, al igual que diseñar nuevas piezas que se acoplen perfectamente a otras piezas estándares ya existentes.

Para mejorar de forma significativa la competitividad dentro de este sector, hay que ofrecer una estética poco convencional respecto a los productos actuales del mercado. Las nuevas tecnologías permitirán escapar de las placas solares planas y rectangulares. Si a ello se le suma la tendencia en el mercado por las cosas *vintage*, formas y estilos de otras épocas, se considerará, a priori, el hexágono como la forma potencial a usar, ya que recuerda a los azulejos de los años 70 y anteriores.

En cuanto a la parte eléctrica del producto se hace referencia a que deberá cumplir la normativa REBT. El reglamento electrotécnico de baja tensión tiene por objeto establecer el marco de las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes,

asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios y contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

Por último destacar que las especificaciones funcionales están pensadas para un revestimiento cerámico. El producto que se diseñará se ha pensado para su colocación en fachada, así la incidencia del sol durante el día será mayor, mayor superficie de contacto y por tanto, mayor energía generada. Su peso también deberá ser reducido para facilitar la colocación y manipulación, además del peso que supondría para la estructura metálica de la fachada ventilada.

1.5 Resultados y solución final.

Después de los estudios de mercado y los análisis de los productos similares existentes en el sector, ya se dispone de la suficiente información para realizar el diseño del producto futuro. Para ello se deberá estudiar la viabilidad de las opciones.

Para que todas las partes del proyecto a realizar queden bien explicadas, se dividirá este en dos: la base cerámica más su capa fotovoltaica y por otro lado, su anclaje a las fachadas. Por una parte se estudiarán las alternativas de la base cerámica y los tipos de sistemas fotovoltaicos, es decir, como acoplarlas entre si y sus rendimientos. El segundo punto estudiará las uniones en las fachadas ventiladas, aquellas que ofrece el mercado y se adapten mejor al producto base o bien la realización de un nuevo diseño de anclaje.

1.5.1 Revestimiento cerámico fotovoltaico.

a) Estudio de alternativas y viabilidad.

- **Base cerámica.**

El producto que se diseñará se ha ideado para recubrir fachadas, es decir, para exteriores. Este producto deberá cumplir los requisitos de resistencia a la intemperie, por lo tanto lo primero que se mirará es que la base pueda ser utilizada bajo estas condiciones.

Como se ha explicado anteriormente, apartado “1.3.2 productos cerámicos actuales”, existen varias clasificaciones de cerámica según su proceso de fabricación y su aplicación. Para escoger la correcta se deberá mirar aquella que se pueda utilizar en fachadas exteriores. Siguiendo esta especificación se obtienen dos alternativas: gres porcelánico y gres rústico.

	Espesor (mm)	Acabado superficial	Formato	Absorción de agua	Carga rotura	Aplicación general	Proceso de producción
Gres porcelánico	>3<15	Natural, pulido, semipulido, satinado, esmaltado.	30x30, 45x90, 120x120... Tamaño a medida	$E < 0.5\%$	1800-5200N	Pavimento y revestimiento interior y exterior, fachadas, suelos urbanos.	Prensado en seco. Extrusión.
Gres rústico	10-25	Natural y esmaltado.	10x10... 60x100	$3\% < E < 6\%$	2200-4500N	Revestimiento de fachadas. Suelos exteriores.	Extrusión. Prensado plástico.

Una de las especificaciones estéticas que se demandaban era la utilización de relieves, ambas opciones ofrecen un espesor suficiente para el diseño que se desea realizar. En el caso del gres porcelánico, aunque la tabla indique un espesor máximo de 15 mm, hay empresas que llegan a ofrecer un producto de hasta 20 mm. Pero a menor espesor, menor peso y mayor ahorro en cuanto a materias primas se refiere.

En cuanto a formato, el gres porcelánico es más dinámico, ya que se pueden realizar piezas a medida, según las necesidades del cliente.

Teniendo en cuenta que, con lo analizado hasta el momento ambos productos cumplen lo demandado, para escoger la base más viable será fundamental observar sus resistencias mecánicas.

La absorción de agua, durante su proceso de fabricación, indica el grado de porosidad que tiene la pieza, a mayor grado de absorción, mayor será la porosidad y por tanto, mayor la fragilidad. El gres porcelánico tiene una absorción menor al 1%, mientras que el rústico puede llegar a alcanzar un 6%. Debido a esto la carga de rotura es mayor en el porcelánico, tiene mejor aguante. Además, la porosidad también afecta a la absorción de humedad, es decir, que una vez instalado, el rústico absorbe mayor cantidad de humedad ambiental, con lo que podría favorecer la aparición de manchas y humedades. Normalmente el revestimiento cerámico en fachadas se usa como aislante, por tanto, no conviene para nada la aparición de manchas favorecidas por la absorción de agua.

Añadir que el gres porcelánico cuenta con una elevada precisión dimensional, por no presentar expansión significativa por humedad, valores reducidos del coeficiente de dilatación, resistencia a la corrosión, alta resistencia a ácidos, a la radiación solar, a las heladas y es de fácil limpieza. Con ello se cumplen más especificaciones del punto 1.4.3 anterior.

Después de este análisis se puede decir que la opción más viable y segura es la de la utilización del **gres porcelánico** frente al gres rústico, como base para el diseño que se realizará.

- **Recubrimiento fotovoltaico.**

El siguiente aspecto que se estudiará será el factor principal del proyecto: el recubrimiento fotovoltaico. Una vez estudiada y elegida la base, se deberá saber que cobertura fotovoltaica cumple mejor con lo exigido. Para ello, se analizarán las opciones que ofrece el mercado y se verá cual se adapta mejor a las especificaciones antes marcadas.

1. Se empezará analizando la capa *monocristalina*. Esta cumple perfectamente con dos especificaciones: tener una vida útil mayor de 20 años y tener un mínimo del 15% de eficiencia, ya que este tipo de placa posee una vida útil de unos 25 años y una eficiencia de entre el 15 y el 20%.

La eficiencia de una placa solar es el porcentaje de potencia que se convierte en energía eléctrica, proveniente de la luz solar absorbida por un panel. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima. El punto de potencia máxima de un dispositivo fotovoltaico varía con la iluminación incidente. Para el cálculo se toman valores estándares de incidencia. Las condiciones estándares especifican una temperatura de 25 °C y una irradiancia de 1000 W/m².

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c}$$

Donde η es la eficiencia, P_m la potencia máxima (W), E la luz que llega a la placa proveniente del sol (W/m²) y A_c la superficie del panel en m².

A mayor tamaño de cristales, mayor eficiencia. Esta sentencia indica que el peso también variaría con el tamaño, son proporcionales, por lo tanto un recubrimiento solar de este tipo haría que la pieza pesase en exceso y podría llegar a ser peligroso para la estructura metálica de la fachada y para la manipulación por parte del operario.

A parte están sus limitaciones mecánicas. Son placas rígidas y con una forma muy definida, por lo tanto no permitiría su manipulación y adaptación a otras formas que no fuesen planas. Incumpliría la especificación de la utilización del relieve, sería imposible darle esa forma. Además, que este tipo de revestimiento sólo ofrece un color: azul oscuro-negro.

Al tener una forma cuadrada con las puntas recortadas, existe el problema del derroche de material. Estas puntas se desechan, lo que hace que el ahorro en materias primas no exista en absoluto. En cuanto a ahorro económico, como las celdas son de

silicio monocristalino de alta pureza, hay que decir que son más caras y que el silicio puro es un recurso que se encuentra cada vez menos en la naturaleza.

En cuanto a conexiones eléctricas posee una de las instalaciones más sencillas y rápidas. Se deben unir los polos positivos de una placa con los negativos de la siguiente y los negativos con los positivos, así sucesivamente.

2. El siguiente tipo de recubrimiento a analizar será el *policristalino*. Su eficiencia es menor, sobre 10-15%. Si se trabaja en zonas cálidas, su vida útil puede verse recortada por culpa de estas altas temperaturas.

En cuanto a instalación, al tener menor eficiencia se requiere mayor superficie de instalación para lograr unos resultados parecidos a los obtenidos con los monocristalinos. Aun así, las conexiones a la red son de fácil montaje, similares a las anteriores.

Al tener una estructura cristalina, como ya pasaba con las monocristalinas, su forma también será limitada, sería difícil su adaptación a otras formas que no sean las planas. En este caso el color que ofrece este tipo de capa es de un tono azul oscuro. La producción de este tipo de recubrimiento no requiere tanto material como el anterior, la capa puede ser más fina y no se derrocha material ya que no necesita el recorte posterior de las celdas.

3. Otro producto que se podría aplicar es el conocido como *de capa fina*. La eficiencia de estas capas suele rondar el 10%, que está lejos de la especificación, que marcó una eficiencia del 15% como mínimo. Esto también hace pensar que para conseguir la misma energía generada se necesitará mayor superficie de instalación, aunque mantienen mejor rendimiento a altas temperaturas y no se ven afectadas por las sombras que puedan taparlas.

En cuanto a forma, los paneles amorfos o de capa fina, suelen ser planos, aunque existen procesos de fabricación que permite realizarlos mediante impresión digital, aun así no permitiría su colocación en una forma no plana. La gama de colores no se aleja del color oscuro típico de las placas solares, ya que su principal elemento es el silicio. Como se ha dicho, hay procesos que permiten realizarlos mediante impresión, con ello se reduce notablemente la cantidad de materia prima utilizada, a la par que tiene una producción muy alta, en comparación a los tipos de capas anteriores.

Si se compara con las otras capas analizadas hasta ahora, se puede añadir que la instalación es más costosa, en cuanto a superficie, cableado, estructuras, etc. Además

como no utiliza un cristal transparente de protección estas capas tienden a desgastarse más rápidamente, lo que reduce su vida útil.

Siguiendo con las placas de capa fina, la Universidad Jaume I de Castellón en colaboración con la Universidad de Oxford, lograron desarrollar una nueva tecnología variando el silicio por otros componentes. El nuevo componente está formado por una capa de óxido de titanio más grafeno, que funcionan como colectores de carga y una segunda capa de perovskita, que se utiliza como absorbedor de luz. Mediante este nuevo componente se logra una eficiencia de 15,6%. Sus aplicaciones aún son limitadas, pudiéndose usar sobre bases plásticas o textiles. Una de las grandes ventajas de este nuevo componente es el bajo coste de producción, ya que necesita menos temperatura de cocción para unir los materiales, lo que conlleva un ahorro energético. Además, controlando su composición se podría lograr una amplia gama de colores.

4. Muy similares a las de capa fina son las de *capa flexible*. Las características son las mismas salvo por sus aplicaciones. Estas se suelen instalar en tamaños pequeños y cada vez más se incorporan en la ropa, mochilas, etc. A parte de aplicaciones especiales, sirven para cargar aparatos de poco consumo.

5. Por último se estudiarán las nuevas *tecnologías en spray*. Se trata de capas fotovoltaicas que se aplican directamente sobre la superficie mediante pintura o spray.

La empresa Mitsubishi creó un spray de partículas de carbono, que cuando se secan, funcionan como semiconductores que generan electricidad gracias a la reacción que desencadena su exposición al sol. Alcanza una eficiencia del 10%. Aunque esto dista del 15% exigido no hay que despreciar la opción, ya que, el resto de especificaciones puede cumplirlas de forma holgada. La capa de fotorreceptores proyectada sobre la base tiene un milímetro de espesor, por lo que su peso es mínimo, unas 200 veces menor respecto a los paneles tradicionales. Al tratarse de un aerosol se aplica sobre todo tipo de superficies: curvadas, con relieves, etc. Posee una amplia gama de colores, ya que inicialmente se creó para pintar automóviles y así convertirlos en coches eléctricos. Pero al igual que pasaba con los paneles de capa fina, su instalación se prevé costosa, ya que se necesita mayor superficie para generar la misma energía y su vida útil puede ser menor al aplicarse directamente sobre la base y no tener una protección posterior.



1.28 Spray de nanocristales de carbono creado por Mitsubishi.

En la actualidad, EnSol, empresa noruega, ofrece nuevas tecnologías en el mercado de los paneles de capa fina. Mediante la utilización de nanocristales de silicio consigue una eficiencia del 20% en sus productos. El material tiene un acabado transparente. Esto daría la opción de esmaltar previamente la base del color que se desease y después aplicarle la capa transparente. Lo más novedoso de este producto es que también se puede aplicar mediante aerosol.

Por otra parte, la tinta creada por la empresa Innovalight, contiene nanocristales de silicio que alcanzan una eficiencia del 18%. Al hacer que los cristales sean sólo de unos pocos nanómetros de diámetro, la empresa ha bajado la temperatura necesaria para fijar la lámina a la base. Lo que conlleva un ahorro energético.

La tinta de silicio también contiene un compuesto orgánico que ayuda a suspender el silicio, que de lo contrario éste tiende a hundirse en el fondo, lo que hace que el líquido sea compatible con la impresión de inyección de tinta. Su aplicación se puede realizar con máquinas inkjet, lo que hace que la producción sea mayor al resto. Acepta cualquier tipo de forma como base, ya que no depende del producto en sí, sino de la máquina que lo aplicará, y las máquinas inkjet sí permiten relieves y formas no rectangulares. Al ser una tinta su peso se ve totalmente reducido y utiliza cantidades de materiales menores, con lo que sí existe un ahorro. Se puede lograr una amplia gama de colores.



1.29 Tinta de silicio creada por la empresa Innovalight.

Otras especificaciones hacían referencia al reciclaje de los materiales o de las piezas si estas se estropeaban. En este aspecto hay que decir que las placas tradicionales: las monocristalinas, policristalinas y las de capa fina, tienen un proceso de reciclaje muy complicado ya que pueden ser muy contaminantes para el medio ambiente. En cambio las nuevas tintas fotovoltaicas son más respetuosas con el medio ambiente porque utilizan menos energía para su creación y su reciclaje es más sencillo.

A continuación se muestra una tabla que contiene un resumen de las especificaciones más importantes y de si las cumplen o no cada una de las alternativas.

Especificaciones/Tipo fotovoltaico	Monocristalinas	Policristalinas	Capa fina	Capa flexible	Spray carbono	Spray nanocristales de silicio	Tinta de silicio
Eficiencia > 15%	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Peso reducido	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Forma con relieves	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Bajo consumo de materiales	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Colores	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Bajo coste de instalación	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Vida útil > 20 años	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Coste producción	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Facilidad de reciclaje	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓

Tras el análisis de todas las alternativas y de las especificaciones que deben cumplir, se puede afirmar que las mejores opciones son la de las tintas fotovoltaicas o spray de nanocristales. Para poder cumplir con la mayoría de las exigencias se sacrificarán otras que no suponen tanta problemática para el producto final y para su fabricación.

Como se ha explicado anteriormente, estos productos no utilizan una capa protectora de plástico o de cristal, como si lo hacen los paneles tradicionales. Su vida puede verse degradada por la intemperie, aun así se asegura una vida no inferior a los 15 años.

El otro aspecto sacrificado será el del bajo coste de instalación. Esto hace referencia a que para producir la misma cantidad de energía eléctrica se necesita mayor superficie. El rendimiento será un poco menor al típico de las placas monocristalinas, por ello se necesitará más espacio y más material para la estructura metálica de sujeción. Aun así, este coste extra se verá rápidamente amortizado con el ahorro energético y de materiales en su producción y la posterior generación de energía eléctrica una vez instalado.

Estas dos especificaciones son sus puntos negativos respecto a las otras alternativas, aun así no suponen ningún problema de viabilidad del producto.

Entre ambas opciones se decidirá utilizar la de la **tinta fotovoltaica**, ya que esta permite ser aplicada mediante procesos ink-jet. Se trata de una impresora digital de gran tamaño. Este tipo de maquinaria ya está disponible en la mayoría de las empresas del sector cerámico, lo que abarataría los costes de la implementación de nuevas máquinas para su desarrollo.

- **Diseño estético.**

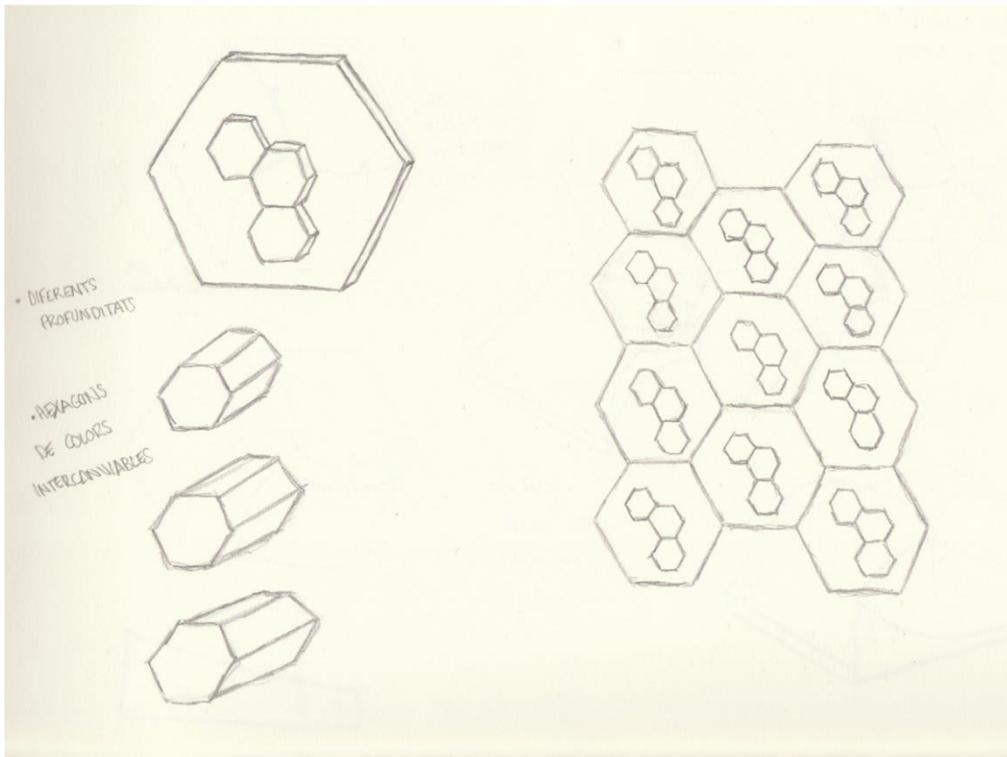
Una vez estudiada la viabilidad de la base y del recubrimiento fotovoltaico, será necesario estudiar el último punto del revestimiento: su forma.

Atendiendo a las peticiones del apartado 1.4.3 y dentro de ellas a las que hacen referencia a la parte estética, se obtendrá la forma más viable.

Para desmarcarse de las placas solares tradicionales, se apostará por una forma innovadora. Para ello se seguirán las especificaciones: estilo *vintage*, forma hexagonal, un formato no superior a 40cm, utilización de relieves y amplia gama de colores.

Basándose en estas pautas se han realizado varios bocetos. A continuación se mostrarán y se estudiará la viabilidad de cada uno.

- **Diseño 1.**



1.30 Boceto del primer diseño.

Inicialmente se pensó en un sistema de baterías portables. Durante el día se podían cargar al estar conectadas en la fachada, posteriormente se podían extraer y ser utilizadas donde se necesitasen. Como una pila recargable.

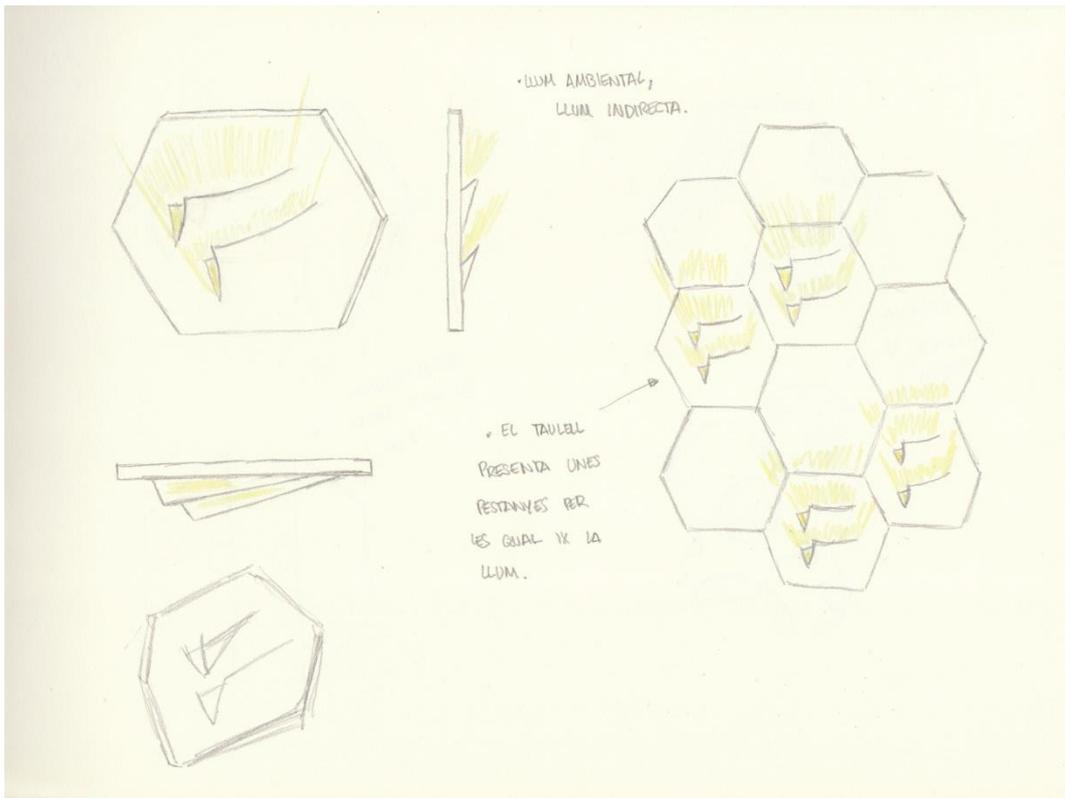
Utiliza el hexágono como forma y el relieve. A su vez cada uno de los hexágonos extraíbles tendría diferentes alturas entre sí. Además cada uno de ellos tendría un color diferente y al ser intercambiables haría que el hexágono grande fuese diferente de uno a otro.

En cambio se pueden observar grandes aspectos negativos en este diseño. Su proceso de fabricación sería complicado, resultaría muy difícil realizar el tubo-hexágono en cerámica, ya que dentro de cada uno de ellos debería ir la batería. Al ser utilizado en el exterior se debería conseguir una estanqueidad en el producto, para evitar que el agua o humedad se filtren en el interior de las baterías y las estropeasen. Por tanto, no resultaría viable construir un envase hermético de cerámica.

Además no parece muy recomendable utilizar elementos extraíbles en lugares públicos; podrían quitarse fácilmente y ser destruidos.

Con estos dos problemas se puede decir que el primer diseño no es viable.

