

la incorporación de la energía solar al proyecto arquitectónico



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

ISBN:978-84-692-2789-3

Depósito Legal:.....

Dirección Técnica y Edición:

Agencia Andaluza de la Energía

Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa

Redacción:

David Cañavate Cazorla

M^aJesús Pérez-Solano Valdazo y

Mónica Sánchez Astillero (Agencia Andaluza de la Energía)

Impresión:

Gráficas Díaz Acosta

Documento disponible en Internet:

www.agenciaandaluzadelaenergia.es

Agencia Andaluza de la Energía

Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa

Junta de Andalucía

C/Isaac Newton, nº6 - 41092 Isla de la Cartuja. Sevilla

Tel. 954 78 63 35 Fax: 954 78 63 50

informacion.aae@juntadeandalucia.es

www.agenciaandaluzadelaenergia.es

En los últimos años, la situación energética y los problemas de contaminación ambiental han originado una preocupación general por el uso de energías convencionales, tanto a nivel gubernamental como entre los ciudadanos. Esto ha propiciado el impulso y desarrollo de actuaciones de investigación y desarrollo, promoción e implantación de tecnologías renovables, en búsqueda de un modelo energético sostenible.

Actualmente, las tecnologías renovables están ampliamente desarrolladas en Andalucía y han demostrado que son tecnologías viables técnica y económicamente en muy diversas aplicaciones. Entre este tipo de tecnologías renovables se encuentra la energía solar, a partir de la cual es posible obtener energía térmica y eléctrica.

Para llegar al escenario actual, en Andalucía se han realizado desde 1993, programas pioneros en España y Europa de ayudas a la inversión para la promoción de instalaciones de energía solar, así como acciones destacadas en I+D+i y medidas de regulación y normalización.

Andalucía cuenta con un recurso solar privilegiado, que ha favorecido el paso de un mercado potencial a un mercado desarrollado y consolidado en energía solar. Así, en los últimos años, la Comunidad Autónoma goza de una posición destacada a nivel nacional al contar con más del 30 % de la superficie total instalada de energía solar térmica en España, y con las primeras centrales solares termoeléctricas en funcionamiento a nivel comercial en Europa, tanto de tecnología de torre, como de colectores cilindro parabólicos.

La Junta de Andalucía ha querido enfatizar el impulso del uso de la energía solar, mediante la creación de instrumentos como la Ley 2/2007, de 27 de marzo, de Fomento de las Energías Renovables y del Ahorro y Eficiencia Energética en Andalucía, y el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER), que condicionarán sin duda el marco en el que se desarrolle la energía solar en la región en los próximos años.

Si bien, es destacable, la relevancia de la publicación del Código Técnico de la Edificación en marzo de 2006, que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones, buscando que el sector de la edificación se adapte a la estrategia nacional de sostenibilidad económica, energética y medioambiental. Esta normativa exige la incorporación de instalaciones solares térmicas y fotovoltaicas en edificios de nueva construcción, y en rehabilitaciones, lo cual supone el empuje definitivo.

La Agencia Andaluza de la Energía realiza esta publicación con objeto de dar un paso más en el impulso de la energía solar en edificios, teniendo en cuenta la necesaria integración de sus componentes en el proyecto arquitectónico. Así, se centra en destacar aspectos generales sobre la integración arquitectónica de las tecnologías solares en la edificación, y en aportar las claves para concebir la instalación solar como una instalación más en el diseño del edificio, facilitando la incorporación de la energía solar en el proyecto arquitectónico.

Francisco José Bas Jiménez
Director General



Introducción. La Energía Solar en la Edificación



Energía Solar Térmica



Energía Solar Fotovoltaica



Normativa Vigente



Casos Prácticos



Introducción. La Energía Solar en la Edificación





El Porqué de la Energía Solar en la Edificación

La Energía Solar lleva un largo camino recorrido. En los años 70 y 80, al dispararse los precios de la energía por la crisis del petróleo, se propusieron, a nivel internacional, diversos programas de I+D relacionados con las nuevas tecnologías solares, posteriormente se firmó el Protocolo de Kioto en 1997, y se pusieron en marcha diversas estrategias dirigidas al cumplimiento de este acuerdo. En concreto, en España, tanto a nivel nacional como regional, surgieron iniciativas para incentivar la utilización de Energías renovables, además de normativas que para regular la incorporación de Energía Solar en los edificios.

Desde entonces, la tecnología solar, en sus diversas variantes, ha sido ampliamente desarrollada, especialmente en Andalucía, así como demostrada la viabilidad técnica y económica de la misma en el campo de la edificación.

Es por tanto, una realidad la bondad y conveniencia de uso de las llamadas Energías Renovables en general, y de la Energía Solar en particular, en el sector de la edificación. Por lo que la Junta de Andalucía con esta publicación pretende destacar aspectos generales sobre la integración arquitectónica de las tecnologías solares, sin ahondar en sus cualidades energéticas ya demostradas.





La utilización de la Energía Solar en los edificios ha pasado de ser una esperanza, a una realidad, con la que los agentes del sector de la edificación tienen que convivir. Por lo que es necesario fomentar la reflexión sobre lo que implica este uso en el ámbito de la arquitectura, aportando las claves para su integración como una instalación más en el diseño del edificio.

La integración de las Instalaciones de Energía Solar en los Edificios

Conforme se ha ido popularizando el uso de la Energía Solar en los edificios, se ha generado un falso debate en torno al impacto visual de este tipo de instalaciones.

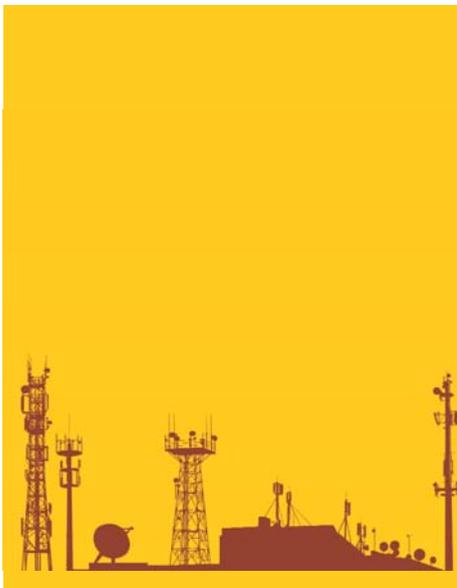
Falso, porque si bien es cierto que desde el punto de vista visual gran parte de las instalaciones solares ejecutadas han sido ajenas al contexto en el que se colocaban, incluso ajenas al propio edificio en el que se insertaban, esta situación no ha sido producto de las características específicas de las instalaciones solares, sino de la falta de información constructiva de estas tecnologías y de la ausencia de un marco legal y normativo que regulara adecuadamente su uso.

En la mayoría de los casos esta incorporación se ha llevado a cabo una vez que el edificio ha estado construido, y no en fase de proyecto. Por tanto, la instalación aparecía como un añadido, un elemento ajeno al soporte. Pero esto no ha ocurrido sólo con las instalaciones solares, sino con cualquier tipo de elemento que no haya sido integrado en fase de diseño. Ejemplo de esto lo tenemos en cualquiera de nuestras ciudades cuando observamos fachadas de edificios repletas de aparatos de aire acondicionado, antenas parabólicas, etc.

A partir de la aprobación de las normativas locales y nacionales que definen las condiciones en las que estas instalaciones deben incorporarse a los edificios, esta situación ha cambiado, y las instalaciones solares deben ser planteadas obligatoriamente en

fase de diseño del edificio. Aparece, por tanto, la figura del Arquitecto como el agente que tendrá el papel de integrar las instalaciones solares en el edificio, como una instalación más del mismo.

Con proyectos como el Centro de Arte Contemporáneo Georges Pompidou, en París, los arquitectos Richards Rogers y Renzo Piano demostraron que es posible utilizar las instalaciones, que normalmente eran compositivamente secundarias en la edificación, como elementos de composición visual de primer orden.



Cada proyecto, por tanto, determinará sus estrategias compositivas, y de ellas se derivarán las fórmulas para la incorporación de las instalaciones de energía solar en un edificio. Ya sea ocultando estas, dándoles relevancia visual, asignándoles un rol de elemento constructivo, o dejándolas en su papel inicial de instalación energética, lo importante será lograr una adecuación entre las distintas configuraciones que utilizan estas instalaciones y el concepto global del edificio. El estudio de esta adecuación, como no podía ser de otro modo, es una parte indispensable del trabajo del arquitecto.