- **Diseño 2.**



1.31 Boceto de la segunda alternativa.

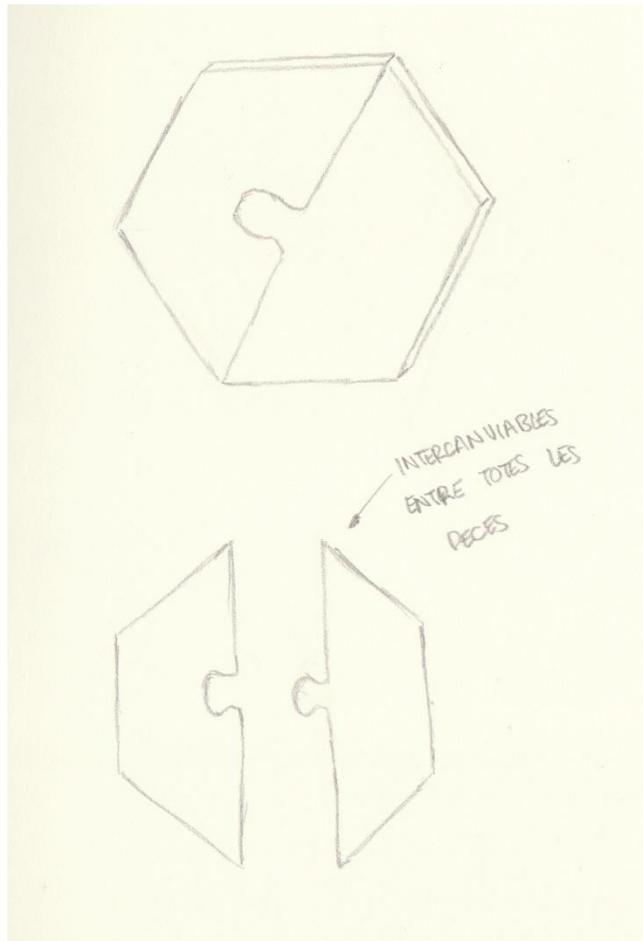
Ya que el revestimiento iba a ser utilizado en el exterior e iba a ser fotovoltaico, se ideó que a su vez parte de esa energía fuese utilizada como luz ambiente, que iluminase y resaltase el propio edificio durante la noche.

Para darle relieve y a su vez que la luminaria estuviese integrada dentro del revestimiento, se hicieron unas pestañas recortadas y levantadas hacia adelante para que la luz solo fuese ambiente y se dirigiese hacia arriba; luz indirecta.

El problema se presenta en su proceso de fabricación. Las consideraciones de diseño recomiendan que se eviten formas puntiagudas o con formas de ángulos muy rectos, para evitar la utilización de herramientas complejas, que también supondrían una mayor inversión. Además resultaría imposible realizar esas pestañas, con las curvas hacia afuera, en cerámica para producciones grandes. Podrían realizarse, quizá, de forma manual y artesanal en series de pocas piezas. Con lo que conlleva un gasto extra.

Por tanto, el diseño también queda descartado por su inviabilidad.

- **Diseño 3.**



1.32 Tercer boceto.

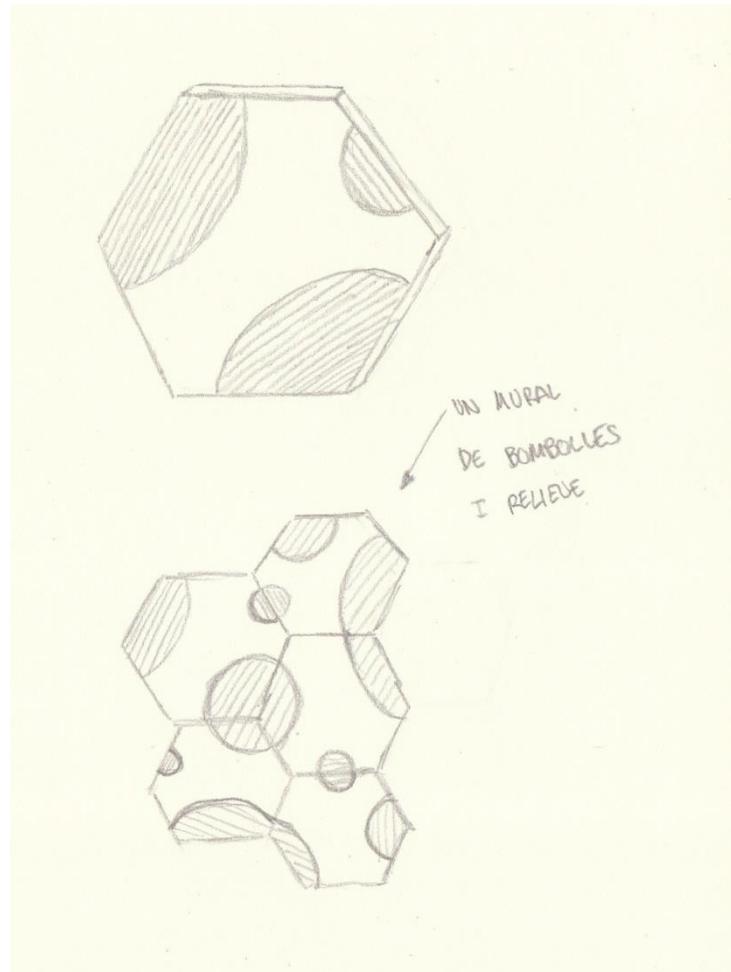
El tercer diseño consta de dos partes, una sería la positiva de la placa y la otra la negativa. Al separarlo de esta forma el cableado sería más intuitivo y rápido.

Aprovechando la forma de un puzle se crea la unión, que también sería desmontable, por una parte la parte positiva y por otra la negativa.

El diseño presenta limitaciones importantes. Cuando la pieza está separada una de la otra, se observa una esquina con un ángulo inferior a 90° , lo que sería imposible realizar en cerámica, ya que una zona tan puntiaguda supondría un problema mecánico (zona con grandes concentraciones de tensiones). Por otra parte, la zona de unión sería muy fácil de quebrar, un cuello demasiado estrecho en relación al resto de la pieza.

Se puede decir que este diseño también es inviable desde el punto de vista técnico.

- **Diseño 4.**



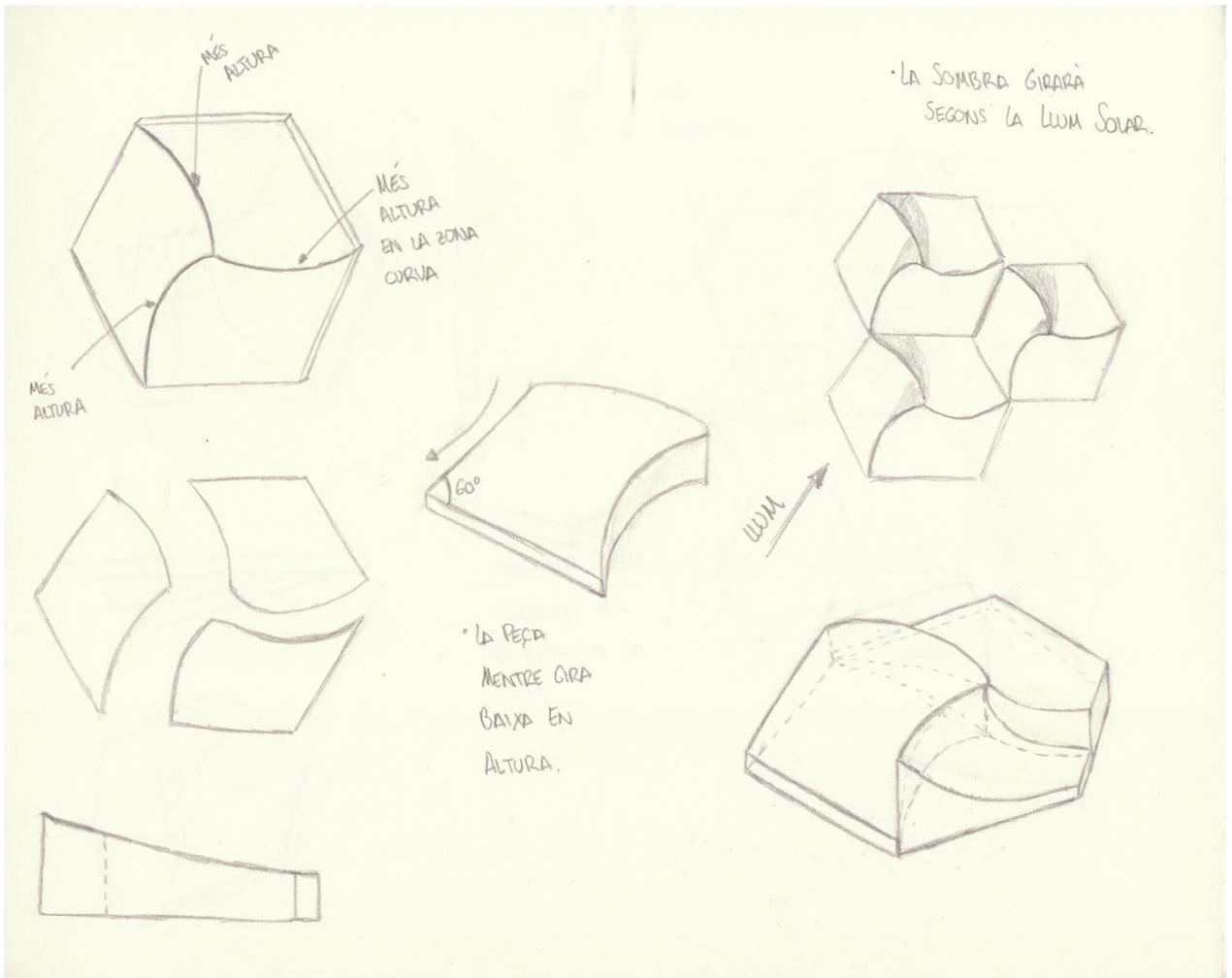
1.31 Boceto de la cuarta alternativa.

Técnicamente hablando el diseño sería viable, ya que sólo consta de un relieve que forma circunferencias rayadas en su interior. Al juntar los revestimientos se visualizaría la forma esférica. El diseño no tiene puntas ni ángulos complicados para su realización.

En cambio tiene un problema desde el punto de vista de su manipulación e inserción en la fachada. El dibujo no es simétrico ni marcadamente asimétrico, para facilitar su colocación, como recomiendan las normas del DFA (*design for assembly, diseño para el ensamblaje*). Si fuese simétrico o muy asimétrico permitiría que el operario lo pudiese instalar de forma más rápida. Con el relieve que tiene se tardaría mucho en colocar correctamente la pieza, sin tener que darle más de una vuelta hasta que la pieza encajase con el dibujo de sus vecinas.

En este caso la pieza no sería viable desde el punto de vista del DFA.

- **Diseño 5.**



1.34 Boceto del diseño viable.

El último hexágono diseñado presenta un relieve en forma de hélice. Inicialmente no presenta ninguna problemática técnica, ya que su parte más gruesa y más delgada entran dentro de los espesores permitidos en un gres porcelánico. La pieza no presentaría ángulos complicados, por tanto, no necesitaría de herramientas complejas y no aumentaría sus costes de fabricación.

Respecto al diseño para su manipulación, esta pieza posee un diseño que no necesita una colocación guiada, ya que no necesita orientación respecto a las piezas vecinas.

Estudiados los dos grandes problemas de diseño, tanto el técnico como el de manipulación, y visto que en ninguno de los dos existes problemas, se puede asegurar que este diseño sí es viable. Por tanto, será el diseño que se realizará.

En los próximos puntos del proyecto se pasará a detallar más específicamente el diseño elegido. Se realizará un análisis más amplio de él.

- **Formato rectangular.**

Como última indagación sobre el diseño, y de forma complementaria, a continuación se verá si sería posible realizar este mismo diseño pero en otro formato, por si se adaptase a las exigencias de otros clientes.

Para poder observar mejor su comportamiento se ha hecho un prototipo a escala de una pieza con un formato de 90x45 cm.



1.35 Prototipos a escala realizados en barro.

Tras la realización del prototipo se observa que la pieza tendría problemas de esbeltez. La esbeltez es la relación que existe entre su espesor y su longitud.

Aunque la pieza sea rígida y con buenas prestaciones mecánicas (como posee la cerámica), al tener una esbeltez muy alta, la longitud es de 90 cm y su espesor mínimo es de 0'8 cm, ésta podría romperse fácilmente, incluso durante su procesado. La pieza podría sufrir un alabeo, las puntas se levantan por efecto de la contracción durante el secado.

Posteriormente, durante su manipulación, se debería tener mucho cuidado al manejarla debido a esta esbeltez. Sería fácil que sufriese un golpe y se rompiese una de las puntas. Por tanto, desde el punto de vista del DFA también sería complicada su fabricación.

Como conclusión se podría decir que debido a esto, este relieve es más conveniente usarlo en piezas de menor tamaño, como lo es el hexágono.

b) Solución final.

Tras realizar todos los estudios pertinentes, de cada uno de los componentes que formará parte del diseño, se ha conseguido que estos sean viables y el diseño pueda seguir con su proceso.

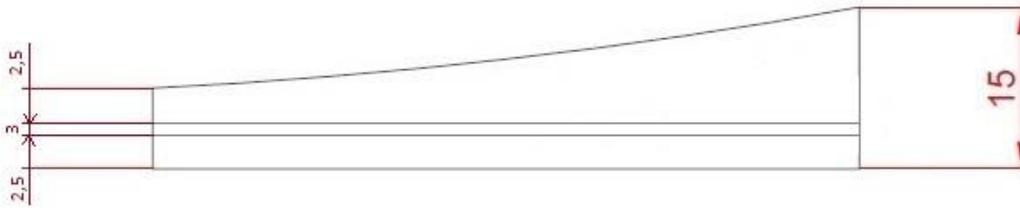
A continuación se describirá el producto final de forma más detallada:



1.36 Revestimiento fotovoltaico final: colección *Suntile*.

- Descripción.

El revestimiento cerámico fotovoltaico tiene un formato de 33 x 28,5 cm, y con ello un área de 0,071 m². Su forma geométrica es hexagonal. Su espesor es de 1,5 cm, mientras que el espesor mínimo del relieve será de 0,8 cm. La base de la pieza está hecha con gres porcelánico y su cobertura fotovoltaica está fabricada con tinta de silicio. La pieza tiene dos ranuras en el lateral, una por cada lado. Estas ranuras sirven para su colocación en los anclajes de la fachada ventilada. El espesor de las ranuras es de 3 mm, su longitud de 165 mm y su profundidad de 10 mm.

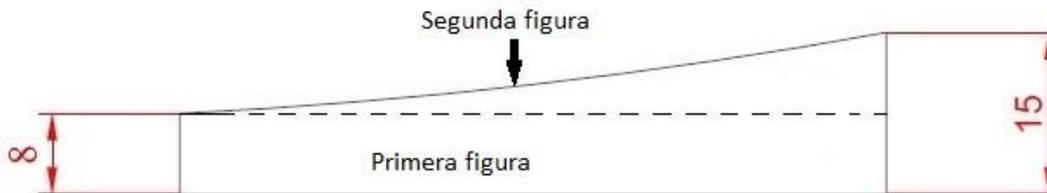


1.37 Vista lateral de la pieza y detalle de la ranura para su sujeción. Medidas en mm.

El peso de la pieza se puede averiguar de forma teórica, partiendo del peso de un metro cuadrado de hexágonos de 1 cm de espesor. El peso para un metro cuadrado es de 24kg.

$$0,071 \text{ m}^2 \frac{24 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2} = 1,704 \text{ kg}$$

Este peso sería para un hexágono de 1 cm de espesor constante y un área de $0,071 \text{ m}^2$. Pero el hexágono diseñado tiene relieve y por lo tanto su espesor no es constante. Para averiguar el peso se divide el hexágono en dos figuras geométricas. Primero se calculará el peso como si su espesor mínimo fuese constante, de 0,8 cm.



$$0,8 \text{ cm} \frac{1,704 \text{ kg}}{1 \text{ cm}} = 1,363 \text{ kg}$$

Ahora falta calcular el resto de relieve. Para ello se calculara como si fuese otro rectángulo pero esta vez de 0,7 cm de espesor. Posteriormente será necesario dividirlo por dos, ya que el relieve restante tiene forma triangular.

$$0,7 \text{ cm} \frac{1,704 \text{ kg}}{1 \text{ cm}} = 1,193 \text{ kg}$$

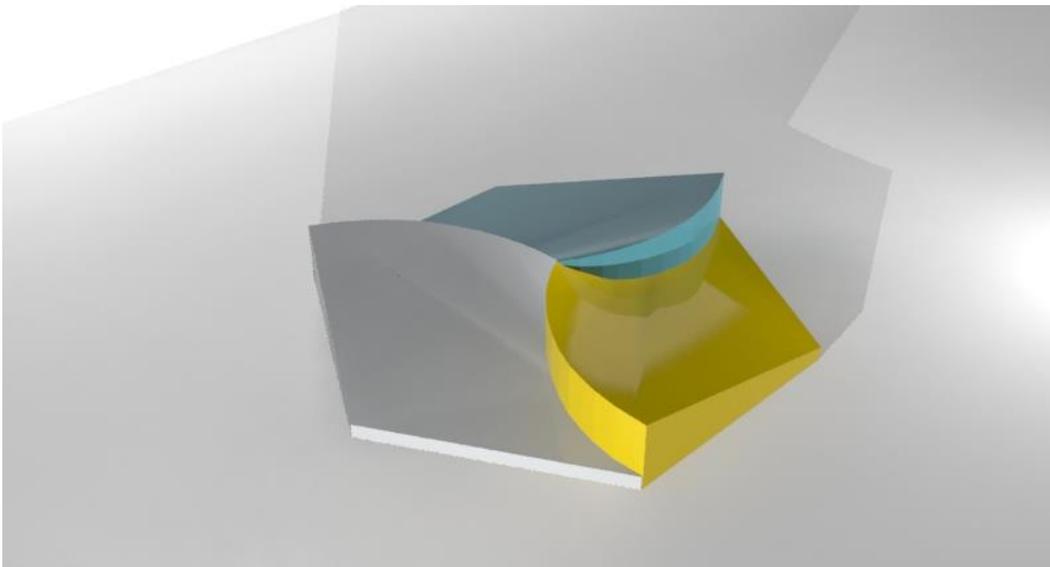
Ahora se dividirá por dos para hallar el peso del material que formará la pendiente.

$$\frac{1,193 \text{ kg}}{2} = 0,596 \text{ kg}$$

Con lo que el peso final de la pieza, aproximadamente, es de:

$$1,363 + 0,596 = \mathbf{1,96 \text{ Kg}}$$

El relieve de la figura tiene forma helicoidal. Partiendo del centro va girando y bajando hacia sus vértices exteriores. Se compone de tres hélices. Este relieve le proporciona personalidad a la pieza y dinamismo a la fachada donde estará instalada. Gracias a las hélices se producirá un juego de sombras sobre el propio revestimiento, durante la proyección del sol. Mientras el sol gire, las sombras producidas por los propios revestimientos también van girando y cambiando. Por tanto, la fachada es diferente a lo largo del día.





1.38 Detalles del relieve.

Estas sombras no afectan al rendimiento energético, ya que las tintas fotovoltaicas producen la misma cantidad de luz estén cubiertas de sombras o no.

A continuación una tabla donde se recogen sus características técnicas.

Características técnicas	
Medidas	33x28,5 cm
Área	0,071 m ²
Material	Gres porcelánico y tinta de silicio
Peso	1,96 kg

1.39 Resumen de las características técnicas de la pieza.

El revestimiento a pesar de ser una placa solar, tiene el aspecto y las características de un azulejo normal, por tanto, la limpieza de éste se podrá realizar con un trapo húmedo, sin necesidad de productos químicos. En el caso de estar instalado en la fachada, sería suficiente con un chorro de agua a presión para eliminar el polvo sobre él.

- **Materiales.**

Los materiales que se utilizarán para realizar la pieza serán explicados a continuación.

1. Para la elaboración del gres porcelánico se utiliza una mezcla de materias primas como son arcillas, feldspatos y caolines.

Las principales características que aportan las arcillas a los soportes de las baldosas cerámicas son:

- Favorecer el conformado de las piezas debido a su plasticidad y evitar la aparición de ciertos defectos como grietas, ahogados, etc.
- Proporcionar resistencia mecánica durante el traslado de las piezas crudas en las etapas anteriores a la cocción.
- En los procesos de vía húmeda actúan como suspensionantes de las materias primas no plásticas presentes en la composición, y evitan sedimentaciones durante el trasiego y almacenamiento de las suspensiones.

Con la adición de los feldespatos se facilita la fusión y reactividad de la mezcla, reduciéndose de este modo la temperatura de cocción necesaria para alcanzar una determinada porosidad abierta (estimada como absorción de agua). Actúan como elementos fundentes a alta temperatura. Por tanto, los feldespatos garantizarán un sellado de la porosidad de la pieza en el proceso de cocción. Además hay que añadir que este componente es muy barato comparado con el resto; si la composición del gres es alta en feldespato la pieza resultaría mucho más barata.

El caolín es otra materia prima plástica que presenta una cocción más blanca aunque es más difícil de prensar y aumenta la temperatura de cocción.

El zirconio hará la función de refractario, subirá la temperatura de fusión y favorecerá la sinterización.

Las tablas que se muestran a continuación indican el % en peso de las materias primas que componen el gres porcelánico:

Gres porcelánico esmaltado (soporte blanco)	
Arcilla silíceo	40-60
Arcilla plástica	10-20
Feldespato	30-40
Talco	0-3

Gres porcelánico no esmaltado (soporte blanco)	
Arcilla plástica	30-45
Caolín	15-25
Feldespato (Na y Na-K)	35-45
Arena silíceo	0-10
Zirconio	2-6

Para este proyecto se utilizará el gres porcelánico no esmaltado.

2. Para la realización del recubrimiento fotovoltaico se utilizará una tinta de silicio.

Su composición se basa en la suspensión de nanocristales de silicio en un compuesto orgánico que evita que los nanocristales caigan hasta el fondo.

Un nanocrystal es un material cristalino con dimensiones medidas en nanómetros. Una nanopartícula con una estructura que es principalmente cristalina. Estos materiales son de enorme interés tecnológico puesto que muchas de sus propiedades eléctricas y termodinámicas muestran una fuerte dependencia del tamaño y pueden por lo tanto ser controladas por medio de procesos de fabricación cuidadosos. Los nanocristales de 40 nanómetros de diámetro, convierten los fotones en electricidad.

Estos cristales no presentan problemas de borde grano. Este borde es la superficie de separación entre dos cristales de un mismo grano policristal. Surge como consecuencia del mecanismo del crecimiento de grano, o cristalización, cuando dos cristales que han crecido a partir de núcleos diferentes se "encuentran".

- **Proceso de fabricación.**

El proceso de fabricación del gres se compone de varios pasos. El primero de ellos es la preparación de la pasta, posteriormente se realizará el conformado de la pieza, un secado, la primera cocción de la base, la impresión de la capa fotovoltaica, su cocción y por último se realizará el mecanizado de las ranuras para su sujeción. A continuación se explicará más extensamente estos seis pasos.

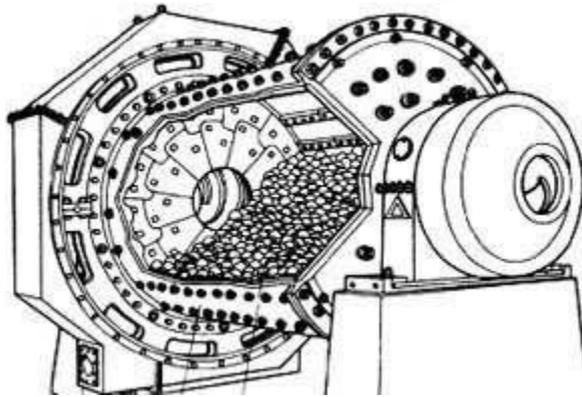
1. Preparación de la pasta.

Esta etapa del proceso productivo consiste en obtener una mezcla homogénea de los distintos componentes con un tamaño de partícula determinado y acondicionarla para el adecuado moldeo de la pieza. El tamaño de partícula de la mezcla de materias primas influye notablemente en la plasticidad y, por tanto, en el conformado de la pieza cerámica, en la velocidad de secado de las piezas y en la superficie de contacto entre las partículas.