1



Herramientas de Diseño

Para que realmente sea posible que las tecnologías solares incorporadas al edificio se adapten al concepto compositivo previo que haya determinado el arquitecto, es necesario un conocimiento del marco técnico y legal que las regula, sin tratar de llegar a ser un especialista en energía solar.

Es importante conocer qué tecnologías solares están actualmente disponibles en el mercado, centradas en las instalaciones de energía solar que son más aplicables a los edificios: energía solar térmica para agua caliente sanitaria o climatización, y energía solar fotovoltaica para conexión a red.

También es necesario conocer cuales son los límites funcionales de las mismas.

El proyecto arquitectónico se define como una especie de negociación, un compromiso entre diferentes tecnologías y parámetros constructivos al servicio de un elemento superior (el edificio). Como en cualquier negociación para un óptimo resultado final es fundamental que todas las partes cedan un poco, pero no tanto como para que alguna de las partes no se sienta satisfecha con el acuerdo. Del mismo modo, en el diseño de un edificio todas las partes que lo integran están interrelacionadas, siendo muy difícil que cada una de ellas pueda ser diseñada sin tener en cuenta a las otras.

En el caso de las instalaciones solares aplicadas a la edificación, el diseño del edificio debe atender tanto a la optimización del rendimiento de estas instalaciones como al

aspecto visual e integración de las mismas en el propio edificio, teniendo que llegar a ese compromiso que permita que el resultado global, es decir, el edificio, sea el más adecuado desde todas las perspectivas posibles. De ahí que sea tan importante conocer los márgenes de diseño de estas tecnologías.

También es fundamental conocer el marco técnico-legal, con especial atención al Código Técnico de la Edificación, que marca la obligatoriedad de uso de las instalaciones solares en los edificios. Y conocer en qué supuestos es obligatorio, y en qué condiciones.

Finalmente, la descripción de una serie de casos prácticos, en los que las tecnologías solares han sido planteadas como una parte más del concepto integral del edificio, reflejan los resultados obtenidos por algunos arquitectos en Andalucía.



Energía Solar Térmica



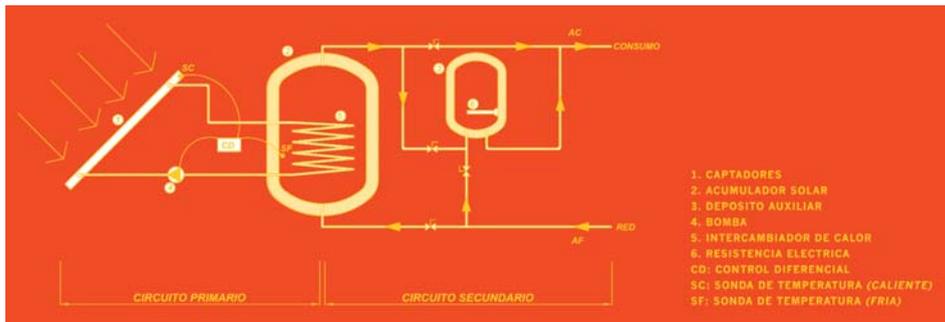


Captadores Solares. Tecnologías y Variables de Diseño

Las instalaciones de energía solar térmica se caracterizan por utilizar la radiación solar para lograr el aumento de temperatura de un fluido. Dependiendo de la temperatura de trabajo se pueden distinguir tres tipos de sistemas de energía solar térmica: baja temperatura (temperatura inferior a los 100°C), media temperatura (entre los 100°C y los 350°C) y alta temperatura (temperaturas superiores a los 350°C).

Los sistemas más utilizados en la edificación son los de baja temperatura, ya que los usos a los que se destinan no exigen una temperatura mayor. Las aplicaciones más comunes en edificación de estos sistemas solares son:

- Producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.)
- Calefacción por Suelo Radiante.
- Calentamiento de Piscinas.
- Agua Caliente para Usos Industriales.



También se están llevando a cabo algunas experiencias de climatización solar, con máquina de absorción.

Una instalación solar térmica se compone principalmente de 3 subsistemas:

Subsistema de Captación:

Formado por uno o varios captadores que transforman la radiación solar incidente en energía térmica calentando así el fluido de trabajo.

Subsistema de Acumulación:

Constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precise su uso.

Subsistema de Energía Auxiliar:

Adicionalmente se dispone de un sistema de energía auxiliar que se utiliza para complementar el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista.

Sin embargo la característica específica de las instalaciones solares que las diferencia de otro tipo de instalaciones se encuentra en la necesidad de soleamiento de los captadores solares. Esto hace que en muchos casos los captadores sean elementos visibles del edificio, y por tanto que sea conveniente integrarlos en el diseño del mismo.

Para ello es necesario conocer cuales son los límites funcionales de estos captadores. Es importante conocer tanto las principales tecnologías existentes como la posibilidad de jugar con los márgenes de funcionamiento, y las variaciones de rendimiento que producen, con el fin de llegar a soluciones consensuadas entre diseño integrado y rendimiento de la instalación.

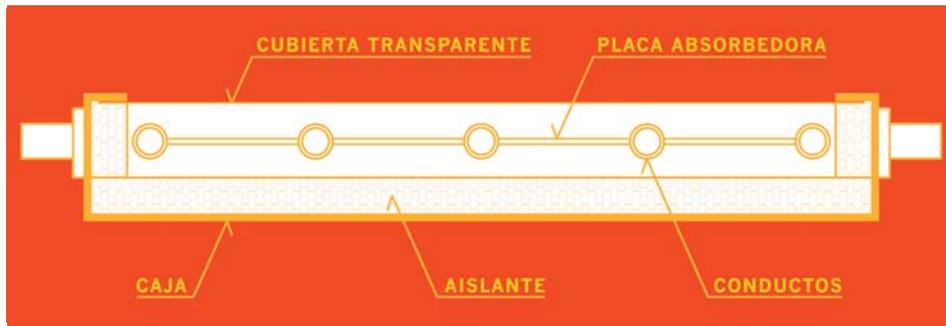
Los dos tipos de captadores de mayor aplicación en el sector de la edificación son: El Captador Solar Plano y El Captador de Tubo de Vacío.

El Captador Solar Plano

Componentes

Un captador solar plano se compone de los siguientes elementos:

- **Cubierta Transparente:** Normalmente de vidrio, a través del cual se produce el efecto invernadero reforzando el efecto de absorción térmica.
- **Placa absorbidora:** Suele ser metálica y posee un recubrimiento especial para optimizar la absorción de la radiación solar.
- **Aislante:** En la parte posterior para evitar en lo posible las pérdidas térmicas.
- **Conductos:** Por los que circula el fluido que transporta la energía térmica conseguida.
- **Caja:** Normalmente de aluminio, que contiene el conjunto.

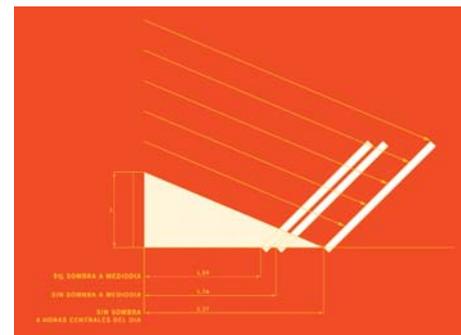
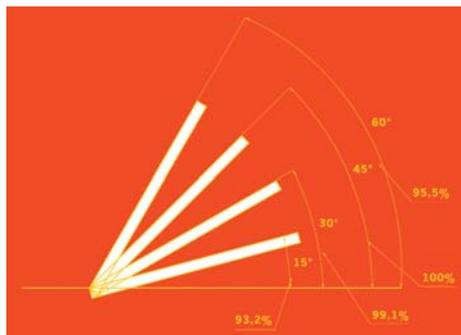
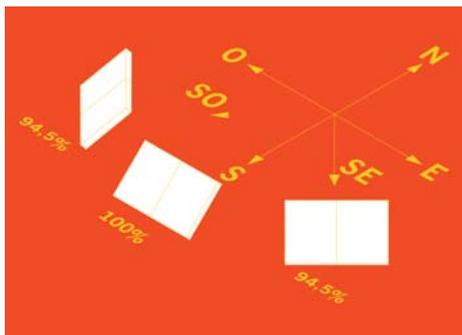


Características

Existen en el mercado diversos tipos de captadores solares planos con diferentes características, pero a modo orientativo podemos decir que sus dimensiones suelen oscilar entre los 0,80 – 1m de ancho por 2 – 2,5m de alto con un grosor de aproximadamente 10cm y un peso en funcionamiento cercano a los 50 Kg.