Según que la operación de molienda se realice en ausencia o en presencia de agua se le denomina molturación vía seca o molturación vía húmeda respectivamente. La molienda vía húmeda proporciona mayor homogeneización de los componentes de la fórmula, menor tamaño de partícula, mejor control de las variables del proceso y unas mejores características del polvo de prensas, por lo que su empleo aumenta la calidad del producto acabado con respecto a la molienda vía seca.

La molturación vía húmeda se lleva a cabo en un molino de bolas que trabaja en continuo. Se trata de un cuerpo cilíndrico o cilíndrico-cónico, cuyas paredes interiores

están protegidas, y que gira alrededor de un eje horizontal. En el interior del tambor se coloca una carga de molienda (que suelen ser bolos de sílex o bolas de alúmina), con una distribución de tamaños apropiados para optimizar la molturación.



1.39 Molino continuo para la preparación de las materias.

Por un lado del molino se introduce los sólidos mezclados con un 35% de agua aproximadamente y el aditivo desfloculante que ayuda a mantener aquellos en suspensión y, por tanto, la molturación. Por efecto de la rotación del tambor, las bolas son arrastradas a lo largo de las paredes hasta que caen en cascada, por lo que someten al material a moler a innumerables acciones de presión. Por el otro extremo del molino se obtiene el producto molturado en forma de suspensión, coloquialmente denominado barbotina, y que resultará con un tamaño de partícula medio mayor o menor en función del tiempo que permanezca en el interior, de la velocidad de rotación y de la longitud del molino.

Posteriormente esta barbotina se pasa al atomizador. El atomizador es un cilindro troncocónico que consta principalmente de un conjunto de boquillas que pulverizan la suspensión en su parte interior central, y de un sistema que introduce aire caliente en la parte superior y en contracorriente con el flujo de material.



1.40 Atomizador industrial.

El aire caliente en contacto con las gotas de barbotina dispersas provoca la evaporación del agua, por convección y por radiación de calor, y por tanto el secado de las partículas, las cuales se aglomeran y adquieren la típica forma esférica característica del polvo atomizado. El polvo atomizado se descarga por la parte inferior del atomizador y se transporta a una serie de silos donde va a permanecer de 2 a 3 días para homogeneizar su humedad antes de iniciarse el proceso del conformado.

2. Conformado.

El sistema más utilizado para el conformado del gres porcelánico es el prensado en seco.

El moldeo de las piezas planas, debido a su forma sencilla (rectangular, cuadrada, etc.), y a la pequeña relación espesor/superficie, se realiza por prensado unidireccional en seco en prensas de efecto simple, donde la presión se realiza solo en una de las superficies de la pieza. En el caso de este proyecto la superficie que aplicará la presión tendrá la forma del relieve, pero en negativo. Así al prensar se crea la forma sobre la pasta.

Esta operación se realiza generalmente con prensas hidráulicas, debido a que son las más indicadas para controlar el ciclo de prensado. La potencia de las prensas a utilizar (fuerza de prensado), depende del tamaño de las piezas.

Las principales ventajas de la utilización del prensado son las siguientes:

- Elevada producción con un empleo mínimo de mano de obra especializada.
- Facilidad de secado de las piezas prensadas.

-Mínima deformación de las piezas en las operaciones posteriores, (secado y cocción).

3. *Secado.*

Las piezas recién moldeadas, se introducen en un secadero continuo para reducir su humedad, duplicando o triplicando así su resistencia mecánica, lo que permite su procesado posterior. El ciclo de secado depende, tanto de las variables propias de la operación (temperatura, caudal de aire, etc.), como de las características de las piezas prensadas (dimensiones, humedad, etc.) y de la composición químico-mineralógica de las mismas.



1.41 Secadero continuo.

4. *Primera Cocción.*

El conformado de la pieza pasa por dos cocciones, se trata de un proceso de bicocción. La primera se realizará antes de la cobertura de tinta de silicio, la segunda será para cocer la capa fotovoltaica. Se deben realizar dos cocciones porque cada proceso se realiza a diferentes temperaturas.

En este apartado se explicará la cocción del bizcocho, la base cerámica en crudo.

Esta es la etapa más importante del proceso de producción, ya que es el momento en el que las piezas previamente moldeadas sufren una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro, resistente al agua y a los productos químicos.

La cocción del gres se realiza en hornos monoestrato de rodillos que permiten realizar ciclos cortos de producción, tienen menor consumo energético que los que se usaban antiguamente y aportan mayor uniformidad y flexibilidad de proceso.

El material que sale de las prensas, se dispone de forma automática en una sola capa y en filas sobre los rodillos de entrada al horno. Por el propio giro de estos rodillos el

material va entrando por la boca del horno y va siendo sometido al ciclo de cocción elegido. Las condiciones para la cocción del gres porcelánico son las que aparecen en la tabla siguiente:

Etapa	Variable	Gres porcelánico
Cocción	Temperatura máxima (°C)	1180-1220
	Ciclo (min)	45-65

Dentro de esta cocción se deben diferenciar dos fases: la etapa de calentamiento, que abarca el 55-60% de la longitud total del horno y la etapa de enfriamiento, entre el 40-50% de la longitud del horno.

En la etapa de calentamiento se deben diferenciar tres zonas: la etapa inicial de calentamiento, el calentamiento y la cocción.

En esta primera zona se inicia el calentamiento de las piezas de forma lenta hasta alcanzar aproximadamente los 400°C para favorecer la eliminación del exceso de humedad, y en ella se realiza la extracción de los humos producidos durante la combustión.

En la fase de calentamiento es donde tiene lugar el aporte energético que permite llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica y de las impurezas, la eliminación de los productos gaseosos generados durante ellas, así como la descomposición de los carbonatos (sobre todo cálcico) presente en el soporte. Por ello, las temperaturas a las que transcurre esta etapa van comprendidas generalmente entre 750°C y 900°C.

Por último, la cocción se considera el momento en el que se produce la sinterización de las piezas. El soporte, al ir calentándose, comienza de una manera progresiva, a producir la fase vítrea (en el caso de composiciones de gres) o fases cristalinas estables (en composiciones de azulejos o revestimientos), y la mezcla de materias primas se va transformando en una única estructura química compleja. La zona de cocción debe corresponder al intervalo de temperaturas comprendido entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación de la pieza por efecto del calor. El tiempo de exposición a máxima temperatura ronda entre los 2-3 minutos.

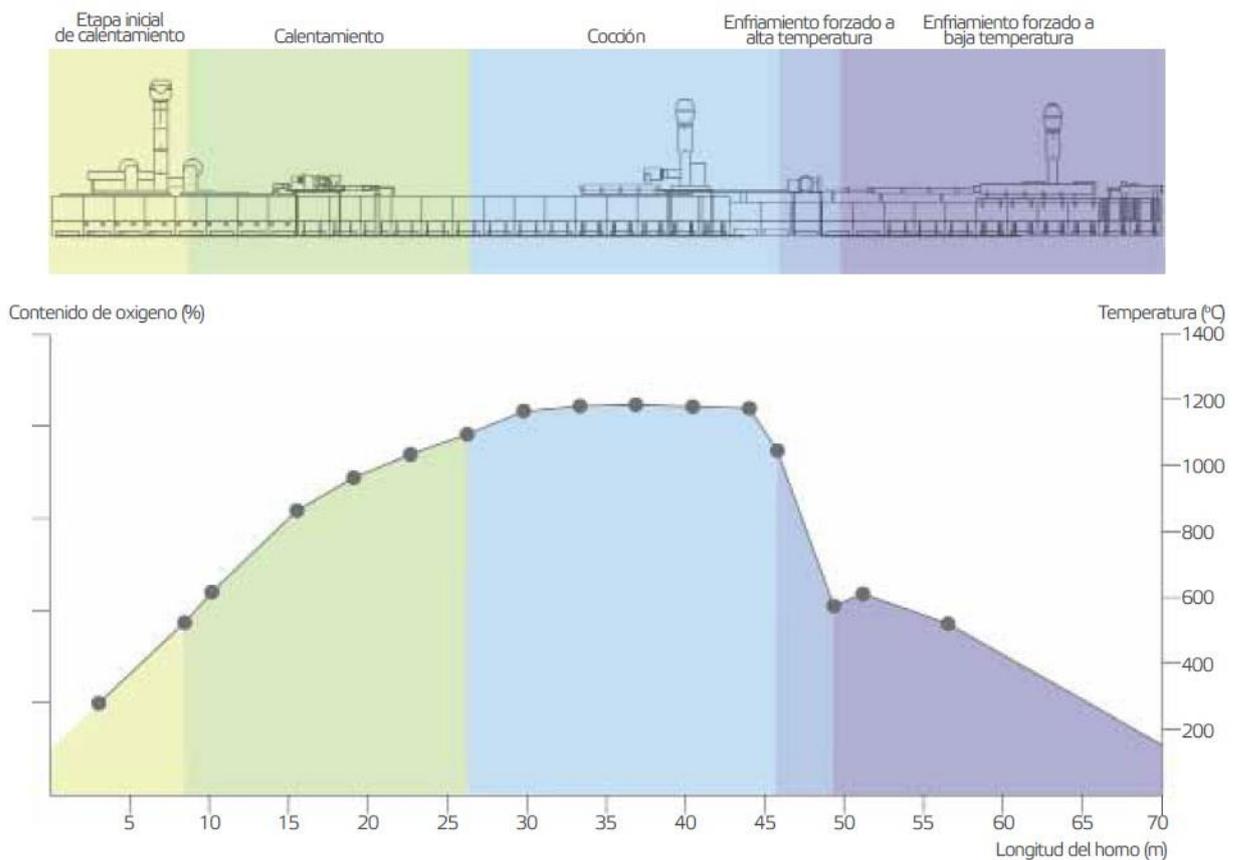
La etapa de enfriamiento también tiene a su vez tres procesos: enfriamiento forzado a altas temperaturas, enfriamiento natural y el enfriamiento forzado a baja temperatura.

El primero de ellos se realiza por convección forzada, haciendo incidir aire a temperatura ambiente en el interior del horno a poca distancia de las piezas. La elevada resistencia al choque térmico de las piezas a alta temperatura, permite que

éstas puedan enfriarse de forma rápida sin que se produzcan roturas, a pesar del elevado gradiente térmico que se establece en su interior.

En el enfriamiento natural, el intervalo de temperaturas del enfriamiento de las piezas se realiza casi exclusivamente por radiación y convección natural.

La última etapa de la cocción es el enfriamiento forzado a baja temperatura. En ella el enfriamiento final se hace otra vez por convección forzada, hasta una temperatura en la que el producto pueda ser manipulado (aproximadamente 100°C).



1.42 Curva de cocción durante las diferentes etapas.

5. Impresión de la capa fotovoltaica.

Una vez cocida y preparada la base de gres porcelánico, el siguiente paso es realizar la capa fotovoltaica. Para ello se utilizará la técnica conocida como chorro de tinta o ink-jet. A su vez, se utilizará un aerógrafo para dar continuidad en los laterales y facilitar las futuras conexiones eléctricas (ver páginas 88-89, apartado "Conclusión").

La impresión se realiza sin necesidad de detener la pieza y sin entrar en contacto con ella, ya que la tinta se deposita mediante inyectores, por lo que permite la decoración total de la pieza, incluso de aquellas con relieves y aristas redondeadas.

En este caso, las tintas de colores utilizadas habitualmente en los procesos de decoración, serán sustituidas por la tinta de silicio, formada por nanocristales de silicio en suspensión en una composición orgánica.

Este proceso de deposición es más productivo de lo que inicialmente puede parecer. Las máquinas actuales, disponibles en la mayoría de las empresas de cerámica, tienen más inyectores que las máquinas anteriores, pueden llevar a tener 12 chorros trabajando a la vez. Esto se traduce en una producción de hasta 90 metros en un minuto.



1.43 Máquina inkjet con 12 inyectores.



1.44 Esquema de una inyección de tinta para la decoración de un revestimiento.

6. *Cocción capa fotovoltaica.*

El proceso de fabricación se realiza mediante una bicocción, es decir, el proceso posee dos cocciones diferentes. La primera de ellas, explicada anteriormente, se realiza para otorgarle la resistencia mecánica a la base cerámica, la segunda es para endurecer y fijar la capa fotovoltaica.

Una vez inyectada la tinta y pintar los laterales con aerosol sobre el gres, las piezas pasan a un segundo horno. Este horno trabaja a 150°C, temperatura necesaria para que la tinta reaccione químicamente y se fije a la base, a la vez que endurezca.

Para ahorrar energía, y por tanto, dinero, este proceso se alimenta con los vapores expulsados por el horno de la primera cocción, que alcanzaba los 1200°C. Estos vapores se encargarán de cocer la capa en el segundo horno (*ver página 101, apartado “Energía y atmósfera”*).

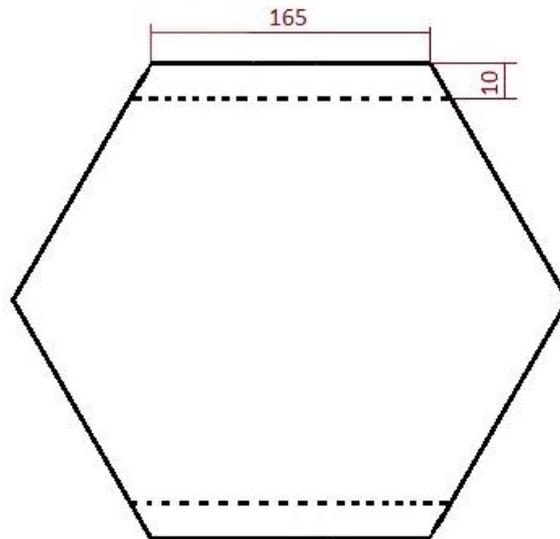


1.45 Horno de rodillos.

7. *Mecanizado de ranuras.*

El último paso en su proceso de fabricación será la realización de las ranuras laterales para su posterior instalación. El revestimiento irá colocado sobre una estructura metálica y ésta, a su vez, anclada a la fachada del edificio.

Se deberán realizar dos ranuras, una en la parte superior de la pieza y otra en la parte inferior, que servirán de railes para su colocación en los anclajes.



1.46 Vista en planta de la pieza.

Las ranuras se realizan mediante un fresado. Para este ranurado se utiliza una fresa de mango de 3 mm de diámetro para materiales no férreos. También se podría realizar mediante una fresa de disco de 20 mm de diámetro y una profundidad de pasada axial de 3 mm.



1.47 Fresa de mango de 3 mm de diámetro.

- **Energía generada.**

Uno de los aspectos más importantes en el proyecto es la energía que generará el producto. A continuación se realizarán los cálculos y las explicaciones pertinentes para entender la energía que producirá una pieza fotovoltaica.

Para conocer la potencia máxima que se podrá generar por pieza, se calculará la eficiencia energética.

Una de las especificaciones del producto indicaba que se deseaba como mínimo un 15% de eficiencia. Al utilizar la tinta de silicio como captador y generador de energía, se conseguía una eficiencia del 18%. Una vez cumplida la especificación se hallará la potencia generada por revestimiento.

Primero se calculará el área de la pieza, área sobre la que incidirá el sol. El tamaño de la pieza es de 33 x 28'5 cm. Para ello se toma la ecuación del área de un hexágono:

$$A = \frac{\text{Perímetro} * \text{apotema}}{2}$$

Donde el perímetro viene dado por la longitud del lado multiplicado por el número de lados:

$$\text{Perímetro} = 16,6 * 6 = 99 \text{ cm}$$

Y la apotema, altura de un triángulo equilátero de los seis que forman el hexágono, se puede hallar mediante Pitágoras:

$$\text{Apotema} = \sqrt{(16,5^2 - 8,25^2)} = 14,29 \text{ cm}$$

Conociendo estos datos se puede hallar el área del hexágono:

$$A = \frac{99 * 14,29}{2} = 706,66 \text{ cm}^2 = 0,071 \text{ m}^2$$

Seguidamente se calculará la potencia máxima generada, sabiendo que la eficiencia es del 18% y que E es la luz que llega a la placa proveniente del sol, que en condiciones estándares es de 1000 W/m²:

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c}$$

$$0,18 = \frac{P_m}{1000 \times 0,071}$$

$$\mathbf{P_m = 12,78 \text{ W}}$$

Un único revestimiento podrá generar una potencia máxima de 12,78 W.

Para lograr un metro cuadrado se necesitarían 14 piezas:

$$\frac{1 \text{ m}^2}{0,071 \text{ m}^2} = 14,08 \text{ piezas}$$

Por tanto, un metro cuadrado de material generaría 178,92 W.

Características eléctricas de una pieza	
Potencia máxima	12,78 W
Tensión	0,7 V
Corriente	18,25 A
Energía	12,78 W/h

- **Secuencia de montaje.**

En este apartado se explicarán los pasos de la instalación eléctrica.

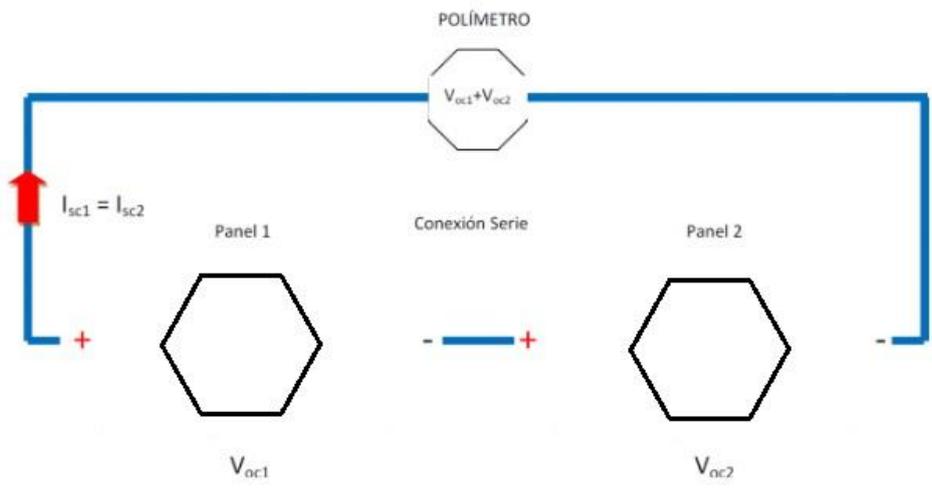
Los paneles solares fotovoltaicos generan corriente continua, la cual se transformará en corriente alterna mediante inversores.

Existen dos tipos de instalación: en serie y en paralelo. Instalar una de ellas o una combinación de ambas dependerá del uso que se le vaya a dar a la instalación. Por ejemplo, si se desea una instalación de autoconsumo con baterías será importante tener en cuenta la tensión de trabajo de las baterías, en cambio, se tendrá en cuenta la tensión de salida del inversor para grandes instalaciones.

Si se realiza una instalación en serie aumentará la tensión, se sumará la tensión de todos los paneles conectados. Mientras que si se realiza una instalación en paralelo, se aumentará la corriente del circuito, pero la tensión será la equivalente a un único panel.

A continuación se explicará mediante ejemplos:

-Circuito en serie.

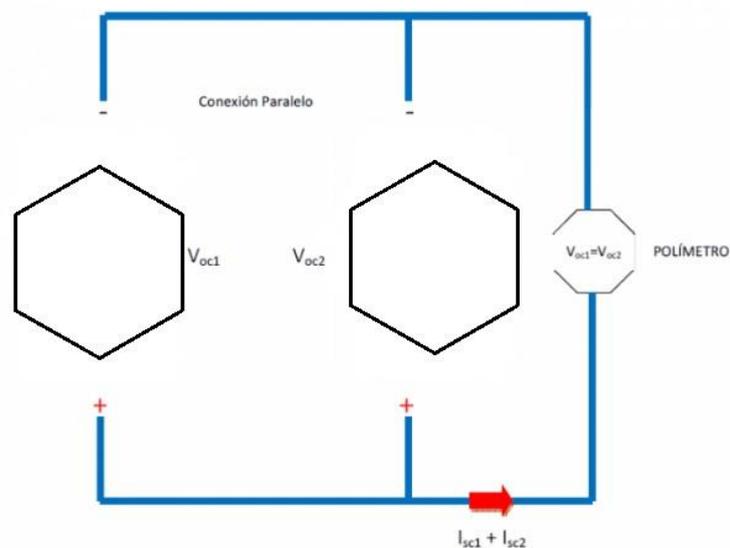


Para una conexión en serie el polo positivo de una pieza se debe conectar al negativo de la siguiente y así con toda la instalación. Si se conectase el polímetro a la salida de la instalación los resultados serían los siguientes:

Tensión total = $V_{ac1} + V_{ac2} = 0,7 + 0,7 = 1,4 \text{ V}$

Corriente de cortocircuito total = $I_{sc1} = I_{sc2} = 18,25 \text{ A}$

-Circuito en paralelo.



En el caso de las instalaciones en paralelo los polos del mismo signo van unidos entre sí. Por tanto, los resultados del polímero indicarían lo siguiente:

$$\text{Tensión total} = V_{ac1} = V_{ac2} = 0,7 \text{ V}$$

$$\text{Corriente de cortocircuito total} = I_{sc1} + I_{sc2} = 18,25 + 18,25 = 36,5 \text{ A}$$

-Ejemplo de instalación.

Teóricamente nunca irá instalada una única pieza fotovoltaica, el número dependerá de la fachada a cubrir, de los metros cuadrados. Por tanto, siempre será una instalación grande y habría que realizar una combinación en serie para que la tensión de salida fuese la mayor posible.

Para que se entienda mejor se explicará mediante un ejemplo:

Se debe cubrir una fachada de 300 m², para ello se necesitarán 4224 piezas de 0,071 m². Por cuestiones de espacio y cableado se decide que la instalación se divida en 4 subgrupos en serie, estos 4 subgrupos a su vez estarán en serie entre sí. La instalación quedaría así:

$$\frac{4224}{4} = 1056 \text{ piezas por grupo.}$$

-Los subgrupos en serie:

$$\text{Tensión total por subgrupo: } 1056 * 0,7 = 739,2 \text{ V}$$

$$\text{Corriente total por subgrupo: } I = 18,25 \text{ A}$$

Pero lo que realmente llegaría al inversor sería el resultado de la instalación en serie de los 4 subgrupos:

$$\text{Tensión hacia el inversor: } V = 739,2 * 4 = 2956,8 \text{ V}$$

$$\text{Corriente hacia el inversor: } I = 18,25 \text{ A}$$

$$\text{La potencia generada sería: } P = 2956,8 * 18,25 = 53961,6 \text{ W} = 53,96 \text{ KW}$$

$$\text{Energía: } E = 53,96 \text{ KWh}$$

Una vez instalados los paneles, el siguiente paso es conocer el inversor o inversores que se deberán instalar, ya que estos son los encargados de transformar la corriente continua generada en corriente alterna para el consumo. Es decir, los 2956,8V deberá

transformarlos en 230V. Los revestimientos irán conectados a los inversores mediante los cables.

Por último, la corriente alterna será suministrada a la red directamente desde el inversor o bien, desde baterías, según se elija la instalación, directa o con baterías.

- Embalaje y transporte.

El último estudio realizado será el del embalaje y transporte. Es necesario elegir bien los materiales para asegurar que el producto llegue en buenas condiciones hasta el usuario.

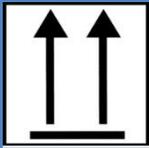
Se utilizará *porexpan*, comúnmente llamado corcho blanco, con la forma en negativo de la pieza, así se absorberán los golpes causados por el transporte o manipulación. Además se evitarán roturas de los relieves. El *porexpan* tiene un elevado aislamiento térmico, una gran resistencia mecánica, una alta estabilidad dimensional, buen comportamiento frente al agua, facilidad de manipulación y no es tóxico.