Podemos encontrar captadores para utilizar tanto vertical como horizontalmente, aunque esto dependerá del modelo del fabricante.

Límites Funcionales



Los principales límites funcionales asociados a la integración de los captadores solares planos en el edificio son:

Orientación:

La orientación óptima de los captadores para el funcionamiento de la instalación es el Sur. Sin embargo, desviaciones inferiores a los 45° no afectan en exceso al rendimiento. En concreto, si con una orientación Sur obtenemos el valor máximo de rendimiento de la instalación (100%), con orientación Sur+ 45° obtendríamos rendimientos de 94.5%. Es decir, respecto del rendimiento máximo una desorientación inferior a 45° supone una pérdida menor del 5%.

Inclinación:

La inclinación más idónea para obtener un máximo rendimiento de la instalación es la latitud del lugar más 10° (en el caso de Andalucía y de forma genérica 45°). Sin embargo variaciones de $\pm 15^\circ$ no afectan en exceso al rendimiento de la instalación. En concreto, si en Andalucía una inclinación de 45° respecto a la horizontal es la más óptima para una demanda de uso de la instalación continua en todo el año, con una inclinación de 30° se obtendría una minoración en el rendimiento del 1%, y con una inclinación de 60° del 5%. Cuando se desee potenciar el aporte solar en invierno la inclinación más adecuada tiende a ser próxima a 60° , y cuando la demanda en verano es sensiblemente superior a la demanda en invierno es conveniente que se tienda a los 30° .

Sombras:

Los captadores necesitan estar ubicados en un lugar de máxima insolación, por lo que es fundamental evitar las sombras arrojadas sobre los mismos. Como dato de referencia podemos decir que un obstáculo de 1 metro de altura produce una sombra arrojada de más de 2 metros durante las 4 horas centrales del día en invierno.

Configuraciones

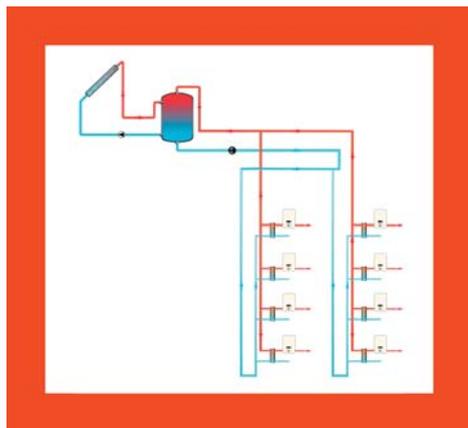


Figura – Instalación centralizada con contadores de agua y energía por vivienda.

Las instalaciones solares térmicas se pueden diseñar con diferentes configuraciones, permitiendo así la adaptación a los requerimientos técnico-administrativos de los edificios. Desde el punto de vista del mejor rendimiento de las instalaciones, una configuración centralizada tanto en el campo de captación como en la acumulación resulta más adecuada.

En edificios multiviviendas, cuando no se opta por centralizar el consumo de agua caliente sanitaria, se pueden emplear configuraciones en las se centraliza, al menos, el

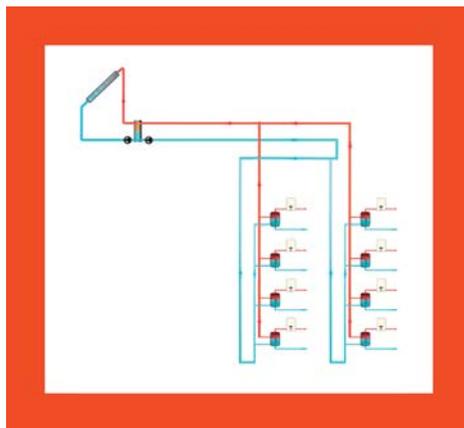


Figura – Esquema de acumulación distribuida.

campo de captación y los circuitos hidráulico de transferencia térmica, y se individualiza el consumo de agua. Es el caso de las configuraciones de acumulación distribuida y la de intercambiadores individuales.

En lo que respecta a la colocación de los captadores todas las opciones anteriores son equivalentes, ya que el campo de captación es centralizado.

En determinados casos, por ejemplo en el caso de un número reducido de viviendas en un edificio, la opción de individualizar por

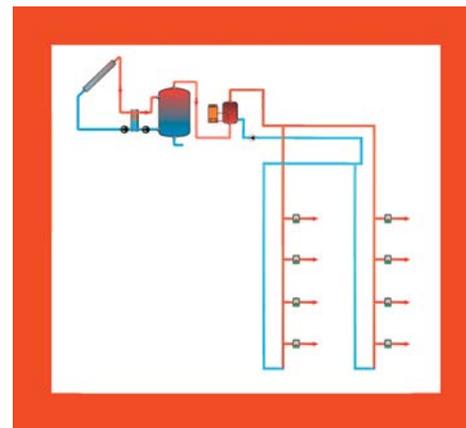


Figura – Instalación de intercambiadores individuales por usuario.

completo la instalación solar puede ser interesante. No obstante, en edificios multifamiliares en general debería ser la última opción ya que la integración de estos sistemas es la más difícil, y el rendimiento global suele ser inferior al de la alternativa de instalación solar centralizada.

Aunque las posibilidades de integración de este tipo de tecnologías en los edificios son numerosas, a modo de ejemplo se muestran algunas:

Cubiertas:



4



5



Fachadas:



6



7



El Captador de Tubo de Vacío

Componentes

El captador de tubo de vacío está formado por varios tubos solares que transforman la radiación solar en energía térmica útil. Los tubos van insertados en el colector por donde circula el fluido solar y que actúa de intercambiador de calor. Cada uno de los tubos se forma a su vez por los siguientes componentes:

- Tubo de vacío: el absorbedor se encuentra en el interior de un tubo de vidrio en el que se hace el vacío para lograr así su aislamiento.
- Absorbedor con tratamiento superficial: maximiza la absorción de radiación solar y evita las pérdidas de calor por radiación.
- Tubo de calor de cobre con fluido de trabajo.

Características

Las dimensiones de los captadores de tubo de vacío suelen oscilar entre los 1,30 – 2m de ancho por 2 – 2,5m de alto con un grosor de aproximadamente 7cm de los tubos y un peso en funcionamiento cercano a los 50 kg.

También en este caso podemos encontrar captadores para utilizar tanto vertical como horizontalmente, aunque esto dependerá del modelo del fabricante.



Límites Funcionales

Los principales límites funcionales asociados a la integración de los captadores solares de tubo de vacío planos en el edificio son:

Orientación: También en este caso la orientación óptima de los captadores para el funcionamiento de la instalación es el Sur. No obstante, desviaciones inferiores a 45° no afectan en exceso al rendimiento.

Inclinación: La principal ventaja de algunos modelos de captador de tubo de vacío, frente a los captadores solares planos es que los primeros pueden instalarse con diversas inclinaciones sin que esto afecte a su rendimiento, ya que el absorbedor que se encuentra en el interior de los tubos puede girarse adoptando la inclinación óptima independientemente de la posición del captador.

Sombras: Desde el punto de vista de sombreadamiento las consideraciones que se han mencionado con respecto al captador solar plano son válidas para el de tubo de vacío.