Para el transporte se utilizarán cajas de cartón corrugado. Las cajas se cerrarán mediante cinta adhesiva y fleje, así se asegura que no se abra la caja aun si falla la cinta adhesiva debido al calor o cualquier motivo ajeno.

La utilización de flejes de PP, es una seguridad económica que se debe de utilizar. Es un material limpio, 100% reciclable, de gran resistencia que evita que se abran las cajas con facilidad. Se ha elegido una cinta de grosor 0,63 mm y ancho 12 mm. Tiene una resistencia de 1600 N.

Se debe tener en cuenta que la caja de cartón que contiene todo el producto debe ir etiquetada, además de llevar una serie de iconos que indican las características de la caja como del producto que contiene. Estos símbolos en el embalaje, son importantes porque se trata de indicaciones gráficas estandarizadas para transmitir información o instrucciones, que pueden entenderse sin limitaciones culturales o idiomáticas.

Estos símbolos serán los siguientes:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Frágil	Sirve para indicar que el contenido transportado es frágil y que debe ser manejado con cuidado.
	Reciclable	Indica que el material con el que está fabricado el embalaje puede ser reciclado.
	Hacia arriba	Indica que la caja debe colocarse con las flechas hacia arriba, para evitar roturas de su contenido.

1.5.2 Fachada ventilada: anclajes.

a) Estudio de alternativas y viabilidad.

Para que el proyecto sea completo y cumpla las expectativas medio ambientales especificadas, se deberá optar por instalar el producto mediante una fachada ventilada. Como se ha explicado anteriormente (punto “1.3.3 Fachadas ventiladas”), esta instalación dará aislamiento al edificio, tanto térmico como acústico, además permitirá ahorrar en materiales de unión y en energías y facilitará el cambio de piezas en caso de rotura.

Antes de elegir el tipo de anclaje viable para este proyecto, conviene explicar las partes que componen una fachada ventilada, así resultará más fácil elegir el producto final.

- **Elemento soporte.**

El elemento soporte es el encargado de dar estabilidad a la composición, dotar de propiedades de aislamiento acústico y servir de soporte para el acabado interior de la edificación y el aislante térmico.

Según el sistema estructural del edificio se distinguirán dos tipos de soporte: sistemas de anclaje mediante subestructura de perfilería y sistemas de anclaje puntual.

Si el cerramiento es un muro de carga, la subestructura se anclará directamente con anclajes puntuales, cada anclaje va directamente al muro portante y soporta parte de la carga de los revestimientos. Si la estructura es un entramado de pilares y vigas, la subestructura se anclará a estos mediante anclajes de “sustentación” o subestructura de perfilería.

- **Capa de aislante térmico.**

La característica fundamental del aislante será su alta resistencia térmica. Para su buen funcionamiento es necesario que el aislante térmico recubra toda la fachada de forma continua, eliminando los posibles puentes térmicos.

Existen en el mercado un gran número de aislantes térmicos, como el poliestireno extrudido, poliuretano, fibras de vidrio, etc. Se suministran en piezas rígidas que se anclan al elemento soporte según las instrucciones técnicas del fabricante o en forma líquida que se proyectará sobre el muro soporte, forjados y demás elementos que configuren el paramento exterior.

- **Subestructura metálica.**

En el caso de no utilizar anclajes puntuales, será necesario instalar una subestructura metálica donde enganchar los anclajes.

La subestructura es un entramado de perfiles metálicos que sostienen la capa exterior separada suficientemente del sistema para crear la cámara de aire necesaria para el correcto funcionamiento de la fachada ventilada.

Generalmente se utiliza perfilería de aluminio, por su ligereza y posibilidades de diseño, al ser un elemento extruido. Pero presenta aspectos negativos como son la baja resistencia y la mayor deformabilidad, si se compara con el acero. El acero también se utiliza en las subestructuras, normalmente en chapas galvanizadas conformadas en frío por plegado. Sin embargo, se utilizan poco por su elevado coste.

La subestructura será la encargada de recibir y transmitir al elemento soporte las acciones verticales aplicadas, el peso de la hoja exterior y el propio peso y los esfuerzos horizontales del viento.

Estos sistemas permiten normalmente lograr una mayor distancia entre el revestimiento y el muro portante, mayor que con anclajes puntuales, que permitirá en caso necesario colocar en el interior de la cámara de aire canalizaciones que no se deseen que sean vistas, como tuberías o cableados.

Otra ventaja frente a los anclajes puntuales, es que estos elementos son colocados directamente sobre el muro portante antes de aplicar el aislante, es decir, el aislante una vez aplicado prácticamente no se toca, hecho que no ocurre con los anclajes puntuales, donde el aislamiento es colocado a priori y luego es taladrado o recortado para la colocación del anclaje.

- **Cámara de aire.**

La cámara de aire es el elemento principal de las fachadas ventiladas, que la diferencia del resto de cerramientos convencionales.

Esta cámara permite la ventilación por el trasdós y aumenta considerablemente la eficiencia energética de estas fachadas, mejorando el comportamiento del aislamiento térmico, la eliminación de condensaciones, la eliminación de puentes térmicos y la protección contra el agua.

- **Paramento exterior.**

Los paramentos exteriores tienen tres características principales:

-Configurar la cámara de aire y permitir su correcta ventilación. Para ello es fundamental estudiar el tamaño de junta y la separación del paramento con la capa del aislante térmico, que suele estar entorno a los cinco centímetros.

-Los elementos del revestimiento exterior son los encargados de recibir las acciones horizontales directamente aplicadas sobre ellos y transmitir las a la subestructura de la fachada ventilada. Como las piezas trabajan a flexión en una o dos direcciones, dependiendo del tipo de anclaje a la subestructura, se ha de comprobar su resistencia para dichas condiciones.

-La función estética ha pasado a ser uno de los requisitos fundamentales de los paramentos exteriores, debido a las exigencias de la cultura contemporánea, basada en la imagen, la marca, la singularidad o la identidad.

- **Funcionamiento de la fachada ventilada.**

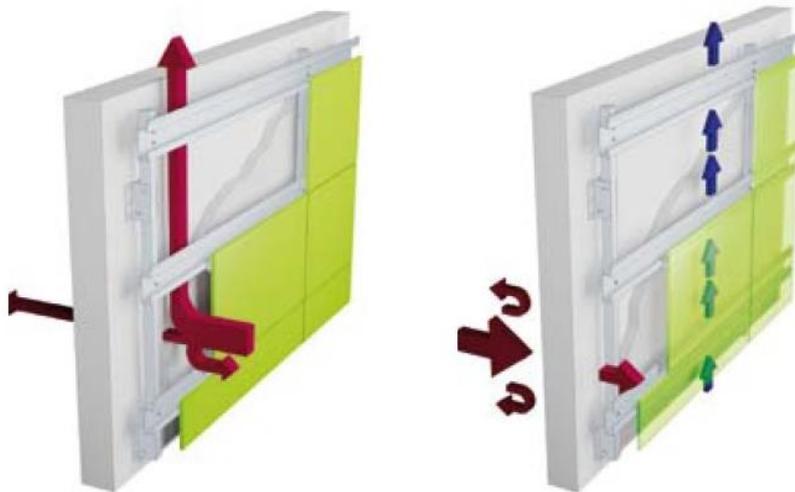
Una vez explicados sus componentes, se explicará su función, cómo afecta cada uno de ellos al conjunto y las ventajas de usar un sistema como este.

- **Aislamiento térmico.**

Proporciona un eficaz aislamiento frente al calor extremo, gracias a la suma de sus diferentes capas. El primer elemento que interviene en el aislamiento, es la capa externa, que protegerá al resto del sistema de la acción directa de los rayos de sol.

El calor generado en el intradós de la capa por la incidencia de los rayos solares calienta el aire de la cámara disminuyendo su densidad, provocando la ascensión del mismo. De este modo se produce un flujo de aire por el interior de la cámara que extrae el aire caliente.

Durante las estaciones frías la fachada ventilada funciona de un modo distinto, ya que la temperatura elevada se encuentra en el interior de la edificación. Por lo tanto la primera barrera que impide las pérdidas caloríficas será el muro y seguidamente el aislante térmico pegado a él. Por último, el movimiento ascendente de aire caliente mantendrá seca la superficie del aislamiento.



1.48 Comportamiento del aislamiento térmico: estación cálida (foto izq.) y estación fría (foto derecha).

- **Eliminación de condensaciones.**

La fachada separa dos espacios con diferente temperatura, generando un flujo de calor desde el cálido al frío. Esta diferencia de calor, puede provocar condensaciones de la humedad del aire. Por lo tanto, para evitar la condensación es importante que en ninguna zona del cerramiento la temperatura descienda.

Este aspecto se cumple en las fachadas ventiladas, ya que la diferencia de temperatura entre el interior y la superficie exterior del aislante térmico se controla gracias a la primera barrera que supone el revestimiento y la cámara de aire. Por otro lado, el flujo de aire continuo de la cámara, elimina las posibles condensaciones en la superficie del aislamiento térmico.

- **Eliminación de puentes térmicos.**

Un factor determinante en el aislamiento de las fachadas es la eliminación de los posibles puentes térmicos. Un puente térmico es el elemento de alta conductividad térmica en contacto directo con el exterior que sirve de puente para que las altas o bajas temperaturas se introduzcan en el interior. Las fachadas ventiladas eliminan los posibles puentes térmicos gracias a la continuidad del aislamiento térmico en todo el cerramiento, revistiendo pilares y forjados. Evitan ranuras por donde se pueda filtrar la temperatura.

- **Eliminación del agua.**

La capa de revestimiento cerámico y la cámara de aire son una protección muy eficaz contra el agua. La poca cantidad de agua que puede penetrar por las juntas de la fachada ventilada, se elimina gracias a la ventilación de la cámara de aire.

- **Tipo de anclajes para una fachada ventilada.**

Aunque en un principio pudiera parecer que la elección del anclaje no influye en la imagen final de la construcción, hay que tener en cuenta que la tipología de las piezas del paramento exterior, materialidad, dimensiones, etc. dependerá de la elección de dicho anclaje.

A continuación se estudiarán los tipos de anclajes existentes (anclajes ocultos y anclajes vistos) y su viabilidad en este proyecto.

- **Anclajes ocultos.**

Los sistemas con anclaje oculto son aquellos en los que las piezas de sujeción del revestimiento exterior de una fachada ventilada quedan ocultas.

- **Adhesivo lineal.**

El primero de los sistemas posibles es mediante un adhesivo. Las piezas de revestimiento se adhieren a la subestructura mediante dos cordones de adhesivo elástico. El primer paso necesario para la correcta ejecución de una fachada ventilada de adhesión lineal, es la correcta limpieza de las superficies que van a estar en contacto con el adhesivo.

Una de las especificaciones del diseño era la posibilidad de montar y desmontar las piezas en caso de rotura o mal funcionamiento, por tanto, si se usase este sistema de adhesivo sería imposible retirar las piezas una vez colocadas. Además necesita una preparación previa de limpieza, con lo que los costes aumentarían.

Esta primera opción no resulta viable para este proyecto.

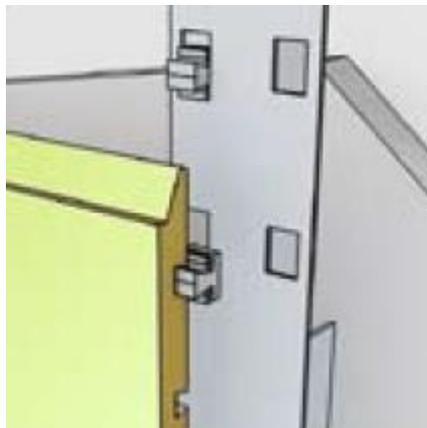
- **Adhesivo puntual.**

El sistema con adhesivo puntual está formado por anclajes adheridos en las esquinas de la pieza cerámica, por la parte posterior de estas. La adhesión se realizará en fábrica y posteriormente se unirá a la subestructura de forma mecánica.

Esta opción al igual que la anterior no permitiría desmontar las piezas posteriormente, por tanto, no resulta viable desde el punto de vista de las especificaciones.

- **Grapa oculta deslizante.**

El sistema consiste en unas piezas con dos ranuras posteriores horizontales a lo largo de toda la pieza, donde se alojará la grapa en forma de T. Las piezas cerámicas se colocan deslizándolas horizontalmente.



1.49 Detalle de las grapas.

Las piezas de acabado más utilizadas en este sistema, son piezas extruidas cuya sección configura los canales horizontales en toda su longitud.

La pieza diseñada para el proyecto tiene un relieve pronunciado, además de una forma hexagonal, por tanto, sería complicado realizarla mediante extrusión. Las ranuras podrían realizarse posteriormente mediante mecanizado, pero los costes aumentarían

en exceso, ya que la ranura recorre toda la superficie de la pieza. Por estas dos razones, esta opción no sería viable.

- **Grapa en junta horizontal y grapa en junta vertical.**

En este sistema las piezas cerámicas están ranuradas en su testero superior e inferior donde se alojarán las grapas de acero. Por lo tanto cada grapa sujetará cuatro o dos piezas en el caso de las situadas en los bordes de la pieza. Estas ranuras pueden obtenerse mediante un mecanizado de los testeros o bien pueden formar parte de la morfología de piezas extruidas.

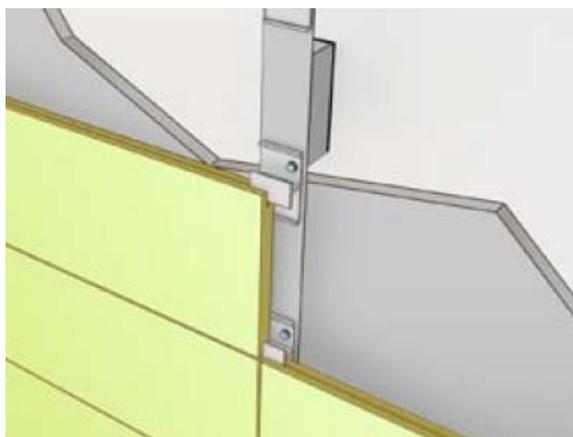
Para las grapas en vertical el sistema es el mismo que en el horizontal pero las ranuras se realizan en los laterales.

Nuevamente la imposibilidad de realizar el diseño mediante extrusión hace que este anclase sea inviable, tanto el horizontal como el vertical.

- **Perfil ranurado en canto.**

En este sistema las piezas cerámicas se fijan al elemento soporte mediante dos perfiles, situados en los testeros en forma de T, tanto superior como inferior. Por lo tanto las piezas cerámicas precisan de un ranurado o canaleta para alojar un perfil en el canto.

Dichas piezas cerámicas pueden ser: ranuradas por el canto, las cuales necesitarán una mecanización con la consabida generación de tensiones internas o piezas extruidas, cuya sección estará diseñada para el correcto anclaje de la grapa o perfil.

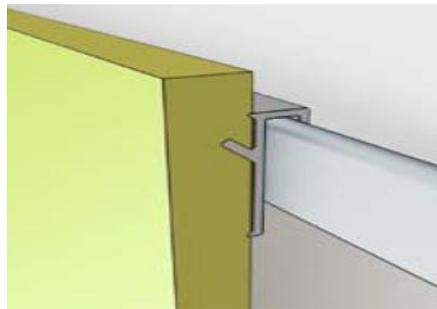


1.50 Anclaje que permite la unión de cuatro piezas.

Este sistema podría llegar a ser viable si se realizasen las ranuras mediante mecanizado y se tuviese buen control sobre las tensiones internas.

- **Perfil ranurado en reverso.**

En este caso se realiza una ranura longitudinal en la parte posterior superior e inferior de la pieza cerámica, de una profundidad máxima del 30% de su espesor en ángulo de 45°. En esta ranura se introduce un perfil de aluminio de sección especial. Ambos elementos vienen unidos de fábrica y en la obra solo hay que colocarlos sobre la subestructura.



1.51 Anclaje en el reverso.

Para el diseño que se ha realizado, este tipo de anclaje podría resultar complicado, ya que al tener forma hexagonal, las barras traseras deberían estar cortadas en ángulo, lo que podría resultar peligroso durante su manipulación. Además, el tener que colocar perfiles metálicos a lo largo de su superficie, para posteriormente sujetarlo a la estructura metálica, podría resultar un exceso de material, sería más económico un ranurado en la misma pieza.

Por estas razones se considerará que este tipo de anclaje no resulta viable.

- **Perfil oculto adhesivado.**

El sistema con adhesivo, está formado por dos perfiles horizontales adheridos en la parte superior e inferior de la pieza cerámica donde la adhesión se realiza en fábrica y posteriormente se une a la subestructura de forma mecánica.

Todo el sistema queda oculto tras las piezas cerámicas que no necesitan de ningún mecanizado, por lo que se evitan las tensiones internas de la pieza.

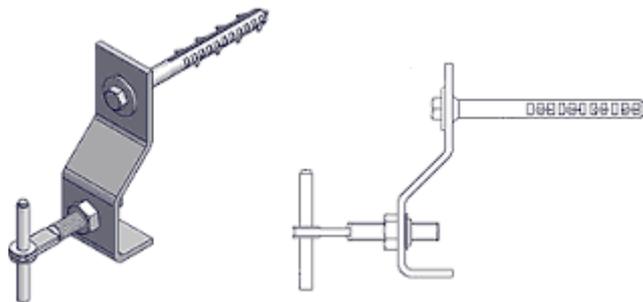
Si se utilizase este sistema de unión se tendría el problema de que la fijación sería permanente. Las piezas serían difíciles de cambiar en caso de necesidad. Por tanto, este método también se considerará inviable.

- **Anclaje puntual.**

Los anclajes puntuales son aquellos que son fijados directamente a fábrica y que soportan el peso del revestimiento, es decir, entre el muro portante y el revestimiento hay solo un anclaje.

Para la colocación de estos sistemas de anclajes el material del muro portante tiene que ser elegido anteriormente, puesto que tiene que ser al menos de ladrillo macizo o semimacizo u hormigón, nunca de ladrillo hueco o bloque de hormigón.

Por lo general su colocación es previa a la colocación del revestimiento, llegando incluso, a completar prácticamente la fachada de anclajes antes de la colocación de la primera pieza de cerámica.



1.52 “Anclaje puntual sin regulación” (arriba) y “anclaje puntual con regulación”, que permite ser regulado después de su colocación (abajo).

El mayor problema de estos sistemas de anclajes, es que el aislamiento es colocado antes del inicio de los trabajos de colocación del revestimiento, dicho de otra forma, para poder realizar la colocación de los anclajes hay que recortar el aislamiento térmico/acústico y después del empotramiento y fijación del anclaje hay que reponer el mismo. Es decir, el aislamiento será taladrado tantas veces como anclajes se coloquen en la fachada.

Normalmente este tipo de anclaje es fijado a fábrica mediante algún tipo de resina o mortero, dichas resinas evitan posibles entradas de agua, ya que los taladros quedaran prácticamente sellados por la misma.

Este método se podría considerar viable si el control sobre el aislamiento y las tensiones térmicas fuese total. Además al ir colocado el anclaje directamente sobre el muro, no sería necesario el uso de la subestructura metálica, lo que conllevaría un gran ahorro económico y de materiales.

- **Anclaje visto.**

Los sistemas con anclaje visto son aquellos en los que las piezas de sujeción del revestimiento exterior de una fachada ventilada quedan a la vista, en la mayoría de las veces por encima de la superficie de la pieza.

- **Grapa vista.**

Las grapas se fijan en las cuatro esquinas de la pieza y cada grapa es compartida por cuatro piezas diferentes, sirviendo de retención para las piezas inferiores y de apoyo y retención para las dos piezas superiores.

Es conveniente aplicar en la unión pieza-perfil un cordón de masilla de poliuretano mono-componente, para eliminar las posibles vibraciones de las piezas por la acción del viento.

Este sistema presenta una elevada versatilidad en cuanto a la disposición de los anclajes según las necesidades del proyecto, y pueden utilizarse con piezas de distintos espesores.

En cambio, como el revestimiento del diseño tiene función fotovoltaica, es preferible que ninguna parte de los anclajes este directamente apoyado sobre la capa fotovoltaica, para evitar que esta se rompa por rozaduras o presiones. Por tanto, el método de anclaje visto mediante grapas se considerará inviable.

- **Perfil visto.**

Para impedir el deslizamiento vertical de la pieza y la vibración por la acción del aire se colocan dos bandas de caucho instaladas entre las alas del montante y que quedan en contacto con la pieza de fachada.

Hay que tener en cuenta para este sistema que la perfilería va a quedar vista, sobre todo por su tamaño. El principal inconveniente del sistema es la puesta en obra, por la complejidad de su montaje, ya que el anclaje de cada pieza depende de las colindantes.

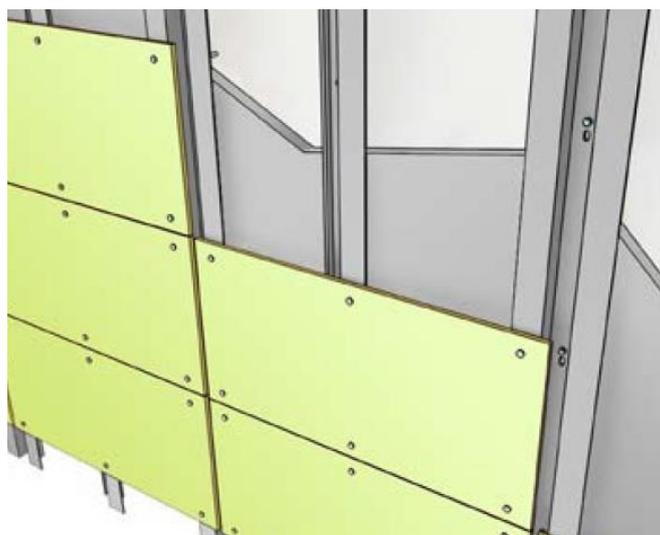
Este método se puede desechar para este proyecto ya que la pieza es hexagonal, por tanto, este anclaje es totalmente inviable.



1.53 Anclaje de perfil visto en vertical.

- **Taladro visto.**

Uno de los sistemas más simples de instalación es la fachada ventilada donde las piezas cerámicas están directamente taladradas y fijadas con cuatro tornillos, dispuestos en cada una de las esquinas de la pieza, los cuales se anclan a los perfiles verticales perforando sus alas. En las alas de los montantes se disponen de unas bandas de caucho que impiden la vibración de las placas.



1.54 Anclaje taladrado.

Al igual que pasaba con el resto de anclajes vistos, no es deseable que ningún objeto atraviese o cubra la capa fotovoltaica, pudiéndola romper o dañar. Por tanto, los métodos de anclaje visto mediante taladro serán descartados.

- **Conclusión.**

Tras analizar las posibilidades que se ofrecen en el mercado, las dos mejores opciones son: el anclaje puntual y el perfil ranurado en canto.

Si se analizan más detalladamente ambas, se llega a las siguientes conclusiones:

-El anclaje puntual ofrece un ahorro en cuanto a estructura metálica, ya que los anclajes individuales se instalan directamente sobre la fachada, no necesitando una subestructura metálica como base. Pero el ahorro económico que se obtiene por esa parte, se pierde con el uso del aislamiento, ya que para colocar los anclajes se debe recortar y una vez colocado el anclaje, poner aislamiento nuevo a su alrededor.

Como el aislamiento se recorta y posteriormente se ponen trozos nuevos para cubrir los recortes, resultaría complicado el control total de las tensiones térmicas, control que sin manipular el aislamiento si se tiene. Se perdería aislamiento térmico y la eficiencia del edificio descendería.

En cuanto al mecanizado de los agujeros, se realizarían mediante taladrado, lo que conlleva un problema de diseño y la creación de tensiones internas.