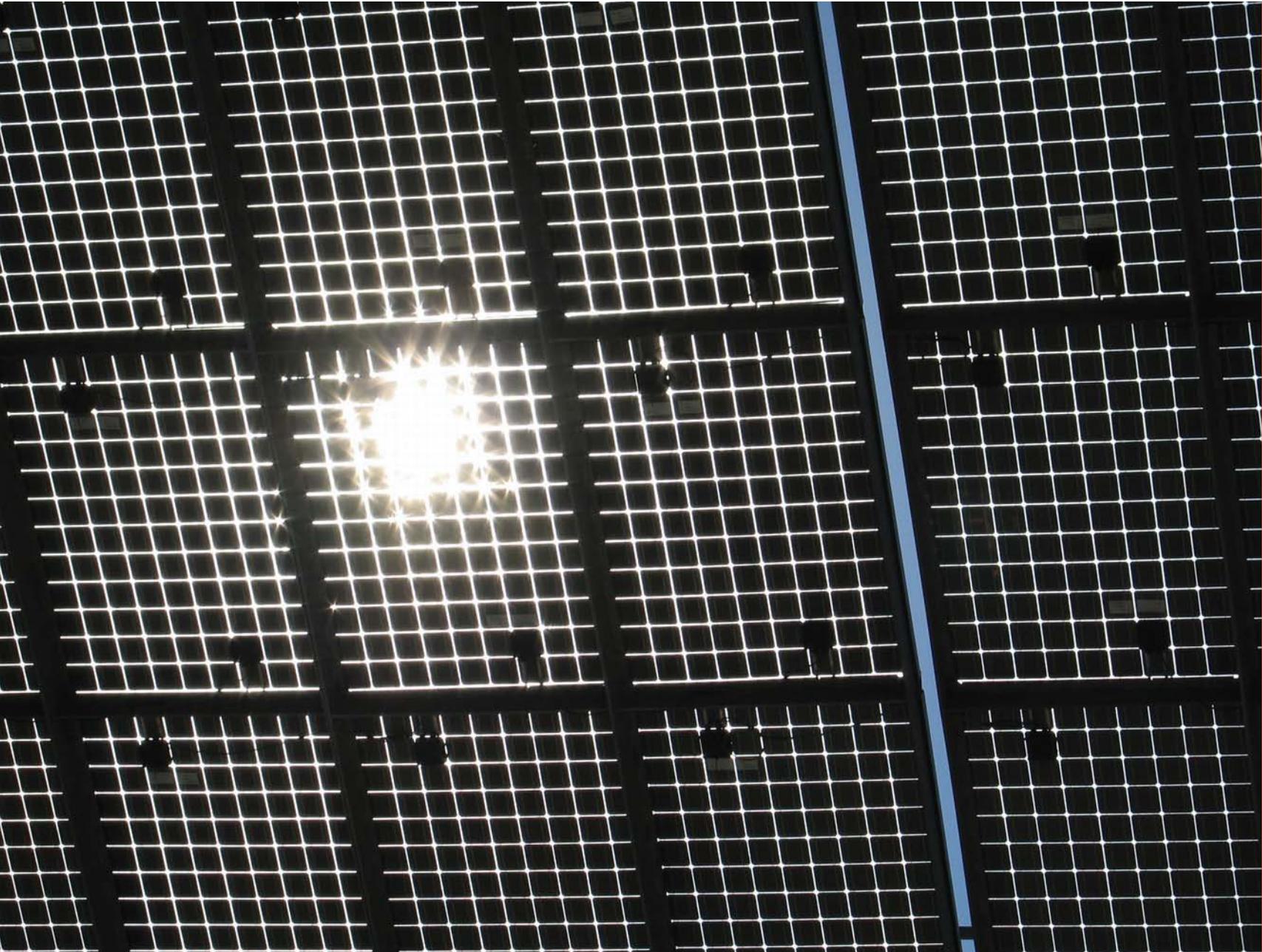
Configuración: Se pueden aplicar los mismos conceptos explicados para el captador solar plano. En general, los captadores de tubo de vacío tienen mejor rendimiento sobre todo cuando se desean alcanzar temperaturas elevadas en climas fríos. Otro aspecto a destacar es que requieren mayor delicadeza en su montaje y mantenimiento.

Las aplicaciones de este tipo de captadores en edificios son similares a las de los captadores planos:



Energía Solar Fotovoltaica







Módulos Fotovoltaicos. Tecnologías y Variables de Diseño

Las instalaciones de energía solar fotovoltaica transforman la radiación solar en electricidad, gracias a las propiedades de los materiales semiconductores que utilizan, las denominadas células fotovoltaicas.

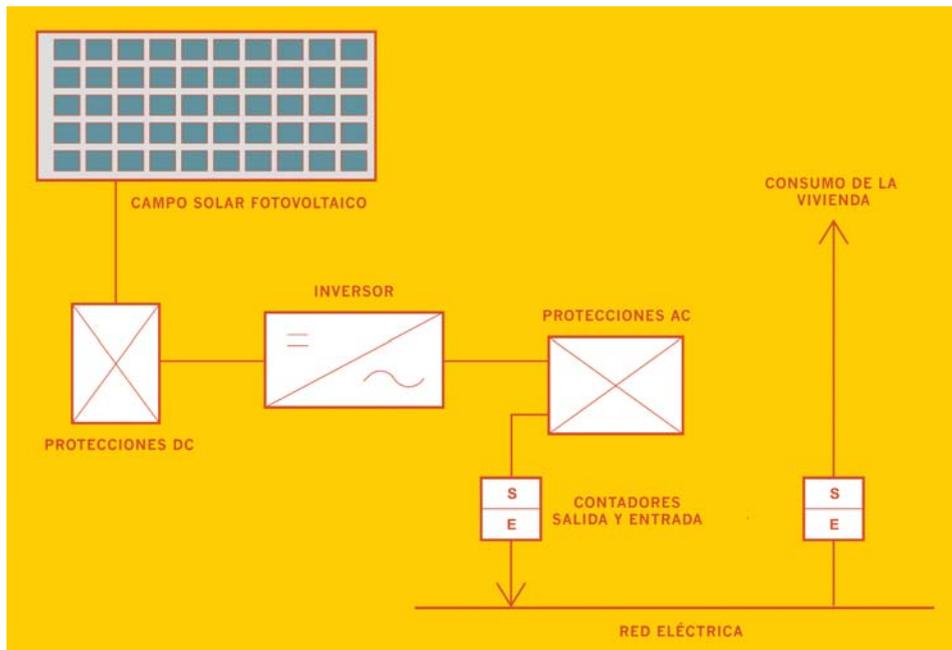
Existen básicamente dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica, en las que la energía que se genera se almacena en baterías y se utiliza en el momento que sea necesario. Estas instalaciones se utilizan generalmente en zonas en las que no existe posibilidad de conexión a la red eléctrica convencional, para electrificar casas, aplicaciones agrícolas-ganaderas, etc.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica, en las que la energía eléctrica generada no se consume sino que se “vende” a la compañía suministradora de electricidad, contribuyendo a la generación de electricidad limpia y obteniendo un beneficio económico por ello. Estas instalaciones pueden realizarse a modo de centrales eléctricas fotovoltaicas, generalmente de potencias superiores a los 100 kW, o integradas en edificios dotando así al edificio de un carácter singular y respetuoso con el medio ambiente. Dado que esta publicación se dedica a la aplicación de la energía solar en edificios este apartado se centrará en este tipo de instalaciones.





Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red



Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red tienen una característica fundamental de partida, el dimensionado de las mismas no depende de las necesidades de consumo eléctrico del edificio, ya que este consumo es abastecido directamente desde la red convencional.

Estas instalaciones son pequeñas centrales de producción eléctrica, que vierten energía eléctrica "verde" a la red saneando a la

misma, reduciendo la emisión de CO₂ a la atmósfera y generando un beneficio económico por la venta de la energía eléctrica producida.

Por tanto, el dimensionado de estas instalaciones dependerá en mayor medida de aspectos como la inversión inicial a realizar, el beneficio económico esperado en el tiempo, o la superficie disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.

Los principales componentes de una instalación fotovoltaica conectada a red son:

Sistema de Generación Fotovoltaica:

Transforma la radiación solar incidente en energía eléctrica (módulos fotovoltaicos).

Inversor:

Adecua la corriente continua producida por los módulos fotovoltaicos a corriente alterna con las mismas características que la de la red eléctrica convencional.

Contador:

Mide la energía producida y enviada a la red eléctrica convencional.

Al igual que en el apartado de energía solar térmica, esta sección se centrará en el módulo fotovoltaico, al ser el elemento más característico de este tipo de instalaciones, y el que se ha de tener más en cuenta a efectos de integración arquitectónica. Se describirán las tecnologías disponibles así como los límites funcionales de las mismas.



Sistemas de Generación Solar Fotovoltaica

Los sistemas de generación solar fotovoltaica pueden clasificarse atendiendo al material semiconductor que utilizan, así como a la tecnología de fabricación en que se basan.