En el taladrado de agujeros es preferible que este mecanizado sea pasante, es decir, que el agujero tenga entrada por un lado y salida por el otro, así se tiene mejor control de calidad y ejecución del agujero; además, las virutas resultantes son más fáciles de extraer, no dañan la herramienta y no acortan su vida útil. El mecanizado se podría realizar siempre y cuando se tenga un buen control de la relación profundidad/diámetro del agujero.

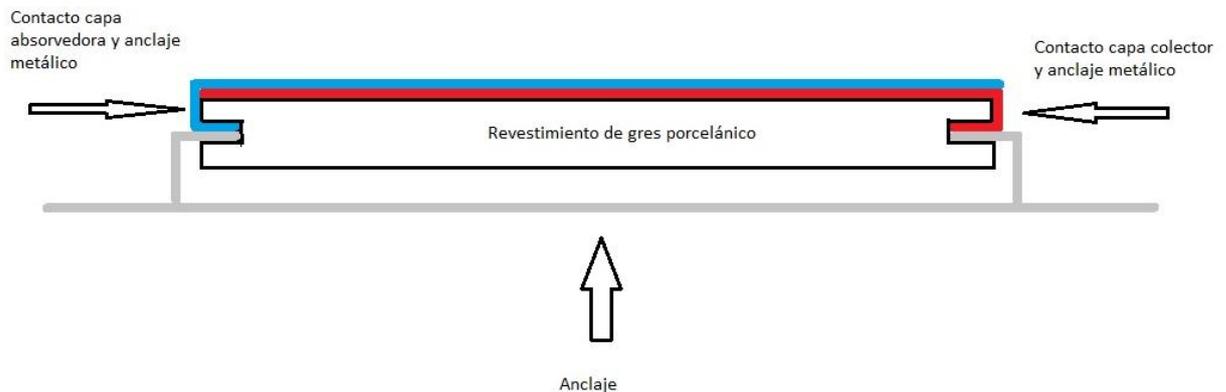
-En el perfil ranurado en canto se evitarían las tensiones térmicas, ya que el aislamiento no se corta en ninguna parte de la fachada; esto también supone un ahorro económico y de material.

Al ser una pieza hexagonal, mediante el mecanizado de dos lados bastaría para colocarla fácilmente sobre las uñetas. La pieza tiene un lado de 16,5 cm, esto resulta más barato que mecanizar piezas rectangulares de 90 cm o más, siendo estos los formatos más utilizados en las fachadas ventiladas.

Una posibilidad de las que ofrece este sistema, es que se podrían utilizar las pestañas de sujeción como conexión eléctrica. La pieza se une mediante dos pestañas, una arriba y otra abajo, cada una de las pestañas se alimentaría de la salida positiva y

negativa respectivamente. Existirá contacto directo entre las capas fotovoltaicas y las pestañas. Este contacto es posible porque el esmaltado de cada capa fotovoltaica se extiende por los laterales, estas zonas se esmaltan mediante aerógrafo. Por un lateral con ranura se pintará con la capa absorbadora de luz y por el otro lateral se pintará con la capa que hace de colector.

Estas conexiones se pueden explicar de forma más clara mediante un dibujo esquemático:



Además el cableado de la instalación resultaría más fácil de ocultar mediante la subestructura metálica, los cables podrían colocarse dentro de las barras de la estructura.

La mayor problemática que presenta este método son las tensiones internas que puede producir el mecanizado. Estas tensiones son mayores si la porosidad de la pieza cerámica es grande, pero como se utiliza una base de gres porcelánico esta porosidad es muy baja, por tanto, las tensiones internas producidas por el mecanizado serán menores que si se utilizase otro material.

La desventaja típica de los materiales mecanizados, tensiones internas, existe en ambas opciones, por tanto, el resto de razones (uso de anclajes como conexiones eléctricas, ahorro de aislamiento, cero tensiones térmicas...), harán que la opción más óptima para este proyecto sea el uso del anclaje de **perfil ranurado en canto**.

b) Solución final.

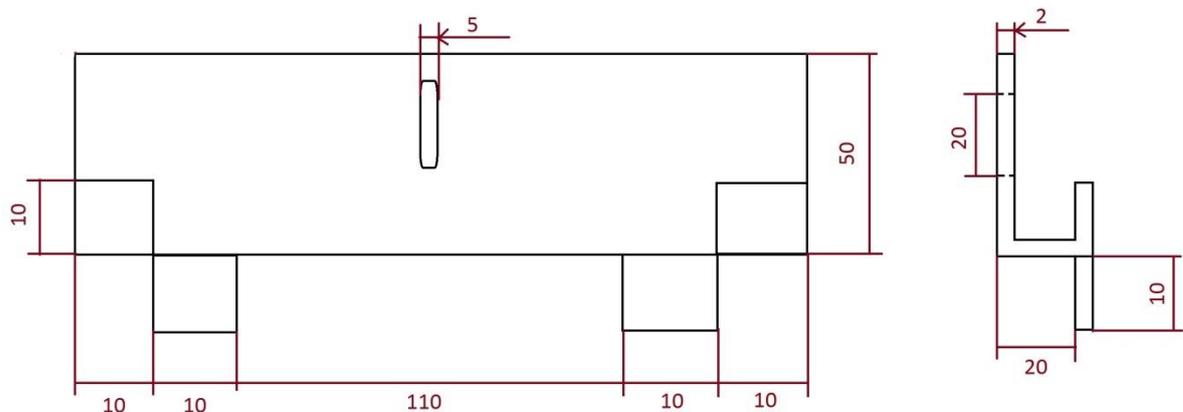
A continuación se describirá de forma extensa la opción elegida: el anclaje de perfil ranurado en canto.



1.55 Anclaje de perfil ranurado o de uñeta.

- **Descripción.**

El anclaje de perfil ranurado, comúnmente conocido como anclaje de uñeta, en este caso tiene un diseño diferente al comercial, es un diseño adaptado a las necesidades del proyecto. Utilizando este diseño se consigue eliminar barras metálicas de la estructura de la base. Si se utilizase una uñeta como las comerciales, se deberían usar dos barras de la estructura por piezas, ya que cada uñeta sólo ancla un lado del revestimiento; con el diseño nuevo se anclan los dos lados.



1.56 Medidas de la uñeta en mm.

Su formato es de 150x60x2 mm, para este diseño en concreto. Las dobleces se le realizarán a la chapa metálica posteriormente para darle la forma final. Las pestañas se doblarán una hacia arriba y otra hacia abajo, las cuales aguantarán dos piezas a la vez.

Siguiendo con las recomendaciones de diseño para su manipulación, DFA, la pieza en vez de llevar un agujero mecanizado para su instalación en la estructura metálica, llevará mecanizada una ranura, así será más fácil de instalar, a la par que se podrá regular su altura en caso de que el agujero en la estructura este mal realizado y tenga una altura diferente al resto. Con la ranura se le da más margen de tolerancias, es decir, los agujeros no deberán ser tan exactos en posición uno respecto a otros, con lo que se permite rebajar el coste económico y de tiempo de realización e instalación.

Al realizar dos pestañas en una misma uñeta también se evita que la chapa deba ir colocada al revés para sujetarla por la parte de abajo, es decir, no hay posibilidad de que el operario al colocarla deba darle vueltas hasta acertar su colocación sobre la estructura. Se favorece el DFA.

Al realizar la ranura del anclaje en la parte superior de la pieza se logra que la instalación sea más rápida y ningún elemento de la propia uñeta impida una buena visión de las uniones a realizar, además se deja el espacio libre para la utilización de las herramientas.

La utilización de cuatro uñetas por pieza hará que el peso del revestimiento, aproximadamente dos kilos, sea más fácil de sujetar.

- **Materiales.**

La pieza se realiza con chapas de aluminio laminado en frío de 2 milímetros de espesor.

Aunque la ranura tiene un espesor de 3 milímetros, la chapa se elige de 2 milímetros para no forzar su colocación. Si la chapa rozase o entrase muy ajustada podría romper la pieza o agrietarla, es mejor dar un margen y utilizar, si es necesario, una tira de caucho para evitar las vibraciones que el milímetro extra pueda causar debido al viento.

Se utilizan chapas laminadas en frío porque el proceso en frío logra que el material sea más duro y resistente, además que permite un cálculo más preciso de sus dimensiones debido a que el material ya ha pasado por el proceso de enfriamiento y no se esperan más contracciones por parte del material.

La estructura que irá anclada a la fachada se realiza también en aluminio. Al utilizar aluminio para la estructura y no acero se logra bajar considerablemente el peso que deberá aguantar la fachada. El peso del aluminio es tres veces menor que el del acero. Su relación peso-resistencia es muy alta y absorbe muy bien las vibraciones.

Además el aluminio es un gran conductor del calor y de la electricidad, lo que ayudará e incrementará el aislamiento y ventilación de la fachada. Tiene un alto coeficiente anti corrosión y teniendo en cuenta que la estructura se utilizará en el exterior esta deberá aguantar bien la intemperie.

Ya que es un buen conductor eléctrico, permitirá que las pestañas ejerzan de conectores eléctricos para el revestimiento fotovoltaico.

El aluminio tiene un menor coste de reciclado que el acero, por esta razón también se prefiere que la estructura y las uñetas se realicen en aluminio. En caso de tener que cortar las barras para adecuarlas al tamaño de la fachada o, por ejemplo, hay que evitar una ventana, es preferible que si se cortan, las piezas sobrantes tengan un coste de reciclaje menor. En el caso de las uñetas el material sobrante será mayor que el de la estructura, de ahí que se decida realizarlas en aluminio.

La tornillería que se utilizará estará realizada en acero.

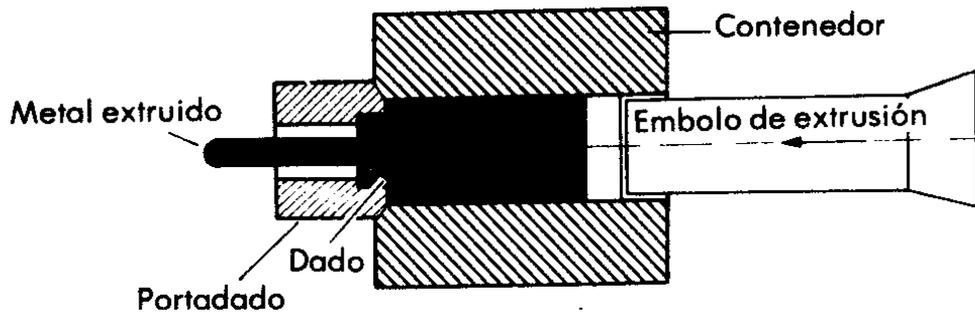
- **Proceso de fabricación.**

Para el montaje de la estructura se utilizarán barras de aluminio realizadas mediante extrusión.

La extrusión es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.

El proceso comienza con el calentamiento del material. Éste se carga posteriormente dentro del contenedor de la prensa. Se coloca un bloque en la prensa de forma que sea empujado, haciéndolo pasar por el troquel. Según las propiedades deseadas del material, este puede ser tratado mediante calor o trabajado en frío.

Para el aluminio se utiliza una extrusión en frío. La extrusión fría se realiza a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente. La ventaja de ésta sobre la extrusión en caliente es la falta de oxidación, lo que se traduce en una mayor fortaleza debido al trabajo en frío o tratamiento en frío. El proceso garantiza una estrecha tolerancia, buen acabado de la superficie y rápida velocidad de extrusión si el material es sometido a breves calentamientos.



1.57 Proceso de extrusión directa.

Habitualmente las estructuras son barras rectangulares de cuatro lados que se anclan a la fachada mediante otras piezas de sujeción.

Con el perfil diseñado se consigue ahorrar material, ya que se elimina una cara, la que iría en contacto con la pared. Sus aletas laterales sustituyen a los elementos externos de anclaje habituales. Con este diseño se aúna la estructura y su anclaje. Únicamente habrá que realizar el taladrado de los agujeros para su sujeción a la fachada, con ello se ahorra en piezas secundarias.



1.58 Perfil diseñado para el proyecto y realizado mediante extrusión.

Una vez se ha realizado el perfil extrusionado, el siguiente paso es el mecanizado de los agujeros.

Este mecanizado se realizará mediante troquelado. Los agujeros no necesitan un gran control de tolerancias ni acabado superficial, por tanto no es necesario realizarlos mediante taladrado. Estos se pueden realizar mediante troquel.

El perfil va pasando sobre unos rodillos mientras un troquel va bajando y perfora la chapa cada cierta distancia. Los centímetros que separan los agujeros se programan previamente en la máquina.

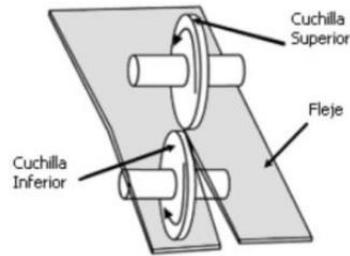


1.59 Vista en planta de la estructura. Detalle de los agujeros troquelados para su anclaje a la fachada.

El proceso de fabricación de los anclajes es simple. La chapa de 2 milímetros de espesor se consigue mediante laminado, el material fundido se hace pasar por unos rodillos que estirarán finamente el material, la lámina de material caliente pasa por unos rodillos mientras se enfría hasta formar la chapa dura.

Una vez conseguida la chapa, se procederá a cortarla mediante cuchillas rotativas, hasta lograr el tamaño requerido.

Cuchillas Rotativas

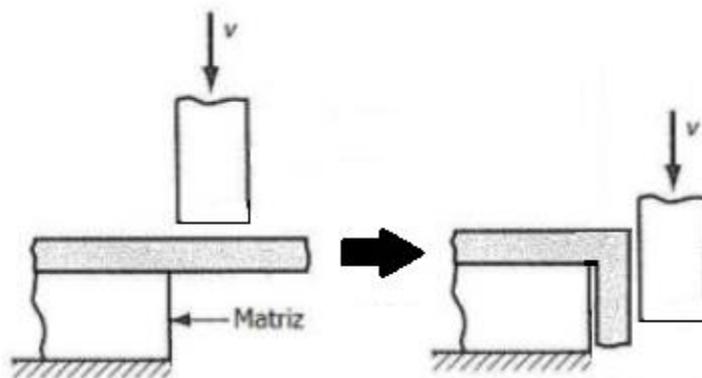


1.60 Corte de la chapa inicial hasta el tamaño deseado.

Gracias a las cuchillas se cortarán flejes metálicos de 80 mm de ancho y posteriormente se cortarán con una longitud de 150 mm.

Una vez conseguido el rectángulo de 150x80 mm, se realizará el troquelado de los agujeros. La pieza solo lleva una ranura que servirá para colocar la tornillería. Por último se procederá al doblado de las piezas. Estos doblados serán cuatro, dos hacia arriba y otros dos hacia abajo, con ello se conseguirán las cuatro pestañas que irán colocadas dentro de las ranuras del revestimiento.

Como las dobleces son de 90°, estas se podrán realizar de forma rápida mediante una matriz y presión: se coloca la chapa, una pieza maciza la aprisiona mientras la empuja hasta formar el ángulo, teniendo cuidado con la presión que se aplica a la chapa para evitar que sea cortada.

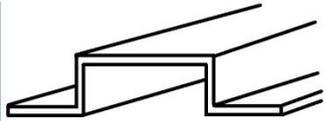


1.61 Proceso de doblado.

- **Despiece.**

El número de piezas que compondrán tanto la estructura como los anclajes metálicos totales, dependerán del tamaño de la fachada, por tanto, el despiece se hará de las piezas básicas, una de cada elemento.

En la siguiente tabla se muestran las piezas que componen la fachada ventilada:

Nº (p)	Nombre	Descripción	Imagen
1	Estructura de la fachada.	Perfil de aluminio extrusionado. 2000x100x5 mm	
2	Tornillo+taco para hormigón.	Unión para el perfil con la fachada. ANCLAJE W-HR CINCADO S D:11 M8x80	
3	Anclaje de perfil ranurado en canto.	Pieza en aluminio para la sujeción del revestimiento a la estructura. 150x80x2 mm	
4	Caucho.	Material de caucho para evitar las vibraciones entre el revestimiento y el anclaje 10x10x1 mm	
5	Tornillo autorroscante para chapas.	Tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada.	

- **Secuencia de montaje.**

Una vez definido el producto y las piezas que serán necesarias para su correcta instalación, sólo será necesario explicar paso por paso el montaje del producto final listo para su utilización.

Todo el montaje se debe realizar en la propia fachada, no hay ningún elemento que necesite un montaje previo en la fábrica.

La instalación en la fachada empieza por el taladrado de los agujeros. Estos agujeros se realizarán con una broca de 8 mm de diámetro y una profundidad mínima de 90 mm sobre el hormigón. La distancia entre ellos dependerá de la separación de los agujeros del perfil de aluminio (p.1), el perfil se coloca sobre la fachada y se marca el lugar donde se debe taladrar.

Una vez taladrados los agujeros, se procede a la instalación de los tacos metálicos (p.2), estos se separan del tornillo y se colocan dentro del agujero. Inicialmente no necesitan adhesivos químicos para su perfecta sujeción, ya que el tornillo expandirá el taco y causará suficiente presión en su interior como para que el soporte no caiga.

El perfil de la estructura (p.1) se coloca sobre la fachada, haciendo coincidir los agujeros taladrados con los que incorpora el aluminio. Posteriormente se introducirán los tornillos (p.2) en los agujeros taladrados de la fachada, para unir completamente la estructura al edificio.



1.62 Sujeción del perfil de aluminio mediante tornillos de cabeza hexagonal.

El siguiente paso será la colocación de los anclajes de perfil ranurado en canto (p.3). Para ello se medirá una distancia entre anclajes de 32,5 cm, que se corresponde a la altura de un revestimiento hexagonal más el tamaño del propio anclaje: 28,5 cm de la

altura del soporte cerámico y 2 cm del anclaje superior más 2 cm del anclaje inferior. Estas medidas corresponderán a la distancia entre del tornillos (p.5).



1.63 Anclaje de perfil ranurado en canto instalado en la estructura.

Para la colocación de los anclajes (p.3), se utilizarán de forma directa los tornillos autorroscantes para chapas (p.5). Al incorporar una pequeña broca en la punta de cada tornillo, no se necesitarán agujeros previos, el propio tornillo se abre paso a través del aluminio de 5 mm de espesor del perfil.

Una vez colocado el primer anclaje sólo bastará medir la distancia hasta el siguiente y colocar uno nuevo, y así sucesivamente hasta completar la fachada entera.

Como la ranura del revestimiento es de 3 mm de espesor pero la pestaña del anclaje es de 2 mm, hay una holgura de 1 mm que conviene controlar para evitar roturas del material. Estas vibraciones que provoca la holgura se soluciona con la colocación de un elemento de caucho (p.4) en cada una de las pestañas del anclaje (p.3). El caucho se pega sobre la pestaña mediante unas gotas de adhesivo. Este proceso también se podría realizar en la fábrica y que este submontaje ya esté listo al llegar al usuario.

Para finalizar, sólo habría que deslizar lateralmente las ranuras del revestimiento sobre las pestañas para su colocación y realizar la instalación eléctrica.

- Se debe añadir que el aislamiento sería lana de roca. Este elemento no aparece en el despiece, ya que, como va colocado directamente sobre el hormigón no afecta para el diseño ni para montaje, por tanto, no se ha considerado importante para la descripción.

- **Embalaje y transporte.**

El último estudio realizado será el del embalaje y transporte. Es necesario elegir bien los materiales para asegurar que el producto llegue en buenas condiciones hasta el usuario.

El embalaje de estos elementos no tiene tanta importancia como el embalaje del revestimiento, ya que las piezas además de ser de aluminio serán piezas no vistas, por tanto, en caso de que se rallen durante el trayecto o manipulación no afectará a la estética del conjunto.

Igualmente, para ofrecer un producto de calidad cuidada será mejor utilizar un film de plástico de burbujas, para envolver la estructura y los anclajes, así se absorberán los golpes causados por el transporte o manipulación.

Para el transporte se utilizarán cajas de cartón corrugado. Las cajas se cerrarán mediante cinta adhesiva y fleje, así se asegura que no se abra la caja aun si falla la cinta adhesiva debido al calor o cualquier motivo ajeno.

La utilización de flejes de PP, es una seguridad económica que se debe de utilizar. Es un material limpio, 100% reciclable, de gran resistencia que evita que se abran las cajas con facilidad. Se ha elegido una cinta de grosor 0,63 mm y ancho 12 mm. Tiene una resistencia de 1600 N. También se utiliza la cinta adhesiva para sellar la caja antes de flejar.

Se debe tener en cuenta que la caja de cartón que contiene todo el producto debe ir etiquetada, además de llevar una serie de iconos que indican las características de la caja como del producto que contiene. Estos símbolos en el embalaje son importantes porque se trata de indicaciones gráficas estandarizadas para transmitir información o instrucciones que pueden entenderse sin limitaciones culturales o idiomáticas.

Estos símbolos serán los siguientes:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Frágil	Sirve para indicar que el contenido transportado es frágil y que debe ser manejado con cuidado.
	Reciclable	Indica que el material con el que está fabricado el embalaje puede ser reciclado.
	Caja pesada	Indica que la caja pesa, hay que tener cuidado al manejarla.

1.5.3 Nivel LEED alcanzado.

Como se ha explicado anteriormente (apartado 1.3.4 *Certificado LEED*), se deberán cumplir un mínimo de requisitos técnicos y ecológicos para que la edificación donde se instale el producto pueda conseguir el certificado LEED.

Este certificado se conseguirá gracias al producto, por tanto, los requisitos técnicos y ecológicos deberán cumplirse mediante el diseño.

Antes de indagar y explicar los resultados medioambientales, no está de más recordar los puntos LEED que a priori cumplirá el edificio gracias al diseño. Estos puntos eran los siguientes:

- *Energía y Atmósfera*: Debe cumplir con los requerimientos mínimos del Standard ASHRAE 90.1-2007 para un uso eficiente de la energía que utilizamos en nuestros proyectos, para esto se debe demostrar un porcentaje de ahorro energético (que va desde el 12% al 48% o más) en comparación a un caso base que cumple con el estándar. Además, se debe asegurar en esta categoría un adecuado comportamiento de los sistemas del edificio a largo plazo.

- *Materiales y Recursos*: describe los parámetros que un edificio sostenible debe considerar en torno a la selección de sus materiales. Se premia en esta categoría que los materiales utilizados sean regionales, reciclados, rápidamente renovables y/o certificados con algún sello verde, como por ejemplo, una declaración ambiental de producto conforme a la Norma UNE-EN 15804, entre otros requisitos.

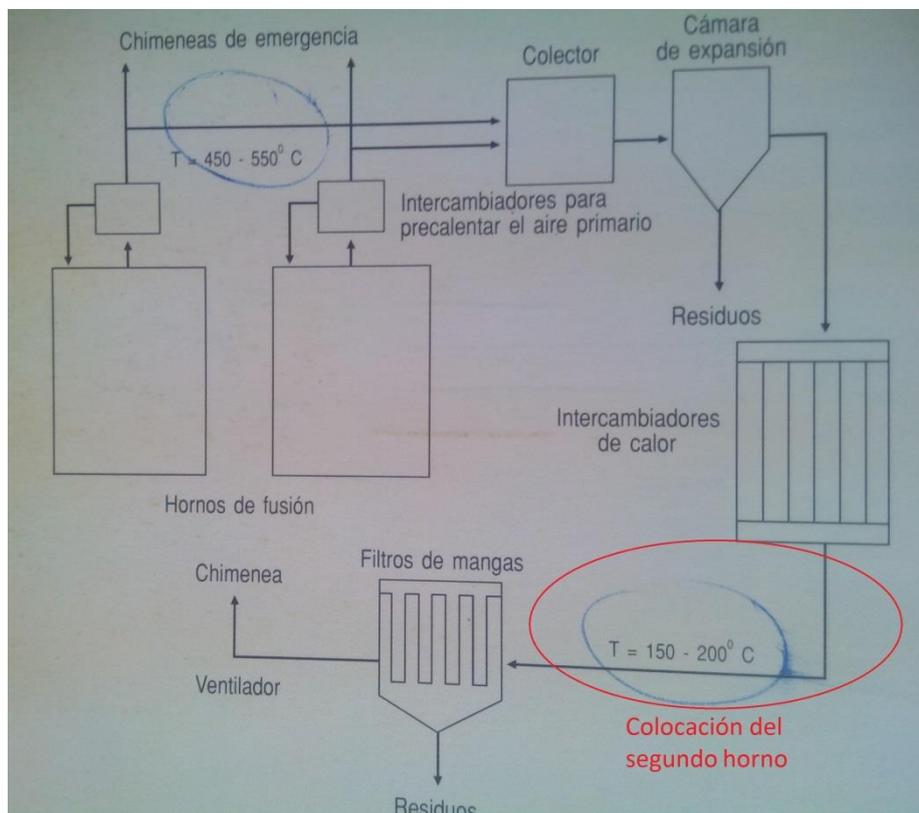
- *Calidad del Ambiente Interior*: Describe los parámetros necesarios para proporcionar un adecuado ambiente interior en los edificios, una adecuada ventilación, confort térmico y acústico, el control de contaminantes al ambiente y correctos niveles de iluminación para los usuarios.

- **Energía y atmósfera.**

Para cumplir con el uso eficiente de la energía, el proyecto se centra en el ahorro de energía durante su producción y en la propia generación de energía una vez instalado, ya que el producto es fotovoltaico.

El ahorro de energía durante su producción está presente durante todo el proceso.

1. Para empezar, se ha explicado que es un proceso de bicocción pero que la segunda cocción, la que implicaba la cocción de la capa fotovoltaica, no se logra con el uso de un horno convencional, sino reciclando y aprovechando el vapor producido en la primera cocción. Este vapor tiene una temperatura de hasta 550º y para la segunda cocción sólo se requiere una temperatura de 150ºC. Así pues, se acondicionará el vapor hasta alcanzar la temperatura de trabajo en el segundo horno.



1.64 Esquema de una instalación de reutilización de gases emitidos. En rojo se marca el lugar donde se colocaría el segundo horno para la cocción de la capa fotovoltaica.

2. El siguiente aspecto a destacar es el uso de las máquinas *ink-jet* para el esmaltado de la capa fotovoltaica. Con ello desciende las emisiones contaminantes al medioambiente respecto a los procesos tradicionales de esmaltado.

El esmaltado tradicional se realiza mediante un método de aplicación en húmedo. Este proceso origina problemas de contaminación en las aguas y en la atmosfera. En cambio, la aplicación de esmaltes en seco, el caso de las *ink-jet*, al no utilizar agua en su proceso consigue reducir en gran medida la introducción de contaminantes en el agua y en la atmosfera. Evitando también el proceso posterior de reciclaje de esta agua, con los gastos económicos y energéticos que ello conlleva.

3. El producto esta creado para la generación propia de energía eléctrica.

Los estudios anteriores (apartado 1.5.1-b *Estudio de la solución final, energía generada*) indicaron que cada pieza tenía una potencia máxima de 12,78 W, una tensión de 0,7 V y una corriente de 18,25 A.

Para demostrar la relación “generación de energía-ahorro energético” lo mejor es ilustrarlo con un ejemplo.

- **Ejemplo energético:**

1. Según un estudio realizado por la Asociación de empresas de eficiencia energética, a3e, un hospital con capacidad para 500 camas tiene una factura energética anual de 1.775.600€. El consumo es constante durante las 24 horas del día.

HOSPITAL TIPO DE 500 CAMAS: FACTURA DE ENERGÍA DE 1.775.590 € / AÑO.

FACTURA ENERGÉTICA	
INSTALACIÓN / SERVICIOS	FACTURA DE ENERGÍA
Calefacción	609.200 €
Refrigeración	270.780 €
ACS	138.500 €
Vapor	186.970 €
Iluminación	270.780 €
Ofimática/CPD	97.480 €
Sala Máquinas/Motores	54.150 €
Quirófanos/Otros	108.310 €
Cocina	39.430 €
TOTAL	1.775.600 €

Para mostrar mejor el ejemplo, se supondrá que la fachada tiene 30 metros de ancho y 15 metros de altura (3 metros por planta), lo que hará una superficie de 450 m², para ello se necesitarán 6340 piezas de 0,071 m².

Por cuestiones de espacio y cableado se decide que la instalación se divida en 5 subgrupos en serie, estos 5 subgrupos a su vez estarán en serie entre sí. La instalación quedaría así:

$$\frac{6340}{5} = 1268 \text{ piezas por grupo.}$$

Los subgrupos en serie:

Tensión total por subgrupo: $1268 * 0,7 = 887,6 \text{ V}$

Corriente total por subgrupo: $I = 18,25 \text{ A}$

Pero lo que realmente llegaría al inversor sería el resultado de la instalación en serie de los propios subgrupos:

Tensión hacia el inversor: $V = 887,6 * 5 = 4438 \text{ V}$

Corriente hacia el inversor: $I = 18,25 \text{ A}$

La potencia generada sería: $P = 4438 \text{ V} * 18,25 \text{ A} = 80993,5 \text{ W} = 80,993 \text{ KW}$

Para saber la energía diaria que generaría el sistema, se deben conocer las horas de sol pico en la zona donde se instalase, para este ejemplo se tomará como lugar Castellón.

Se tomará una media aproximada de las horas diarias durante todo el año, que serán unas 4 horas de sol directo. Por tanto, la energía diaria generada por el sistema sería:

$$E = P * t = 80993,5 \text{ W} * 4 \text{ h} = 323974 \text{ Wh} = \mathbf{323,98 \text{ KWh}}$$

Con este dato y conociendo el precio de la tarifa general de energía, 0,115€/KWh, se puede conocer el consumo anual de este hospital:

$$\frac{1.775.600 \text{ €}}{0,115 \text{ €/KWh}} = 15440000 \text{ KWh/año}$$

Sabiendo lo que consume durante un año, sólo hay que dividirlo entre 365 días para conocer su consumo diario:

$$\frac{15440000 \text{ KWh/año}}{365 \text{ días/año}} = 42301,37 \text{ KWh/día}$$

El resultado se divide por 24 horas diarias para conocer el consumo en una hora:

$$\frac{42301,37 \text{ KWh/día}}{24 \text{ horas/día}} = \mathbf{1762,56 \text{ KWh}}$$

El hospital tiene un consumo de 1762,56 KW en una hora, mientras que el sistema fotovoltaico instalado tiene una producción de 323,98 KWh.

La energía que podría cubrir la instalación sería del 18,4% de la energía consumida:

$$323,98 \text{ KWh} \frac{100}{1762,56 \text{ KWh}} = 18,4 \%$$

Este ahorro del 18,4%, económicamente se traduciría en la factura anual como:

$$1.775.600 * 0,18 = \mathbf{319.608 \text{ €}}$$

2. Sin abandonar el estudio de la Asociación de empresas de eficiencia energética, y manteniendo una fachada de 450 m², este ahorro energético y económico sería mucho más notable en edificios donde el consumo no es constante, en este caso el edificio sería un museo.

EDIFICIO MUSEO TIPO DE 11.300m²: FACTURA DE ENERGÍA DE 406.393 €/AÑO

FACTURA ENERGÉTICA	
CONSUMO DE LAS INSTALACIONES	FACTURA DE ENERGÍA
Calefacción	15.865 €
Refrigeración	86.784 €
Ventilación	20.340 €
Iluminación	185.772 €
Ofimática	12.204 €
CPD	12.204 €
Ascensores	20.340 €
Otras cargas	52.884 €
TOTAL	406.393 €

Siguiendo los mismos pasos que en el caso del hospital se averiguarán los datos finales:

$$\frac{406393 \text{ €}}{0,115 \text{ €/KWh}} = 3533852,174 \text{ KWh/año}$$

$$\frac{3533852,174 \text{ KWh/año}}{365 \text{ días/año}} = 9681,786 \text{ KWh/día}$$

$$\frac{9681,786 \text{ KWh/día}}{24 \text{ horas/día}} = 403,407 \text{ KWh}$$

El museo tiene un consumo de 403,407 KW en una hora, mientras que el sistema fotovoltaico instalado tiene una producción de 323,98 KWh.

La energía que podría cubrir la instalación sería del 80% de la energía consumida:

$$323,98 \text{ KWh} \frac{100}{403,407 \text{ KWh}} = 80 \%$$

Este ahorro del 80%, económicamente se traduciría en la factura anual como:

$$406.393 \text{ €} * 0,8 = \mathbf{325.114,4 \text{ €}}$$

Para edificios ocasionales la instalación del revestimiento supone casi un ahorro total en la factura.

- **Materiales y recursos.**

En este apartado se valora la utilización de materiales reciclados y fáciles de reciclar. Además la utilización de estos materiales hará que el coste final de las materias primas sea menor.

En este proyecto ambos pilares fundamentales, el revestimiento fotovoltaico y los anclajes para la fachada, utilizan materiales reciclados y a su vez son fácilmente reciclables. A continuación se explicarán mejor.

1. Los anclajes que sujetarán el revestimiento y el perfil de la estructura están hechos de aluminio. Este material, además de sus buenas propiedades frente al acero, tiene la ventaja de poseer un reciclaje más fácil.

El reciclado de un material es actualmente una de las vías más seguras para respetar el medio ambiente y evitar un abuso de los recursos naturales, se considera éste como un almacén energético que no puede desperdiciarse. En el caso del aluminio, su reciclaje es cada vez más rentable y sus múltiples propiedades lo convierten en un material moderno y de gran futuro.

Este almacén de energía, que supone el aluminio, puede aportar hasta 15 Kw/h por kilogramo, y por eso su reciclado se traduce en recuperación de energía. Además, es un material muy valioso como residuo, lo que supone un gran incentivo económico. El reciclado supone un ahorro energético del 95% frente a la obtención del aluminio primario.

La gran ventaja del aluminio es que se trata de un metal cien por cien reciclable, es decir, se puede recuperar indefinidamente sin que por ello pierda sus cualidades.

En Europa, el aluminio alcanza tasas de reciclado muy altas que oscilan entre el 50% en envases, el 85% en construcción y el 95% en transporte. Todo ello se traduce en una producción anual en torno a los cuatro millones de toneladas de aluminio reciclado en Europa. En materia de edificación y construcción, el uso del aluminio es mayoritario en España en comparación con otros metales y es utilizado en estructuras de ventanas y puertas y en otras estructuras como cubiertas para grandes superficies.

Para el diseño tanto del perfil como de los anclajes se utilizará aluminio reciclado, por mantener sus propiedades y ser más barato. Además, las partes troqueladas sobrantes de los anclajes se podrán vender nuevamente para su reciclado, con lo que también hay un pequeño ahorro económico.

2. Respecto al reciclaje y reutilización del gres porcelánico, se explicarán dos métodos que se podrían usar para la creación de la base del revestimiento.

Antes de la incorporación de la capa fotovoltaica y de su cocción, el gres porcelánico debido a su tránsito por diversas fases y máquinas puede sufrir roturas o imperfectos. Si esto sucede la pieza se deshecha por falta de calidad.

Las piezas desechadas pueden ser reutilizadas como materia prima de nuevo. A estas piezas, fragmentos y polvos recogidos durante los procesos, se les vuelve a aplicar el proceso de fabricación completo. Se las trata como si fuesen materias primas, es decir, se les realiza un nuevo triturado y molienda hasta dejarlas como partículas. Una vez obtenido este nuevo material reciclado, se procede a realizar el proceso de fabricación habitual.

El otro método es la utilización de los residuos resultantes del proceso de fabricación. Este método se expone mediante un estudio realizado por el ITC, Instituto de Tecnología Cerámica, de la Universidad Jaume I de Castelló. A continuación se explicarán brevemente sus resultados (extracto del estudio):

“Estudio de la influencia de la adición de fangos y aguas residuales a composiciones de pavimentos y revestimientos cerámicos”

En el trabajo se estudian las características de los fangos y aguas residuales y los problemas que pueden surgir al reciclarlos y añadirlos a las composiciones de las pastas cerámicas.

Según el estudio se utilizarán los fangos provenientes de una balsa de recogida y sedimentación. Posteriormente estos fangos se añaden a la barbotina, se añadirá un 3%, es decir, el 3% del material total utilizado para una pieza se trata de fangos residuales y reciclados.

Tras su prensado se puede observar que sus propiedades apenas se modifican, la compactación de la pieza desciende de 2,022 g/cm³ hasta 2,012 g/cm³. En cambio, durante la cocción, la densidad aumenta y es mayor que en las piezas sin fangos reciclados.

Respecto a la cocción se observa una mayor fundencia de las formulaciones con mayor porcentaje en fangos, a mayor porcentaje de fangos más rápido puede fundir, por tanto, disminuye la temperatura de cocción.

El aumento de la densidad también provoca que la hidratibilidad de la pieza sea menor, es decir, que al aumentar el porcentaje de fango en la composición, la porosidad de la pieza resultante es menor.

Como conclusión se puede decir que las piezas que incorporan materiales reciclados y residuales, aumentan sus propiedades mecánicas y descienden su temperatura de cocción, lo que conlleva, por pequeño que sea, un ahorro energético. Se consigue un producto mejor a la vez que se recicla material.

- **Calidad del ambiente interior.**

El punto de la calidad del ambiente interior describe los parámetros necesarios para proporcionar un adecuado ambiente interior en los edificios, una adecuada ventilación y un confort térmico y acústico. Todo ello se cumple mediante el uso de la fachada ventilada.

Los métodos para el cumplimiento de los aislamientos térmicos y acústicos y la buena ventilación ya han sido explicados anteriormente.

Ver el apartado 1.5.2 *Fachada ventilada: anclajes; Funcionamiento de la fachada ventilada.*

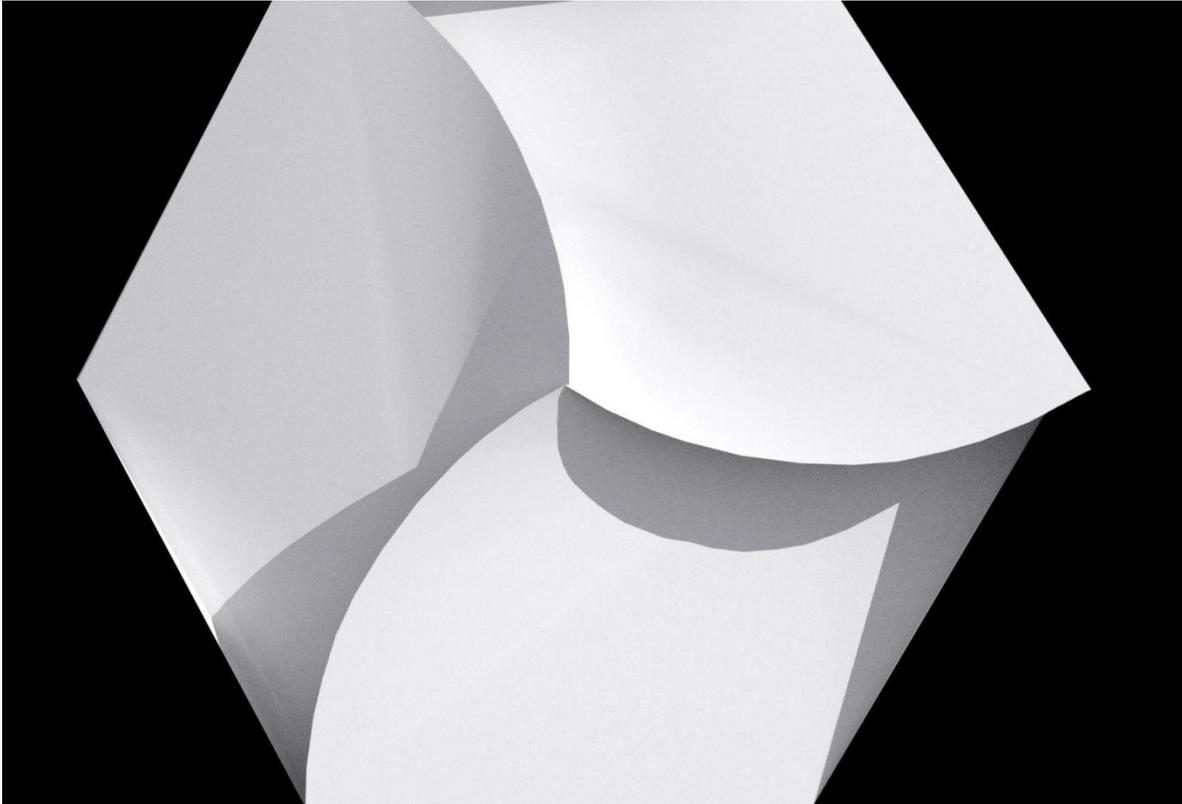
El resto de puntos que propone el certificado LEED ya no dependen del diseño, sino de la ubicación del edificio, infraestructuras, etc. Quizá se pudiesen ganar puntos respecto al diseño estético de la pieza, por su innovación, por alejar a las placas solares de sus formas tradicionales, al igual que por la utilización de una base diferente.

Con los puntos explicados y sumando el diseño innovador de la pieza se puede asegurar el certificado LEED Oro para el edificio donde se instale el producto.

1.6 Ambientaciones y renders.

A continuación se mostrarán renders y ambientaciones del producto. Los colores que se presentan pueden no ser los definitivos.

- **Renders de la pieza.**

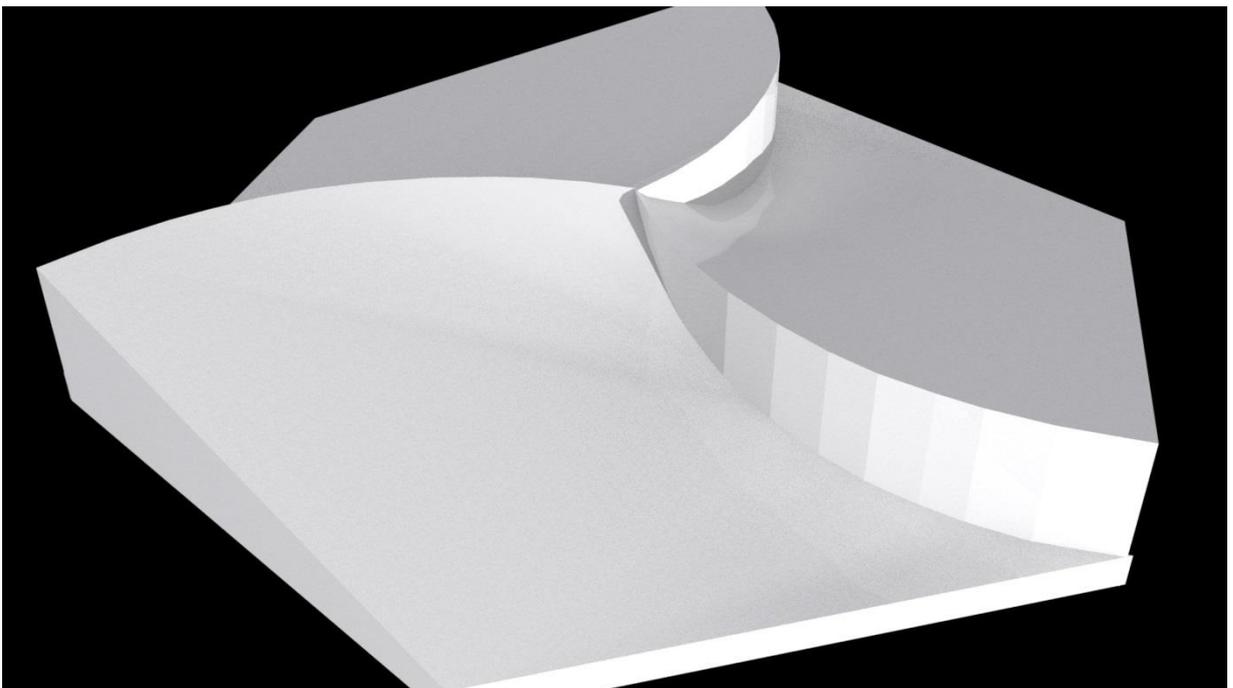


1.68 Alzado de la pieza.





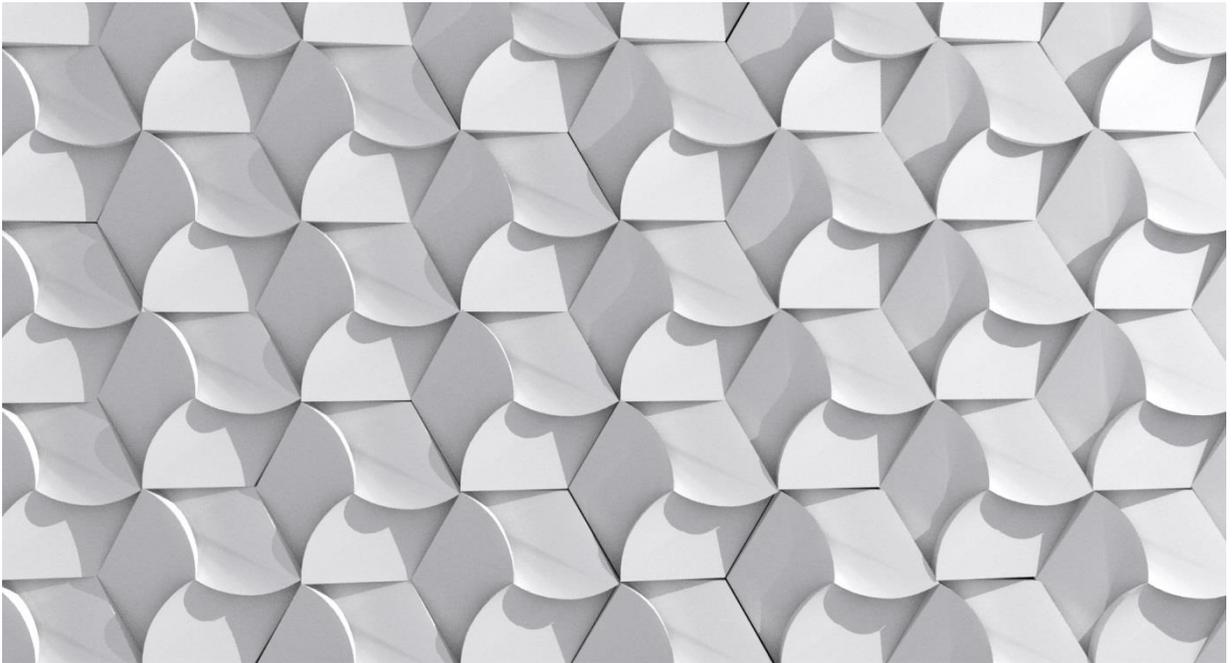
1.69 Vista lateral.



1.70 Alzado en 3D.



- **Renders con efectos de las sombras según la posición del sol.**



1.65 Posición este.



1.66 Posición oeste.



1.67 Posición de mediodía.

- **Montaje en la fachada.**



- Perfil ranurado sujeto a la estructura.



- Detalle de la sujeción anclaje-revestimiento.