La materia prima más utilizada hasta el momento para la fabricación de módulos fotovoltaicos es el silicio. Dependiendo de la estructura interna del mismo pueden distinguirse tres tipos:

- Silicio Monocristalino:

Es un buen semiconductor, por lo que es, de los tres, posee una mayor eficiencia. También es el que tiene un proceso de fabricación más caro.

- Silicio Policristalino:

Su fabricación es más ventajosa en costes, pero al solidificarse el material se forman estructuras de cristal de diversos tamaños, en cuyos bordes surgen defectos. Estos defectos del cristal causan una menor eficiencia de las células fotovoltaicas.

- Silicio Amorfo:

El silicio amorfo, a diferencia de los anteriores, no tiene estructura cristalina. Está formado por capas delgadas sucesivas, por lo que es más económico que los anteriores, pero a su vez el que da una eficiencia más baja.

Desde el punto de vista de la tecnología de fabricación podemos distinguir dos tipos de células fotovoltaicas:

- Células Cristalinas:

Son células de silicio cristalino (mono o policristalino) se obtienen a partir de un lingote cilíndrico de silicio dopado con boro y que es recuadrado hasta obtener un prisma cuadrangular. Éste es cortado en rebanadas finas (0.3mm de espesor, más o menos) que se conectan entre si formando el módulo fotovoltaico. Esta tecnología está muy extendida.

- Capa fina:

Se denominan así cuando se aísla una capa activa fotovoltaica sobre cristal u otro material de sustrato. Los grosores de las capas son inferiores a $1 \mu\text{m}$ (grosor de un cabello humano: $50\text{-}100 \mu\text{m}$), de modo que los costes de producción son menores debido a los costes inferiores del material. La eficiencia de las células de capa fina es, no obstante, muy inferior a la de los tipos de células cristalinas. La capa fina es suele ser adaptable a distintas superficies, lo que resulta ventajoso para la integración arquitectónica.





Límites Funcionales en la Integración de Energía Solar Fotovoltaica en Edificios

Como ya se ha comentado anteriormente, el dimensionado de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red no depende de las necesidades de consumo del edificio, ya que este consumo está asegurado desde la red convencional, por lo que los límites de funcionamiento de este tipo de instalaciones pueden ser más flexibles que en las instalaciones solares térmicas.

En términos generales, la orientación e inclinación que dan un máximo rendimiento a los módulos fotovoltaicos en Andalucía son:

Orientación: Sur
Inclinación: 35°

Sin embargo, estos valores óptimos pueden ser modificados dentro de unos márgenes sin que invaliden el funcionamiento de la instalación solar. Estas variaciones implicarán sin embargo una disminución de rendimiento en la instalación, es decir, la necesidad de una mayor superficie de captación para una misma producción eléctrica.

Los requisitos de superficie disponible para la ubicación de una instalación fotovoltaica, se centran básicamente en la superficie requerida para los módulos fotovoltaicos, el resto de componentes: inversores y cuadros eléctricos requieren espacios mínimos.

En términos generales la relación existente entre la potencia fotovoltaica de la instalación y la superficie de captación de los módulos fotovoltaicos es de aproximadamente **150 Wp/m²**.

Inclinación 30°			
	Orientación	Desviación (°)	Variación Irradiación Solar (%)
	Sur	0°	100%
	Suroeste	+45°	95%
	Oeste	+90°	83%
	Sureste	-45°	95%
	Este	-90°	83%
	Inclinación 45°		
	Orientación	Desviación (°)	Variación Irradiación Solar (%)
	Sur	0°	100%
	Suroeste	+45°	95%
	Oeste	+90°	79%
	Sureste	-45°	95%
	Este	-90°	79%
	Inclinación 60°		
	Orientación	Desviación (°)	Variación Irradiación Solar (%)
	Sur	0°	100%
	Suroeste	+45°	95%
	Oeste	+90°	77%
	Sureste	-45°	95%
	Este	-90°	77%
	Inclinación 90°		
	Orientación	Desviación (°)	Variación Irradiación Solar (%)
	Sur	0°	100%
	Suroeste	+45°	99%
	Oeste	+90°	83%
	Sureste	-45°	99%
	Este	-90°	83%



Módulos de Células Cristalinas

Las células cristalinas que forman los módulos fotovoltaicos son unas obleas de 10x10cm aproximadamente, que normalmente son montadas y conectadas en el interior de un marco, con un vidrio en la cara anterior y un material plástico en la posterior, quedando así protegida y aislada de la intemperie. Esta es la configuración de la mayor parte de los módulos fotovoltaicos que se encuentran en el mercado.

Sin embargo, este tipo de células pueden ser encapsuladas de diversas formas para

una mayor integración en edificios, como por ejemplo entre dos láminas de vidrio, dando lugar a un tipo de módulo denominado "vidrio-vidrio". La ventaja de este tipo de módulos es que permiten el paso de la luz tamizada entre las células cristalinas, produciendo un "efecto celosía", lo que favorece su integración en el edificio, aumentando las posibilidades de aplicación. Generalmente, este tipo de módulos vidrio-vidrio, tienen un menor aprovechamiento en términos de potencia/m² que un módulo

convencional para la misma superficie de captación, ya que el espacio destinado a las células fotovoltaicas suele ser menor con el fin de dejar pasar más luz a través del módulo.

La distancia entre las células fotovoltaicas, y por lo tanto la existencia de huecos transparentes entre ellas, determinará el mayor o menor aprovechamiento energético de la superficie ocupada por los módulos.



Aunque las posibilidades de integración de este tipo de tecnologías en los edificios son numerosas, a modo de ejemplo se muestran algunas:

Fachadas:



8

Muros cortina:



9



10

Lamas:



11



12



Cubiertas:



Parasoles:



13

Lucernarios:



14

Pergolas:



15

Módulos de Células de Capa Fina



16

Los módulos que utilizan este tipo de células fotovoltaicas tienen varias ventajas desde el punto de vista de la integración en los edificios, sobre los de células cristalinas.

Por un lado, estas células tienen un espesor tan bajo que son semitransparentes. Por ello, cuando las células se montan sobre dos capas de vidrio el resultado es un vidrio semitransparente, de textura visual muy uniforme. Si a esto le unimos la posibilidad de utilizar células de diferentes colores tenemos un elemento arquitectónico de gran valor estético.



Por otro lado, las células de capa fina pueden ser encapsuladas en diversos tipos de soporte, incluyendo soportes flexibles. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es el montaje de este tipo de células sobre membranas poliméricas. El resultado es una membrana impermeabilizante que puede ser utilizada en cubiertas como elemento de protección al agua del edificio, además de producir electricidad gracias a la incorporación de las células fotovoltaicas.

Este tipo de células también destaca por su buen funcionamiento en condiciones de luz

difusa (días nublados) y a temperaturas elevadas, lo que supone otra ventaja sobre las células cristalinas.

Sin embargo, en términos globales, el rendimiento de las células y módulos de capa fina es inferior al de los cristalinos, por lo que son menos adecuados en situaciones en las que la maximización de la producción eléctrica sea la principal condición a satisfacer.



Normativa Vigente



El Código Técnico de la Edificación (CTE)

El Código Técnico de la Edificación, publicado en el Real Decreto 314/2006, supone la superación y modernización del hasta entonces vigente marco normativo de la edificación en España, regulado por el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, que estableció las Normas Básicas de la Edificación, como disposiciones de obligado cumplimiento en el proyecto y la ejecución de los edificios.

El Código Técnico de la Edificación, en adelante CTE, es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, en relación a cada uno de los requisitos básicos de "seguridad estructural", "seguridad en caso de incendio", "seguridad de utilización", "higiene, salud y protección del medio ambiente", "protección contra el ruido" y "ahorro de energía y aislamiento térmico", establecidos en el artículo 3 de la Ley de Ordenación de la Edificación, y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.

Gracias al desarrollo del Documento Básico dedicado al "Ahorro de Energía" (DB-HE) esta nueva normativa contribuye de manera decisiva al desarrollo de las políticas en materia de sostenibilidad, y se convierte en instrumento de compromiso de largo alcance en materia medioambiental. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y requiriendo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energías renovables.