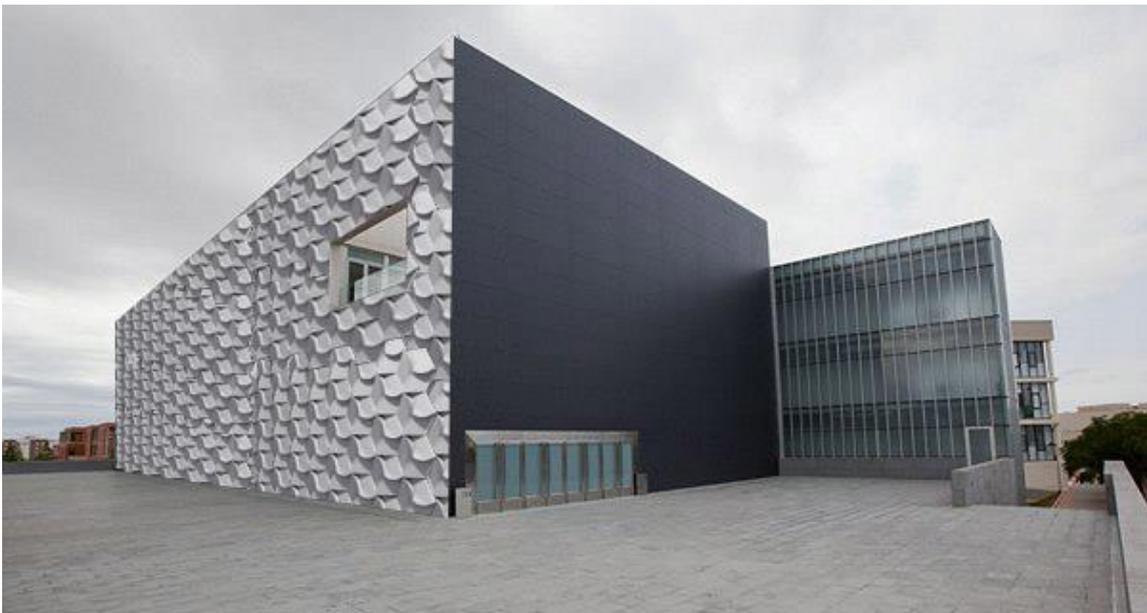




- **Detalle de la sujeción de la estructura metálica.**



- **Simulación en un edificio:**



1.71 Paranimf Universitat Jaume I.



1.72 Biblioteca Universitat Jaume I.



2 PRESUPUESTO



2.1 Coste materias primas.

En este apartado se analizará y se calculará el presupuesto del proyecto. El coste total del producto vendrá dado por la suma del coste de las materias primas, del embalaje, de la mano de obra y la instalación.

Como el proyecto arquitectónico final dependerá del tamaño de la superficie donde se instale el producto, el presupuesto sería diferente para cada proyecto. Por tanto, se calculará un precio en base a un metro cuadrado de producto: su producción, instalación...

A continuación se detallará cada una de estas etapas hasta llegar al precio de venta al público, PVP.

- **Base cerámica:**

Después de todos los estudios de fabricación y viabilidad realizados, se obtuvo como resultado que el producto que mejor cumplía las especificaciones era el gres porcelánico.

Este material se utilizará para realizar la base cerámica hexagonal con un formato de 33x28,5 cm.

Unidades por m ²	Precio unidad	Precio m ²
14	0,75 €	9,52 €

- **Capa fotovoltaica:**

La realización de la capa fotovoltaica será mediante tinta de silicio. Se realizan dos pasadas de tinta en inkjet: la primera pasada realiza la capa colectora de carga, mientras que la segunda producirá la capa absorbadora de luz.

El precio del material es elevado debido a que se trata de material compuesto por nanocristales, pero al realizarse mediante impresión, el grosor de la capa se mide en micras, por lo que el material utilizado será mínimo por capa, 50 micras aproximadamente.

Número de capas por pieza	Precio por capa	Precio por unidad	Precio m ² (14 piezas)
2	2,3 €	4,6€	64,4€

PRECIO FINAL m² REVESTIMIENTO (base+capa)	73,92€
---	---------------

Una vez obtenido el precio del revestimiento cerámico fotovoltaico, el siguiente paso es averiguar el precio de los elementos para su anclaje a la fachada.

Los elementos serán: tornillos, perfiles, anclajes y caucho. El cálculo se realizará también para un metro cuadrado de instalación.

- **Estructura de la fachada: perfiles.**

El perfil se realiza en aluminio y servirá de base para el anclaje en la fachada. El formato de cada perfil es de 2000x100x5mm.

Se parte de una chapa de 2 metros de largo por 0,5m de ancho, por tanto, de esta chapa inicial se podrían sacar 5 perfiles de 2x0,1m.

Por cada metro cuadrado de revestimiento se usarán tres perfiles de 1 metro de largo, por tanto se dividirá el precio de un perfil entre dos, para sacar el precio de un metro de longitud.

El precio de la chapa de aluminio de 5mm de grosor es de 65,5€ aproximadamente.

Precio chapa de 5mm grosor	Precio perfil (2000x100x5mm)	Número de perfiles por m ²	Precio perfiles por m ²
65,5€	13,1€	3	19,65 €

- **Tornillo y taco para hormigón.**

Para sujetar el perfil a la fachada se usa un tornillo tipo “anclaje W-HR cincado S D:11 M8x80”. Estos anclajes se colocan cada medio metro, es decir, en un perfil de 2m de largo se colocarían 4 tornillos, que serían 8 totales, ya que se ponen 4 a cada lado del perfil.

Como se está calculando para un metro cuadrado de instalación y se ha comentado que se usarían tres perfiles de un metro de largo, esto haría un total de 12 tornillos.

Los tornillos se venden conjuntamente con los tacos en cajas de 100 unidades, con un precio de 52,67€.

Precio caja (100 uds)	Precio unidad	Número de piezas por m ²	Precio por m ²
52,67€	0,52€	12	6,24€

- **Anclaje de perfil ranurado en canto.**

Los perfiles ranurados en canto se realizan con una chapa de 2mm de espesor, siendo su precio de 26,20€/m².

El formato de cada anclaje es de 150x80x2mm. Su área es de 0,0087m², con lo que por cada chapa se pueden extraer 114 piezas.

Precio chapa 2mm grosor	Precio por anclaje	Número de anclajes por m ²	Precio por m ²
26,20 €	0,228€	14	3,192€

- **Tornillo autorroscante para chapas.**

La sujeción de los anclajes al perfil se realiza mediante un tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada.

Estos tornillos se venden en cajas de 100 unidades con un precio de 5,593€.

Se usará un tornillo por anclaje.

Precio caja (100 uds)	Precio unidad	Número de piezas por m ²	Precio por m ²
5,593€	0,056€	14	0,784€

- **Caucho.**

Se utiliza un trozo de caucho para evitar las vibraciones entre el revestimiento y el anclaje. El pedazo de caucho tiene un formato de 10x10x1mm.

Se parte de un rollo de este material con unas medidas de 5000x10x1mm y un precio por rollo de 6,71€. Por cada rollo se podrían conseguir 500 piezas.

Cada anclaje de perfil ranurado en canto incorpora cuatro piezas de caucho y se utilizan 14 anclajes en un metro cuadrado.

Precio rollo de caucho (5 metros)	Precio por fragmento (10x10x1mm)	Número de piezas por m ²	Precio por m ²
6,71€	0,013 €	56	0,728€

- **Aislante: lana de roca.**

Para el aislante térmico y acústico se utiliza lana de roca. Esta también funciona como agente ignífugo. Este aislante se coloca entre el hormigón y los perfiles de aluminio, cubriendo toda la pared.

El precio del metro cuadrado es de 6,22€/m².

Precio m ² lana de roca	Precio por m ²
6,22€	6,22€

PRECIO FINAL m ² MATERIALES FACHADA VENTILADA	36,81€
--	--------

PRECIO FINAL m ² FACHADA: Revestimiento + anclajes	110,73€
---	---------

2.2 Coste del embalaje.

El cálculo del embalaje se realiza de la misma forma que la utilizada anteriormente con las materias primas. También se calculará para un metro cuadrado.

- **Porexpan (revestimiento).**

Las planchas de porexpan se compran con una medida de 2m² con un precio de 1,275€/m², que sería 2,55€ por plancha.

Para cubrir cada pieza se utiliza una sección de 0,08m². Con una lámina de 2m² podrían realizarse 25 tapas.

Para un m² de revestimiento se considerará una tapa por pieza más otra que sirve como apoyo para la pieza de más abajo dentro de la caja. Se utilizan dos cajas.

Precio m ² porexpan	Precio por tapa	Número de tapas por m ²	Precio final
1,275€	0,102€	16	1,63€

- **Caja de cartón corrugado (revestimiento).**

Se colocarán 7 piezas por caja. Las cajas están hechas a medida con un formato de 25x35x30 cm.

Precio unidad	Número de cajas por m ²	Precio final
0,675€	2	1,35€

- **Fleje (revestimiento).**

El rollo de cinta de flejar tiene un valor de 42,5€ y dispone de 1000m. Para el embalaje de una caja se utilizan 0,12 m de fleje. Con este rollo se podrían embalar 8334 cajas.

Precio rollo flejar	Precio por caja	Número de cajas por m ²	Precio final
42,5€	0.0051€	2	0,01€

- **Cinta adhesiva (revestimiento).**

Para asegurar mejor el cierre de la caja se utiliza la cinta adhesiva. El rollo de cinta tiene una longitud de 126m y tiene un precio de 3,85€, lo que el metro cuesta 0,03 €.

Para cerrar una caja se utiliza 0,55m de cinta.

Precio rollo cinta adhesiva	Precio por caja	Número de cajas por m ²	Precio final
3,85 €	0,0165€	2	0,033€

**PRECIO FINAL m² EMBALAJE
"REVESTIMIENTO"**

3,023€

- **Film de burbujas de plástico (perfiles).**

Para envolver los perfiles se utilizará un plástico de burbujas. El rollo tiene una longitud de 15m y un precio de 9,95€, saliendo el metro por 0,66€

Dentro de cada caja se colocan 12 perfiles de 2m de longitud cada uno: tres filas de cuatro perfiles. Estos perfiles apilados hacen un formato de: (10cm*4 + 5cm*3) 2000x400x150mm. Por cada caja se utilizarán 0,12m de film.

Para un metro cuadrado de fachada se utilizan tres perfiles de un metro de longitud.

Precio rollo burbujas plástico	Precio por caja	Número de cajas por m ²	Precio final
9,95€	0,079€	1	0,079€

- **Caja de cartón corrugado (perfiles).**

Las cajas están hechas a medida y tienen un formato de 2100x405x155mm.

Precio unidad	Número de cajas por m ²	Precio final
0,824€	1	0,824€

- **Fleje (perfiles).**

Para las cajas que contienen los perfiles se utilizan el mismo rollo de fleje que antes.

El formato para este embalaje será de 2100*2 + 155*2 =4510 mm

Precio rollo flejar	Precio por caja	Número de cajas por m ²	Precio final
42,5€	0,192€	1	0,192€

**PRECIO FINAL m² EMBALAJE MATERIAL
"PERFILES"**

1,095€

- **Caja de cartón corrugado (anclaje ranurado).**

Las cajas están hechas a medida y tienen un formato de 150x300x150mm.

Precio unidad	Número de cajas por m ²	Precio final
0,681€	1	0,681€

- **Fleje para caja (anclaje ranurado).**

La longitud del fleje utilizado en este tipo de cajas será de 0,6m.

Precio rollo flejar	Precio por caja	Número de cajas por m ²	Precio final
42,5€	0,025€	1	0,025€

**PRECIO FINAL m² EMBALAJE MATERIAL
"ANCLAJE RANURADO"**

0,706€

**PRECIO FINAL m²
EMBALAJE**

4,824€

2.3 Coste de la mano de obra.

Se considerará la mano de obra empleada desde el momento de la fabricación, desde que se tendrá la materia prima en fábrica. El proceso en fábrica es continuo y la secuencia está ordenada siempre para abaratar al máximo el coste del producto final.

Todo el proceso de fabricación del revestimiento está automatizado y vigilado, a su vez, por varios operarios. En cambio el montaje en la fachada sí que es manual.

En el caso de la fabricación de las partes metálicas, el proceso también está automatizado.

Se estima que diariamente se producen de media unos 5000m² de revestimiento, durante tres turnos de 8 horas. Esto significa que para realizar un metro cuadrado se necesitan 0,0048 horas, es decir, 0,29 minutos.

Si un operario cobra alrededor de 8€ la hora, el coste de la mano de obra para realizar un metro cuadrado de revestimiento sería de 0,038€.

Coste operario por hora	Tiempo necesario para realizar un m ²	Precio mano de obra por m ²
8€	0,0048 h (0,29min)	0,038 €

La fabricación de los perfiles y de los anclajes se realiza en la misma empresa. Se fabrican unas 12000 piezas de cada tipo diariamente, en un único turno de 8 horas. Se crean 1500 piezas por hora. El operario cobra aproximadamente 8€.

Para un metro cuadrado se necesitaban un perfil y medio, 3 metros, lo que se traduce como 0,001 horas para fabricar los tres metros y un coste de 0,008€.

Se necesitaban 14 anclajes ranurados por metro cuadrado, por tanto, 0,0093 horas (0,56 min) y un coste de 0,074€ por metro cuadrado.

	Piezas por hora	Coste operario por hora	Piezas por m ²	Tiempo de fabricación	Coste Final m ²
Perfil	1500	8€	1,5	0,001 h	0,008€
Anclaje	1500	8€	14	0,0093 h	0,074€

PRECIO FINAL m² de la mano de obra: revestimiento, perfil y anclajes.

0,12 €

2.4 Coste de instalación.

Al tratarse de un producto especial, se ofrece la posibilidad de instalación en la fachada, así se evita la contratación de una empresa externa para su colocación, ahorrando costes.

Se estima que para realizar los taladros en el hormigón, la colocación del aislamiento, la sujeción del perfil con sus tornillos y tacos, fijar los anclajes mediante el tornillo autorroscante, el deslizamiento del revestimiento y su conexión eléctrica, se necesitan 35 minutos para instalar completamente un metro cuadrado.

Los operarios que trabajan en las fachadas cobran 8,5€ la hora.

Coste operario por hora	Tiempo instalación m ²	Precio instalación m ²
8,5€	0,58 h (35 min)	4,96€

COSTE FINAL INSTALACIÓN m ²	4,96€
--	--------------

2.5 Coste final: PVP.

El precio final se ofrecerá de dos formas distintas.

La primera de ellas será el precio del revestimiento, su embalaje y su coste de mano de obra:

$$73,92\text{€} + 3,023\text{€} + 0,038 = 76,981\text{€}$$

PVP m² REVESTIMIENTO	76,981€
--	----------------

La segunda opción engloba el precio del revestimiento, el de los perfiles y los anclajes, los embalajes de cada uno de ellos, la mano de obra para la fabricación de todos los elementos y por último se incluye la instalación:

$$110,73 \text{ €} + 4,824\text{€} + 0,12 \text{ €} + 4,96\text{€} = 120,274\text{€}$$

PVP m² REVESTIMIENTO E INSTALACIÓN	120,274€
--	-----------------

Tras sumar los impuestos, el IVA, el precio final real del metro cuadrado se quedaría como:

Revestimiento + IVA	76,981 + 16,166 = 93,147€
----------------------------	----------------------------------

Revestimiento e instalación + IVA	120,274 + 25,257 = 145,531€
--	------------------------------------

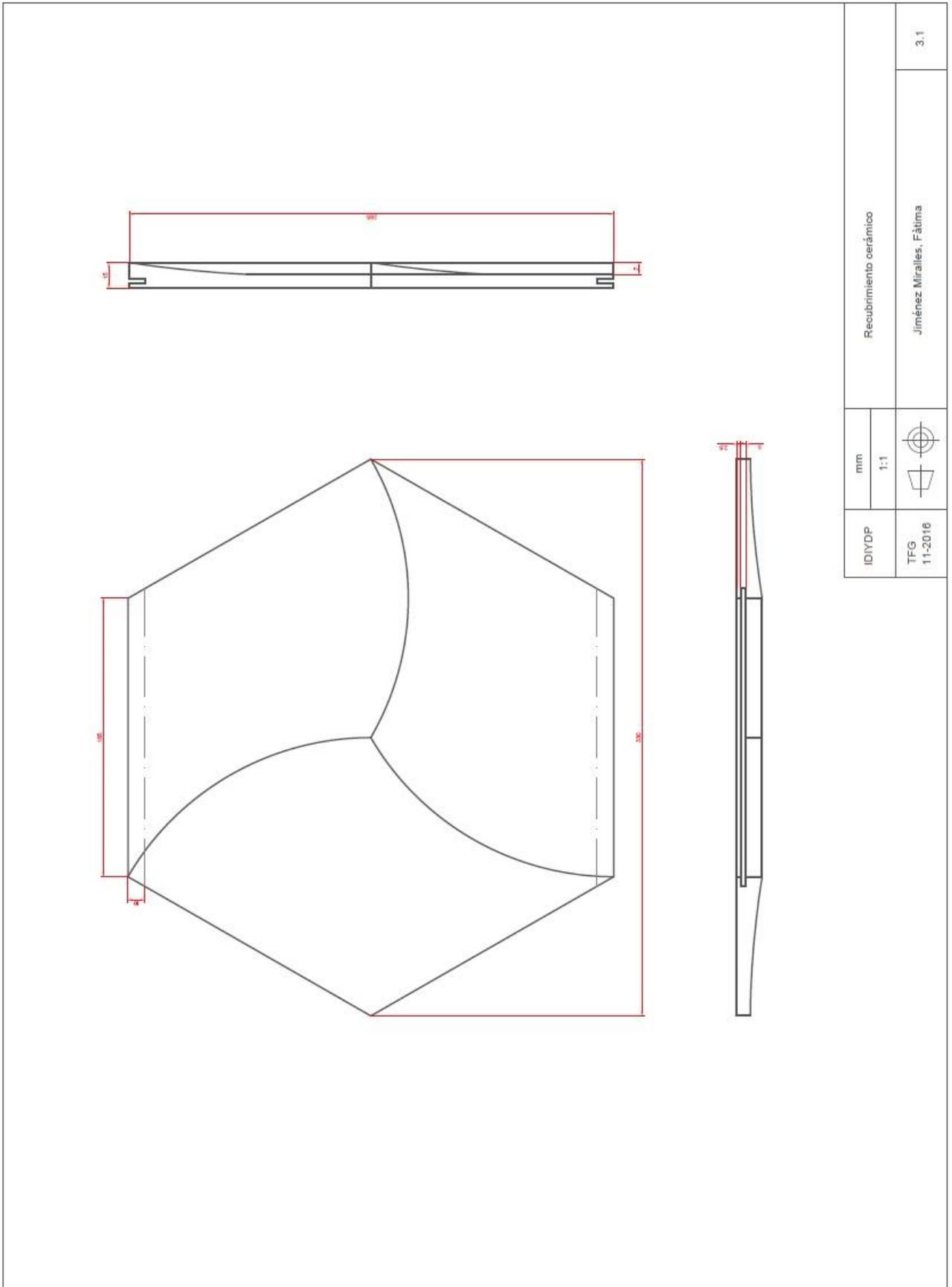
Ambos precios cumplen con las especificaciones demandadas para su venta, tanto con IVA como sin él:

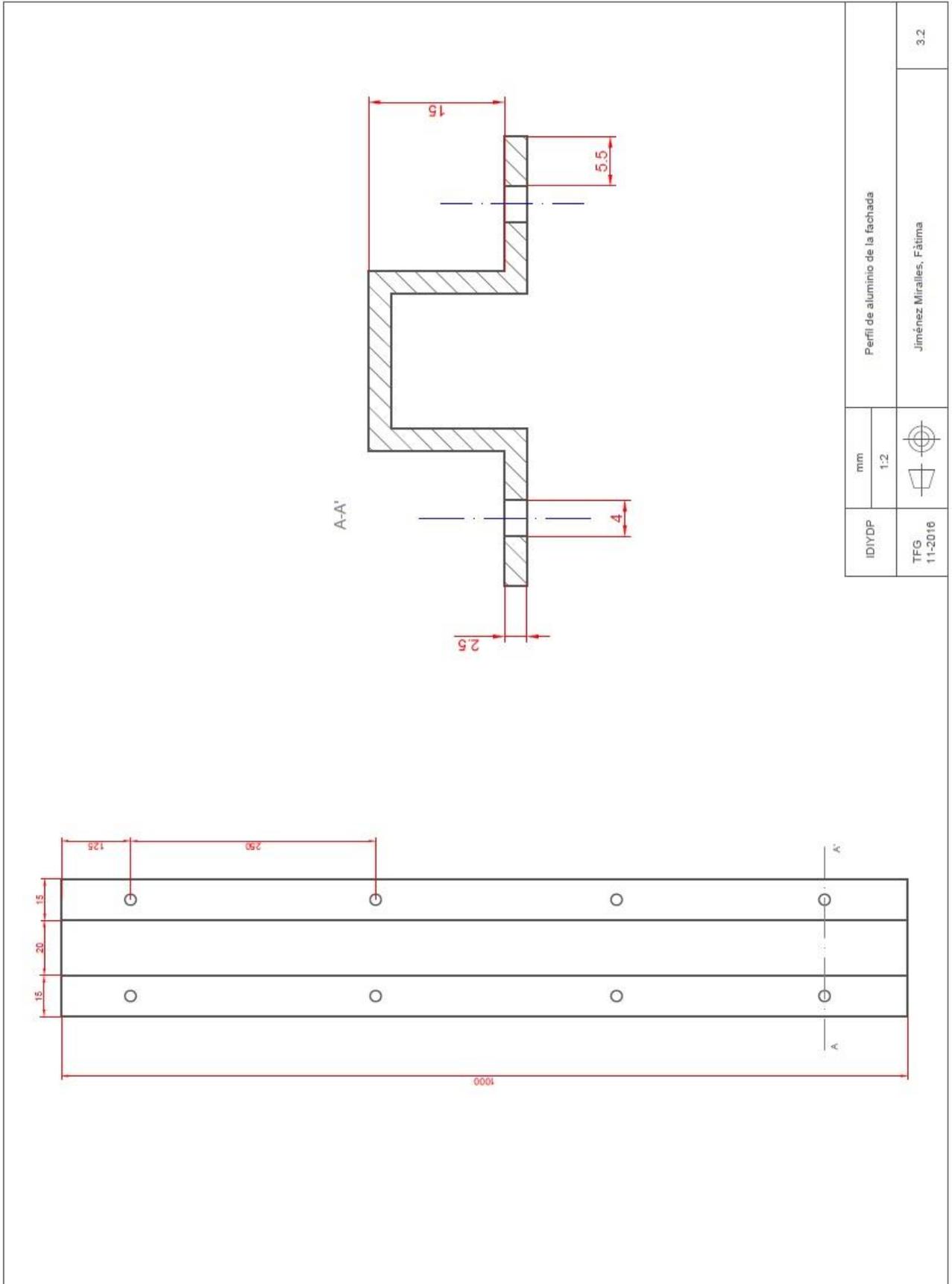
39 .El coste del metro cuadrado del revestimiento no debe superar los 100€.