El Documento Básico "Ahorro de Energía" (DB-HE) establece cinco exigencias básicas que deben cumplir los edificios:

Exigencia básica HE 1:

Limitación de demanda energética.

Exigencia básica HE 2:

Rendimiento de las instalaciones térmicas.

Exigencia básica HE 3:

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Exigencia básica HE 4:

Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Exigencia básica HE 5:

Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria

A partir de la entrada en vigor del CTE, en los edificios de cualquier uso con previsión de demanda de agua caliente sanitaria o de climatización de piscina cubierta, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

La contribución solar mínima exigible a los edificios variará entre el 30% y el 70% de la demanda energética anual, en función de la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio y de la zona climática en que se ubique.

Asimismo se establecen los límites de las pérdidas energéticas por orientación e inclinación de los captadores así como por sombras arrojadas sobre los mismos. Las pérdidas permitidas serán mayores en el caso de "Integración Arquitectónica", definida esta como el caso en el que los captadores cumplen una doble función, energética y arquitectónica, sustituyendo a elementos constructivos convencionales, o elementos constituyentes de la composición arquitectónica.

Contribución Fotovoltaica Mínima de Energía Eléctrica

El CTE también indica los edificios que incorporarán sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para inyectarla a la red. En la siguiente tabla se muestran los edificios que deben incorporar estos sistemas:

DB- HE 5. Tabla 1.1. Ambito de Aplicación	
Tipo de Uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5.000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m ² construidos
Administrativos	4.000 m ² construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m ² construidos

La normativa indica cómo calcular la Potencia pico a instalar, fijando, en cualquier caso, una potencia mínima 6,25 kWp.

Al igual que para las instalaciones de energía solar térmica se establecen los límites de las pérdidas energéticas por orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos así como por sombras arrojadas sobre los mismos, y también en este caso las pérdidas permitidas podrán incrementarse en el caso de "Integración Arquitectónica".

Caso 1. Hotel Montemálaga









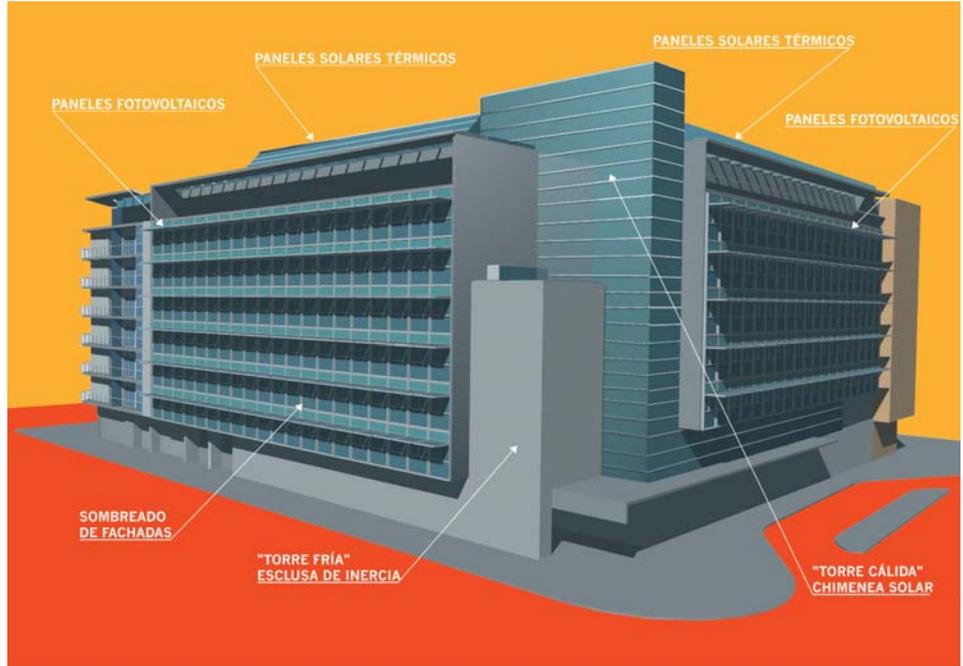
Hotel Montemálaga

El edificio se sitúa en una antigua zona industrial en frente del Puerto de Málaga, en un solar en esquina con fachadas de orientaciones Sureste y Suroeste. El programa combina 28 viviendas y un hotel que comparten algunos espacios comunes como el patio principal y el garaje.

Los arquitectos han planteado este edificio a partir de una filosofía integradora que intenta convertir cualquier elemento tecnológico en materia de proyecto. Así, como ellos mismos apuntan, "no se distingue entre arquitectura e instalaciones".

Se proyectan los espacios teniendo en cuenta su comportamiento como instalaciones (patios como pozos de aire y luz, torres como chimeneas, etc.) y se proyectan instalaciones como elementos de arquitectura (parasoles fotovoltaicos)".

Este concepto integrador se encuentra en diversos elementos del edificio.





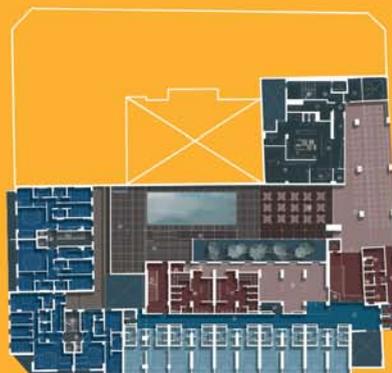
PLANTA SOTANO -2



PLANTA SOTANO -1



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA



PLANTA TIPO



PLANTA ÁTICO

LEYENDA DE VIVIENDAS

VIVIENDAS
ZONAS COMUNES, APARCAMIENTO



LEYENDA DE HOTEL

ZONA DE HABITACIONES
ZONA PÚBLICA (salones, restaurante...)
ZONA DE SERVICIO, APARCAMIENTO



El Patio Principal

El primero de ellos y quizá uno de los más importantes es el patio principal, que no sólo se dispone hasta la planta baja si no que se lleva hasta el sótano a 6 metros de profundidad. Los salones de congresos y trabajo, junto con el restaurante se llevan a esta cota, siendo por tanto, el patio el elemento que articula estos espacios, los dota de iluminación y ventilación natural, y les sirve de espacio exterior de expansión en los momentos de descanso.

La utilización de este elemento no sólo se reduce a términos espaciales o de articulación de los mismos, también se basa en la estrategia bioclimática de aprovechar la inercia térmica del terreno (téngase en cuenta que a una profundidad entre 0,5 y 1,5 metros la temperatura no varía a lo largo de un día y coincide con la media diaria). Este patio se convierte por tanto en un pozo donde se almacena, por su mayor densidad, el aire fresco de la noche. Este aire se introduce en las plantas adyacentes gracias a la posibilidad de generar ventilaciones cruzadas.



Además, de las excelentes condiciones del aire acumulado en este espacio no sólo se benefician los espacios adyacentes. Una entreplanta técnica se sitúa junto a dicho patio, a dos metros de profundidad, y toma aire del mismo para la climatización. Este aire, al estar más templado que el que podría tomar de las plantas superiores,

optimiza el rendimiento de las unidades de tratamiento de aire ya que el salto de temperatura que estas máquinas deben provocar en el aire se reduce y en algunos casos se suprime, siendo en ocasiones el aire del patio inyectado directamente sin tratar en los espacios a climatizar (free-cooling).



Torre fría y Torre caliente

La esquina sur se configura compositivamente como una de las más importantes del edificio. Es en la que confluyen las fachadas de habitaciones del hotel, y en la que se sitúa la entrada del mismo. Para intentar dar singularidad a este edificio y relacionarlo visualmente con el paisaje de contenedores del Puerto, que se sitúa enfrente, se evita la esquina en chaflán que se dicta desde la normativa urbanística local, y se propone mediante un Estudio de Detalle una alternativa basada en una composición fragmentada de volúmenes y materiales. En ella destacan un volumen de piedra y 3 plantas de altura que configura la entrada, y otro volumen de cristal que, a modo de torre, sobresale del resto del edificio. Estos elementos además de configurar volumétricamente al edificio, tienen otras funciones.