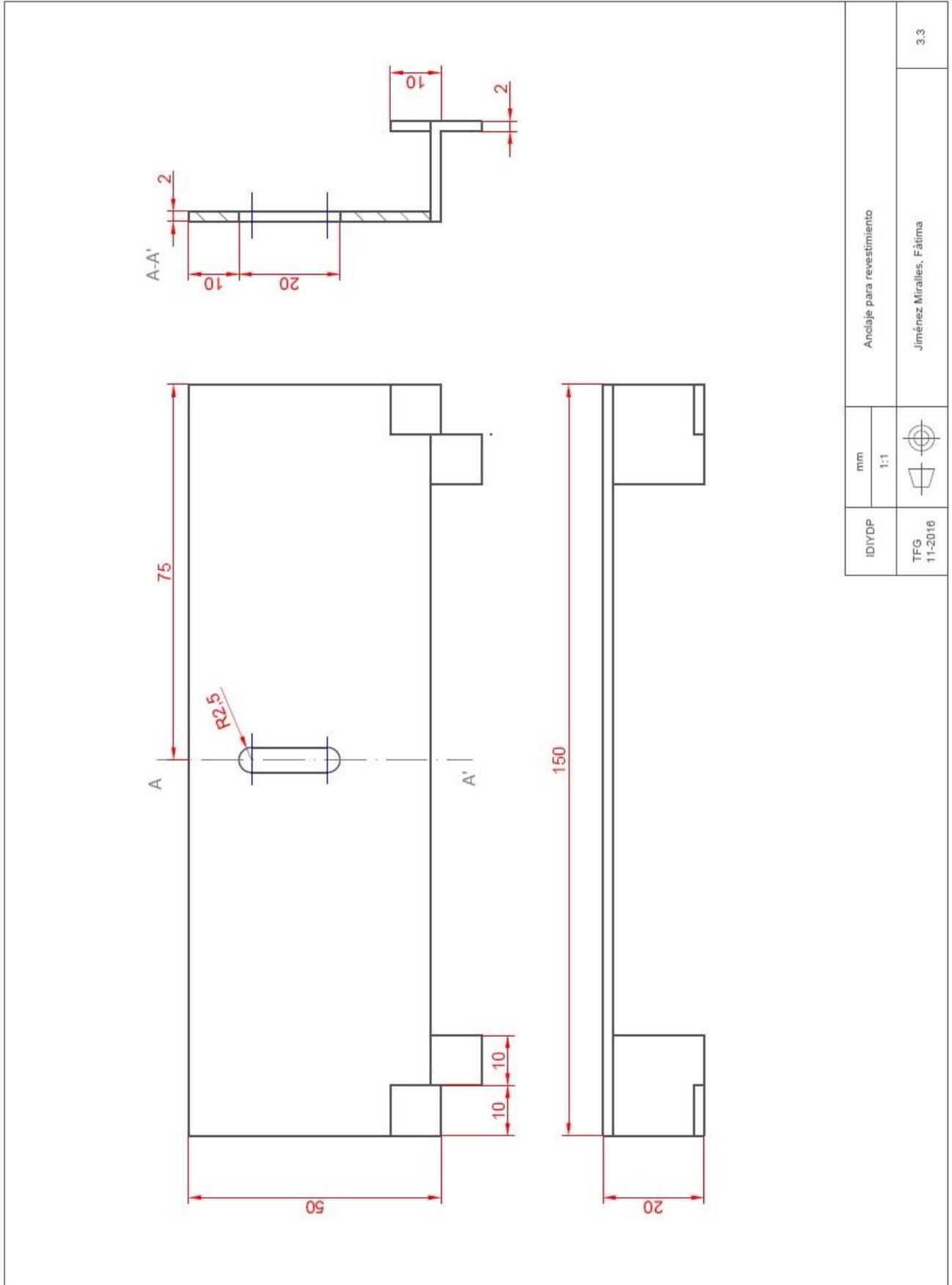
40. El precio del metro cuadrado final de material, sistema de fijación, aislamiento e instalación no debe superar los 150€.

3 PLANOS









4

PLIEGO DE CONDICIONES



4.1 Proceso de fabricación.

- **Revestimiento cerámico.**

El proceso de fabricación del gres se compone de varios pasos. El primero de ellos es la preparación de la pasta, posteriormente se realizará el conformado de la pieza, un secado, la primera cocción de la base, la impresión de la capa fotovoltaica, su cocción y por último se realizará el mecanizado de las ranuras para su sujeción.

1. Preparación de la pasta.

Esta etapa del proceso productivo consiste en obtener una mezcla homogénea de los distintos componentes con un tamaño de partícula determinado y acondicionarla para el adecuado moldeo de la pieza.

Para obtener el gres porcelánico que se usará como base, se utiliza el proceso de fabricación vía húmeda.

La vía húmeda proporciona mayor homogeneización de los componentes de la fórmula, menor tamaño de partícula, mejor control de las variables del proceso y unas mejores características del polvo de prensas, por lo que su empleo aumenta la calidad del producto acabado con respecto a la molienda vía seca.

2. Conformado.

El sistema más utilizado para el conformado del gres porcelánico es el prensado en seco.

El moldeo de las piezas planas, debido a su forma sencilla (rectangular, cuadrada, etc.), y a la pequeña relación espesor/superficie, se realiza por prensado unidireccional en seco en prensas de efecto simple, donde la presión se realiza solo en una de las superficies de la pieza. En el caso de este proyecto la superficie que aplicará la presión tendrá la forma del relieve, pero en negativo. Así al prensar se crea la forma sobre la pasta.

3. Secado.

Las piezas recién moldeadas, se introducen en un secadero continuo para reducir su humedad, duplicando o triplicando así su resistencia mecánica, lo que permite su procesado posterior

4. Primera Cocción.

El conformado de la pieza pasa por dos cocciones, será un proceso de bicocción. La primera se realizará antes de la cobertura de tinta de silicio, la segunda será para cocer la capa fotovoltaica. Se deben realizar dos cocciones porque cada proceso se realiza a diferentes temperaturas.

La cocción del gres se realiza en hornos monoestrato de rodillos que permiten realizar ciclos cortos de producción, tienen menor consumo energético.

Las condiciones para la cocción del gres porcelánico son las que aparecen en la tabla siguiente:

Etapa	Variable	Gres porcelánico
Cocción	Temperatura máxima (°C)	1180-1220
	Ciclo (min)	45-65

5. Impresión de la capa fotovoltaica.

Una vez cocida y preparada la base de gres porcelánico, el siguiente paso es realizar la capa fotovoltaica. Para ello se utilizará la técnica conocida como chorro de tinta o ink-jet para la superficie, mientras que para los laterales se utilizará un aerógrafo.

La impresión se realiza sin necesidad de detener la pieza y sin entrar en contacto con ella, ya que la tinta se deposita mediante inyectores, por lo que permite la decoración total de la pieza, incluso de aquellas con relieves y aristas redondeadas.

En este caso, las tintas de colores utilizadas habitualmente en los procesos de decoración, serán sustituidas por la tinta de silicio, formada por nanocristales de silicio en suspensión en una composición orgánica.

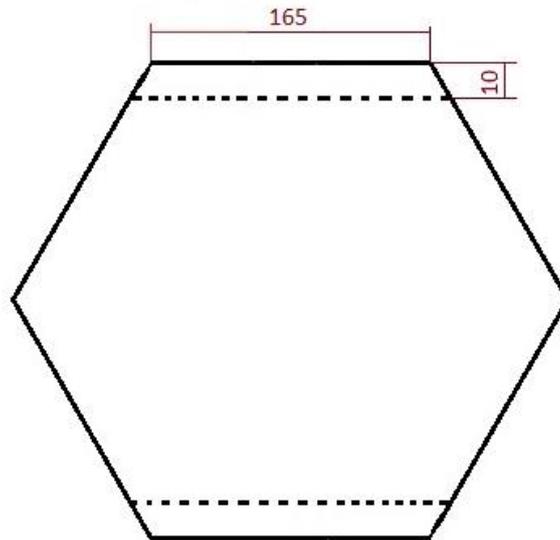
6. Cocción capa fotovoltaica.

Una vez inyectada la tinta sobre el gres, las piezas pasan a un segundo horno. Este horno trabaja a 150°C, temperatura necesaria para que la tinta reaccione químicamente y se fije a la base, a la vez que endurezca.

Para ahorrar energía, y por tanto, dinero, este proceso se alimenta con los vapores expulsados por el horno de la primera cocción, que alcanzaba los 1200°C. Estos vapores se encargarán de cocer la capa en el segundo horno.

7. Mecanizado de ranuras.

Se deberán realizar dos ranuras, una en la parte superior de la pieza y otra en la parte inferior, que servirán de railes para su colocación en los anclajes.



1.46 Vista en planta de la pieza.

Las ranuras se realizan mediante un fresado. Para este ranurado se utiliza una fresa de mango de 3 mm de diámetro para materiales no férreos. También se podría realizar mediante una fresa de disco de 20 mm de diámetro y una profundidad de pasada axial de 3 mm.

- **Estructura para fachada y anclajes.**

-Para obtener las barras de aluminio que se anclarán en la fachada, el proceso de fabricación de la estructura se realiza mediante extrusión. Concretamente para el aluminio se utiliza una extrusión en frío.

La extrusión fría se realiza a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente. La ventaja de ésta sobre la extrusión en caliente es la falta de oxidación, lo que se traduce en una mayor fortaleza debido al trabajo en frío o tratamiento en frío. El proceso garantiza una estrecha tolerancia, buen acabado de la superficie y rápida velocidad de extrusión si el material es sometido a breves calentamientos.

Una vez se ha realizado el perfil extrusionado, el siguiente paso es el mecanizado de los agujeros.

Este mecanizado se realizará mediante troquelado. Los agujeros no necesitan un gran control de tolerancias ni acabado superficial, por tanto no es necesario realizarlos mediante taladrado.

-El proceso de fabricación de los anclajes es simple. La chapa de 2 milímetros de espesor se consigue mediante laminado, el material fundido se hace pasar por unos rodillos que estirarán finamente el material, la lámina de material caliente pasa por unos rodillos mientras se enfría hasta formar la chapa dura.

Una vez conseguida la chapa, se procederá a cortarla mediante cuchillas rotativas, hasta lograr el tamaño requerido.

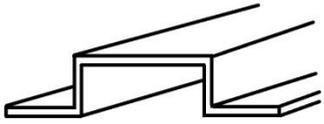
Una vez conseguido el rectángulo de 150x80 mm, se realizará el troquelado de los agujeros. La pieza sólo lleva una ranura que servirá para colocar la tornillería. Por último se procederá al doblado de las piezas. Estos doblados serán cuatro, dos hacia arriba y otros dos hacia abajo, con ello se conseguirán las cuatro pestañas para las colocarlas dentro de las ranuras del revestimiento.

Como las dobleces son de 90º, estas se podrán realizar de forma rápida mediante una matriz y presión: se coloca la chapa, una pieza maciza la aprisiona mientras la empuja hasta formar el ángulo, teniendo cuidado con la presión que se aplica a la chapa para evitar que sea cortada.

4.2 Despiece.

El número de piezas que compondrán tanto la estructura como los anclajes metálicos totales, dependerán del tamaño de la fachada, por tanto, el despiece se hará de las piezas básicas, una de cada elemento.

En la siguiente tabla se muestran las piezas que componen la fachada ventilada:

Nº (p.)	Nombre	Descripción	Imagen
1	Estructura de la fachada.	Perfil de aluminio extrusionado. 2000x100x5 mm	
2	Tornillo+taco para hormigón.	Unión para el perfil con la fachada. ANCLAJE W-HR CINCADO S D:11 M8x80	
3	Anclaje de perfil ranurado en canto.	Pieza en aluminio para la sujeción del revestimiento a la estructura. 150x80x2 mm	
4	Caucho.	Material de caucho para evitar las vibraciones entre el revestimiento y el anclaje 10x10x1 mm	
5	Tornillo autorroscante para chapas.	Tornillo autotaladrante de cabeza hexagonal con arandela estampada.	

4.3 Secuencia de montaje.

Una vez definido el producto y las piezas que serán necesarias para su correcta instalación, sólo será necesario explicar paso por paso el montaje del producto final listo para su utilización.

Todo el montaje se debe realizar en la propia fachada, no hay ningún elemento que necesite un montaje previo desde la fábrica.

La instalación en la fachada empieza por el taladrado de los agujeros. Estos agujeros se realizarán con una broca de 8 mm de diámetro y una profundidad mínima de 90 mm sobre el hormigón. La distancia entre ellos dependerá de la separación de los agujeros del perfil de aluminio (p.1), el perfil se coloca sobre la fachada y se marca el lugar donde se debe taladrar.

Una vez taladrados los agujeros, se procede a la instalación de los tacos metálicos (p.2), estos se separan del tornillo y se colocan dentro del agujero. Inicialmente no necesitan adhesivos químicos para su perfecta sujeción, ya que el tornillo expandirá el taco y causará suficiente presión en su interior como para que el soporte no caiga.

El perfil de la estructura (p.1) se coloca sobre la fachada, haciendo coincidir los agujeros taladrados con los que incorpora el aluminio. Posteriormente se introducirán los tornillos (p.2) en los agujeros taladrados de la fachada, para unir completamente la estructura al edificio.



1.62 Sujeción del perfil de aluminio mediante tornillos de cabeza hexagonal.

El siguiente paso será la colocación de los anclajes de perfil ranurado en canto (p.3). Para ello se medirá una distancia entre anclajes de 32,5 cm, que se corresponde a la altura de un revestimiento hexagonal más el tamaño del propio anclaje: 28,5 cm del soporte cerámico y 2 cm del anclaje superior más 2 cm del anclaje inferior. Estas medidas corresponderán a la distancia entre del tornillos (p.5).



1.63 Anclaje de perfil ranurado en canto instalado en la estructura.

Para la colocación de los anclajes (p.3), se utilizarán de forma directa los tornillos autorroscantes para chapas (p.5). Al incorporar una pequeña broca en la punta de cada tornillo, no se necesitarán agujeros previos, el propio tornillo se abre paso a través del perfil de aluminio (p.1) con su punta.

Una vez colocado el primer anclaje sólo bastará medir la distancia hasta el siguiente y colocar uno nuevo, y así sucesivamente hasta completar la fachada entera.

Como la ranura del revestimiento es de 3 mm de espesor pero la pestaña del anclaje es de 2 mm, hay una holgura de 1 mm que conviene controlar para evitar roturas del material. Estas vibraciones que provoca la holgura se solucionan con la colocación de un elemento de caucho (p.4) en cada una de las pestañas del anclaje (p.3). El caucho se pega sobre una pestaña mediante unas gotas de adhesivo. Este proceso también se podría realizar en la fábrica y que este submontaje ya estuviese listo al llegar al usuario.

Para finalizar, sólo habría que deslizar lateralmente las ranuras del revestimiento sobre las pestañas para su colocación y realizar la instalación eléctrica.

- Se debe añadir que el aislamiento sería lana de roca. Este elemento no aparece en el despiece, ya que, como va colocado directamente sobre el hormigón no afecta para el diseño ni para montaje, por tanto, no se ha considerado importante para la descripción.

4.4 Embalaje.

- **Revestimiento cerámico.**

Se utilizará *porexpan*, comúnmente llamado corcho blanco, con la forma en negativo de la pieza, así se absorberán los golpes causados por el transporte o manipulación. Además se evitarán roturas de los relieves. El *porexpan* tiene un elevado aislamiento térmico, una gran resistencia mecánica, una alta estabilidad dimensional, buen comportamiento frente al agua, facilidad de manipulación y es no tóxico.

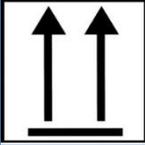
Para el transporte se utilizarán cajas de cartón corrugado. Las cajas se cerrarán mediante cinta adhesiva y fleje, así se asegura que no se abra la caja aun si falla la cinta adhesiva debido al calor o cualquier motivo ajeno.

La utilización de flejes de PP, es una seguridad económica que se debe de utilizar. Es un material limpio, 100% reciclable, de gran resistencia que evita que se abran las cajas con facilidad.

Se ha elegido una cinta de grosor 0,63 mm y ancho 12 mm. Tiene una resistencia de 1600 N.

Se debe tener en cuenta que la caja de cartón que contiene todo el producto debe ir etiquetada, además de llevar una serie de iconos que indican las características de la caja como del producto que contiene. Estos símbolos en el embalaje son importantes porque se trata de indicaciones gráficas estandarizadas para transmitir información o instrucciones que pueden entenderse sin limitaciones culturales o idiomáticas.

Estos símbolos serán los siguientes:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Frágil	Sirve para indicar que el contenido transportado es frágil y que debe ser manejado con cuidado.
	Reciclable	Indica que el material con el que está fabricado el embalaje puede ser reciclado.
	Hacia arriba	Indica que la caja debe colocarse con las flechas hacia arriba, para evitar roturas de su contenido.

- **Estructura para fachada y anclajes.**

El embalaje de estos elementos no tiene tanta importancia como el embalaje del revestimiento, ya que las piezas además de ser de aluminio serán piezas no vistas, por tanto, en caso de que se rallen durante el trayecto o manipulación no afectará a la estética del conjunto.

Igualmente para ofrecer un producto de calidad cuidada será mejor utilizar un film de plástico de burbujas, para envolver la estructura y los anclajes, así se absorberán los golpes causados por el transporte o manipulación.

Para el transporte se utilizarán cajas de cartón corrugado. Las cajas se cerrarán mediante cinta adhesiva y fleje, así se asegura que no se abra la caja aun si falla la cinta adhesiva debido al calor o cualquier motivo ajeno.

La utilización de flejes de PP, es una seguridad económica que se debe de utilizar. Es un material limpio, 100% reciclable, de gran resistencia que evita que se abran las cajas con facilidad. Se ha elegido una cinta de grosor 0,63 mm y ancho 12 mm. Tiene una resistencia de 1600 N. También se utiliza la cinta adhesiva para sellar la caja antes de flejar.

Se debe tener en cuenta que la caja de cartón que contiene todo el producto debe ir etiquetada, además de llevar una serie de iconos que indican las características de la caja como del producto que contiene. Estos símbolos en el embalaje y son importantes

porque se trata de indicaciones gráficas estandarizadas para transmitir información o instrucciones que pueden entenderse sin limitaciones culturales o idiomáticas.

Estos símbolos serán los siguientes:

Símbolo	Nombre	Descripción
	Frágil	Sirve para indicar que el contenido transportado es frágil y que debe ser manejado con cuidado.
	Reciclable	Indica que el material con el que está fabricado el embalaje puede ser reciclado.
	Caja pesada	Indica que la caja pesa, hay que tener cuidado al manejarla.

5 ANEXO



5.1 Bibliografía y otras fuentes.

-Consulta en libros y apuntes de asignaturas de Ingeniería en diseño industrial y desarrollo de productos, como:

- *Procesos de fabricación I y II*, impartida por los profesores Gracia María Bruscas y Julio Serrano.
- *Metodologías del diseño*, impartida por la profesora Elena Mulet.
- *Materiales I y II*, impartida por los profesores Iván Cervera y Raúl Izquierdo.
- *Tecnología eléctrica aplicada al producto*, impartida por el profesor Néstor Aparicio.
- *Diseño cerámico*, impartida por el profesor Miguel Bartolomé.

- Consulta en libros y apuntes de Ingeniería química:

- *Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas*. A. Barba, V. Beltrán, C. Feliu, J. García, F. Ginés, E. Sánchez, V. Sanz. ITC. 1997.
- *Tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos de la industria cerámica*. VV.AA. ITC-AICE. 1992.

- Entrevistas a profesionales del sector cerámico.

- Manuales y catálogos de tornillería.

-Normativas UNE:

- Normas de seguridad en la instalación.
- Norma para redactar la memoria (UNE157001).
- Norma para el plegado de planos (UNE 1027).
- Norma para la representación de dibujos técnicos (UNE1032).
- Norma para la acotación de dibujos técnicos (UNE1039).
- Norma para la redacción del proyecto de fin de carrera.

- Información extraída de internet:

- <http://domokyo.com/sunsalates-los-azulejos-solares/>
- <http://eliseosebastian.com/tejas-fotovoltaicas-para-techos-de-casas/>
- <https://www.fastcompany.com/1302087/sole-power-tile-makes-adding-solar-easy>
- http://www.go-green.ae/greenstory_view.php?storyid=800

- <http://www.energias-renovables.com/articulo/atersa-y-tau-ceramica-realizan-la-primera>
- <http://www.pisos.com/hogar/decoracion/interiorismo/paredes-y-suelos/ceramica-fotovoltaica-para-fachadas-y-suelos/>
- <http://interiores.com/llega-el-primer-suelo-ceramico-fotovoltaico/>
- <http://blog.is-arquitectura.es/2011/10/25/debris-azulejos-con-material-porcelanico-reciclado-de-escombros/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/LEED>
- <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/energia-solar-instalada-2/>
- <http://www.cosasdearquitectos.com/2014/06/el-hexagono-ceramico-en-la-arquitectura/>
- <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aluminio&moneda=eur>
- http://asociacion3e.org/img/11a3e_1365676865_a.pdf
- <http://www.indexfix.com/>
- <http://www.wurth.es/>
- <http://www.indexal.com/?q=node/32>
- <http://www.clickrenovables.com/>
- <http://www.jazzstone.com/>
- http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2010/11/04/196893.php
- <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>
- <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2008/10/solar-paint-on-steel-could-generate-renewable-energy-soon-53714.html>
- <http://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/09/06/mitsubishi-desarrolla-un-spray-de-celulas-fotovoltaicas-para-generar-electricidad-sobre-cualquier-superficie/>
- <http://silicer.com/wp-content/uploads/2014/06/Documento-tecnico-Varillas-Anclaje-Puntual.pdf>
- <http://www.fachadasdelnoroeste.com/>
- <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/>
- <http://es.enfsolar.com/>
- <http://www.enersol.es/>
- http://www.energia.uji.es/instalacions.php?q=invest_2
- <https://www.focuspedra.com/>
- <http://www.energias-renovables.com/>
- <https://www.facebook.com/notes/%C3%BAnetealplaneta-jointheplanet/tejas-solares-para-todos-los-gustos-tu-energ%C3%ADa-renovable-para-ayudar-al-planeta/424328824286445>

- <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico
- http://www.altenergymag.com/content.php?post_type=2410
- <http://www.nanoflexpower.com>
- http://www.durst.it/media/Glass_Decoration-IX20502-ES.pdf
- http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1256137
- <https://energeticafutura.com/blog/nano-tinta-de-silicio-nuevas-celulas-fotovoltaicas/>
- <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/>
- <http://www.energias.bienescomunes.org/2013/04/10/spectrolab-record-de-eficiencia-para-paneles-solares-sin-concentrador/>
- <http://www.ensol.no/r&d.htm>
- <http://www.eco2site.com/>
- <http://www.elp.uji.es/>
- <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jz4003923>
- <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl404252e>
- <http://blog.is-arquitectura.es/2016/07/14/solar-skin-paneles-solares-personalizados/>
- <http://solargis.info/imaps/>
- <http://www.butech.net/>
- <http://blog.is-arquitectura.es/2010/10/26/pavimento-solar-de-porcelanosa/>
- <http://elperiodicodelaenergia.com/la-uji-desarrolla-una-celula-solar-mas-eficiente-y-economica/>
- <https://energeticafutura.com>
- <http://tendencias21.net>
- <http://www.energiafotovoltaica.ws>
- <http://www.solisclima.es>
- <http://www.eco-tel.com>
- <http://www.motherearthnews.com>
- <http://www.sbfijaciones.com>
- <http://www.kerajet.com>

-Videos:

- <https://www.youtube.com/watch?v=ncC-qGsWvAY>
- https://www.youtube.com/watch?v=Ry02MxKDI_Q
- <https://www.youtube.com/watch?v=ChBmoPUnMhI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nliUsVK2jcs>

5.2 Programas utilizados para la realización del proyecto.

1. AUTOCAD: realización de planos técnicos.
2. 3D STUDIO MAX: realización de piezas y renders.
3. ADOBE ILLUSTRATOR: realización y/o modificación de dibujos explicativos.
4. ADOBE PHOTOSHOP: realización de ambientaciones y modificación de fotografías.