El volumen de piedra es lo que los autores del proyecto denominan "Torre Fría". Este elemento se compone de un espacio de 9 metros de altura con un cerramiento de 45 cm de grosor y cámara ventilada. Gracias a la inercia térmica de este cerramiento, y a las pocas aperturas del mismo, este espacio se configura como un almacén de aire climatizado que al encontrarse en la zona de entrada sirve de amortiguador entre el ambiente exterior y el interior. Este espacio cuenta con un lucernario de apertura domotizada. La apertura del mismo permite la ventilación del espacio así como la generación de ventilaciones cruzadas, ya que este espacio está conectado con las plantas baja y sótano y con el patio principal. La



cubierta de esta "Torre Fría" se forma por una solución denominada "cubierta inundada". En este tipo de cubiertas una lámina de agua se encarga de mantener unas óptimas condiciones de aislamiento gracias a la evaporación y renovación de agua.

La llamada "Torre Caliente" no es más que una chimenea solar. Este mecanismo bio-climático consiste en un elemento vertical acristalado que al calentarse hace que el

aire interior ascienda generando un efecto de succión, y de ventilación. En el caso de este edificio, la chimenea solar se hace coincidir con el núcleo de ascensores. Por tanto este elemento tiene una triple función: configuración volumétrica de la esquina Sur del edificio, elemento bioclimático de ventilación, y núcleo de comunicaciones verticales.



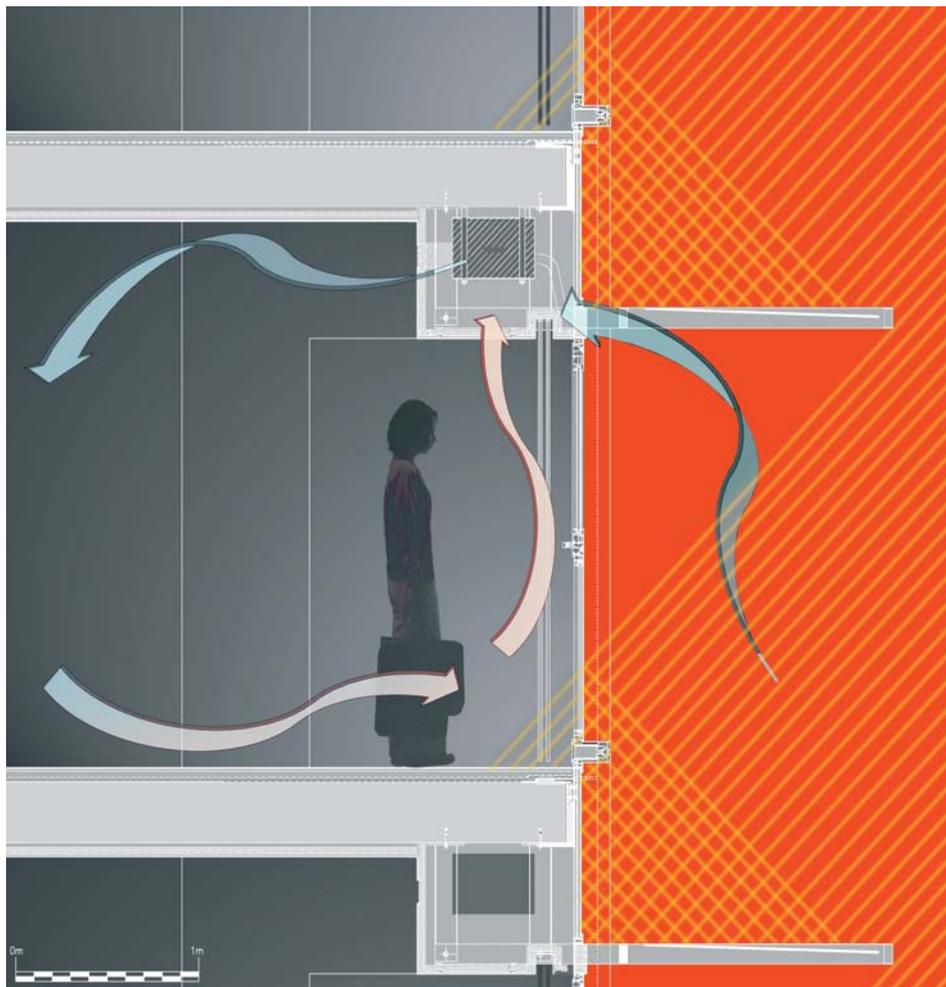


La Fachada

Dada la privilegiada situación del edificio junto al Mediterráneo se pretende que las habitaciones se abran lo máximo posible. Frente a la solución habitual en hoteles de muros cortinas herméticos, de dudoso funcionamiento térmico, se propone un sistema mixto:

subestructura de muro cortina y módulos prefabricados de 2x3,15m con carpinterías practicables. Estas carpinterías permiten al edificio "respirar". Dado que las habitaciones del hotel tienen una única fachada y no es posible la ventilación cruzada se utilizan ventanas pivotantes de 2 metros de ancho, de forma que, cuando estas ventanas se abren, el metro que queda fuera, al situarse perpendicularmente a las corrientes de aire exterior, inducen la entrada del mismo a la habitación ventilándola. Además de esto, los perfiles de las ventanas permiten tomar y filtrar el aire del exterior.

El fancoil para la climatización también se integra en la fachada, y utiliza el aire filtrado por la carpintería para ventilar y climatizar la habitación.



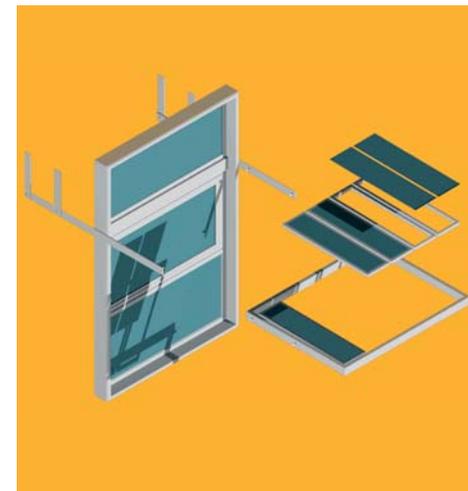
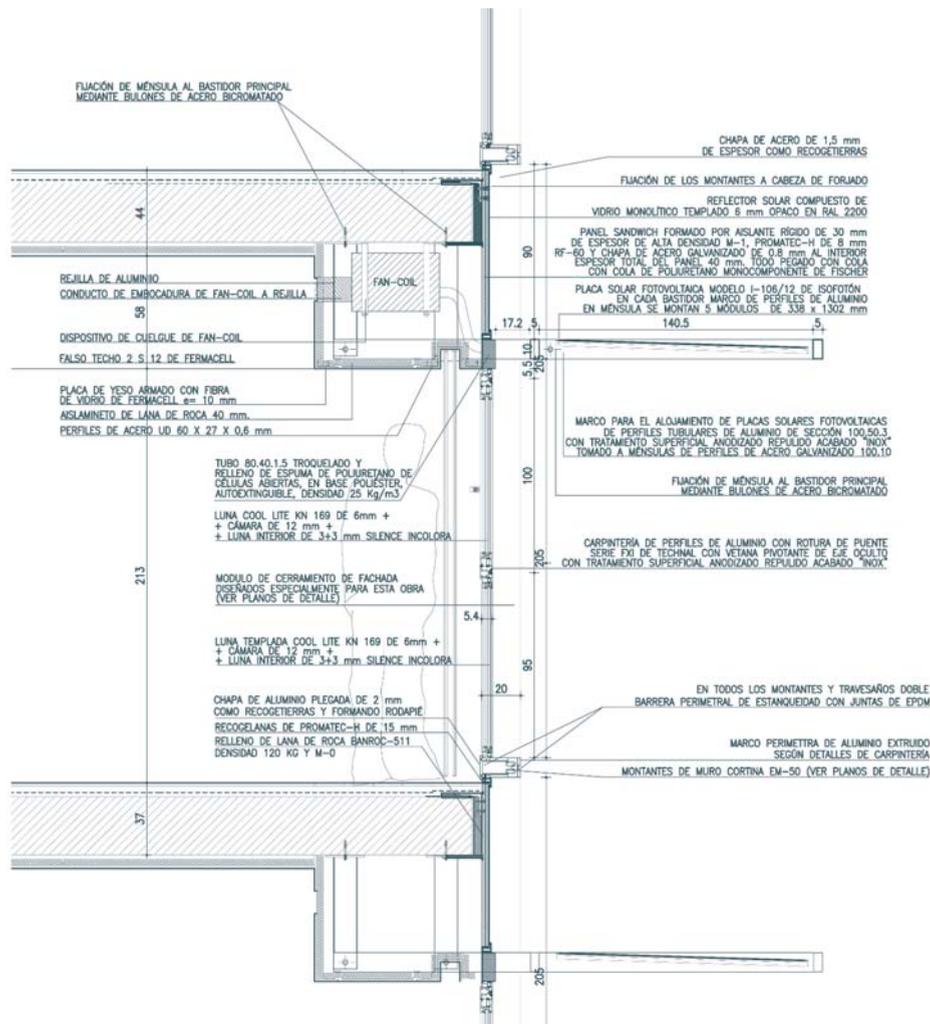
Instalación Solar Fotovoltaica

El aspecto que más singulariza esta fachada es la integración en la misma de una instalación de Energía Solar Fotovoltaica conectada a la Red para producción de electricidad. En el edificio se utilizan con naturalidad las energías renovables, integrándolas realmente en su arquitectura. Se muestran los módulos fotovoltaicos de forma evidente, invitando a una toma de conciencia sobre nuestra realidad energética con una actitud sostenible.

La integración en fachada de la instalación fotovoltaica genera diversos beneficios:

- Producción de energía eléctrica que se vierte a la Red General, contribuyendo así a la generación de energía "verde", y obteniendo a la vez un beneficio económico por su venta.
- Se evitan deslumbramientos por la entrada de radiación directa en las habitaciones.
- Se reduce la carga térmica sobre la fachada gracias al sombreado producido por los módulos, lo que supone un importante ahorro en climatización.
- Permite utilizar un vidrio más transparente lo que provoca una mejor visión del paisaje y un ahorro económico.
- Se evita la emisión a la atmósfera de CO₂.
- Gracias a la monitorización en tiempo real de la instalación, toda la información sobre su funcionamiento queda expuesta de forma gráfica en el hall del hotel. De esta forma, el cliente es consciente en el interior de lo que ocurre en la piel del edificio.





Constructivamente, se diseña un módulo formado por un marco soporte en el que se integran 5 módulos fotovoltaicos estándar y sus elementos de agarre, colocándose el conjunto a modo de parasoles horizontales que sombrean las fachadas de las habitaciones del hotel. Este módulo-parasol coincide en anchura con la modulación de los elementos prefabricados de fachada, por lo que la integración del conjunto es total.

Entre módulo y módulo se deja una separación de 2 centímetros. Esto permite, por una parte, reducir la presión del viento sobre los parasoles cuando esta aumenta, y por otra, se consigue ventilar mejor los módulos que formando grandes superficies continuas, aumentando así el rendimiento de dichos módulos fotovoltaicos (el rendimiento de los módulos fotovoltaicos cuando se calientan por encima de cierta temperatura disminuye).

Sobre el diseño del módulo estándar se acordó con el fabricante la realización de pequeños ajustes, permitiendo adaptarlo de esta forma al diseño de la fachada, pero sin convertirlo por ello en un elemento específicamente diseñado para este edificio (lo cual implicaría un sobre coste). Uno de estos ajustes consiste en hacer coincidir la caja de conexiones con una de las células fotovoltaicas en el centro del módulo. Así, la caja de conexiones pasa de ser "un elemento a ocultar", a ser "un elemento integrado en el ritmo de la fachada".





Datos de la Instalación Solar Fotovoltaica

Potencia Nominal	55 kW
Nº Módulos	1.075 ud
Superficie Total en Módulos	474 m ²
Nº Inversores	22
Energía Generada Anualmente	34.709 kWh/año
Toneladas de CO2 que se dejan de emitir anualmente	36.5 T

La instalación fotovoltaica se plantea con un concepto conciliador entre diseño y rendimiento. Así, se decide colocar los módulos en línea con las fachadas Sureste y Suroeste (a 45° respecto al Sur) y con una inclinación casi horizontal para no interrumpir las vistas al mar desde las habitaciones. Con estas características, la instalación produce del orden de 34.709 kWh al año, lo que supone aproximadamente la mitad de lo produciría una instalación similar pero con una orientación e inclinación óptimas (orientación sur e inclinación 35° respecto a la horizontal).

Falta resaltar, que el módulo fotovoltaico de fachada además de una medida activa, es una medida pasiva en la estrategia medioambiental del edificio. Se ahorra en energía para climatización gracias a la sombra que estos módulos proyectan sobre las fachadas. El ahorro anual en energía que se consigue con este elemento es la energía eléctrica generada por la propia instalación fotovoltaica conectada a red, más la energía ahorrada en climatización por el sombreado que produce la misma.

En invierno, sin embargo, al incidir el sol con un ángulo menor, los módulos no producen sombreado, y por tanto el gasto en calefacción no aumenta.

Instalación Solar Térmica

El edificio también cuenta con una instalación de energía solar térmica para agua caliente sanitaria. Para la integración de los captadores solares térmicos, se ha seguido una filosofía similar a la utilizada con la instalación solar fotovoltaica, es decir, la instalación se pone al servicio del concepto global del edificio. La orientación ideal sur (azimut 0°) para este tipo de instalaciones obligaría a ocupar totalmente la cubierta con baterías diagonales de captadores solares. Los arquitectos del edificio se plantearon ¿es lógico condenar toda una cubierta a la instalación de captadores solares en su posición óptima con lo necesaria que es esta superficie para el resto de las instalaciones de un hotel? El suelo y el espacio, son bienes escasos y caros por lo que su gestión debe ser cuidadosa y racional. Es necesario, por tanto, buscar una solución de compromiso entre el espacio, los requerimientos de todas las instalaciones, y su disposición para el buen funcionamiento.

Se decide agrupar los captadores solares en dos "pantallas" alineadas con las cornisas de las fachadas Sureste y Suroeste, con una orientación desviada 45° con respecto al Sur, pero con una inclinación óptima (40°). Gracias a esta disposición de los captadores se permite utilizar el vital espacio de la cubierta para múltiples instalaciones y además, los captadores se comportan como pantallas acústico-visuales que protegen la calle del impacto de esta maquinaria.



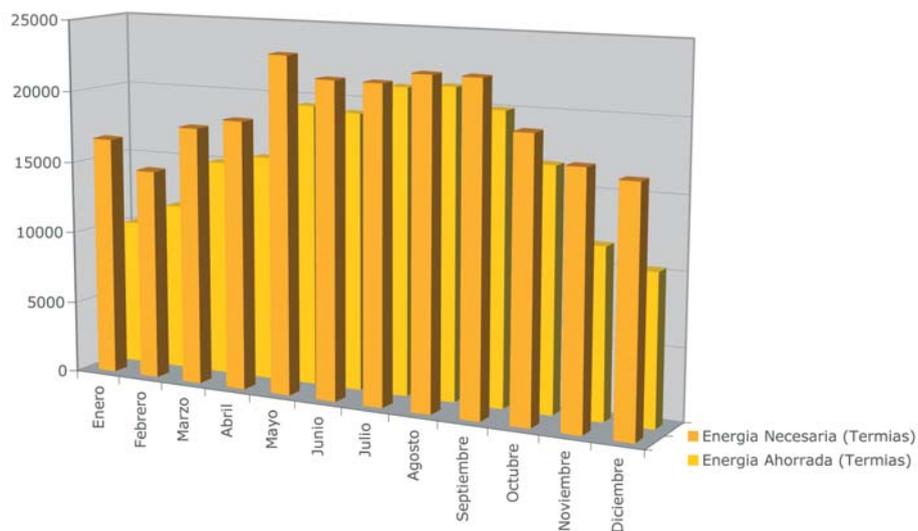


Datos de la Instalación Solar Térmica

Nº de Captadores	165
Superficie de Captación	313.5 m ²
Volumen de Acumulación	16.000 litros
Inclinación Captadores	40°
Azimut (Desviación respecto al Sur)	45°
Energía Anual Ahorrada	82.3 %

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Energía Necesaria (Termias)	16654	14636	17885	18586	23256	21780	21756	22506	22506	19205	17279	16654	232673
Energía Ahorrada (Termias)	10096	11597	15000	15610	19437	19138	21125	21355	20002	16654	11623	10306	191454
Energía Ahorrada (%)	60.6	79.2	84.0	84.0	83.6	87.9	97.1	94.9	88.9	84.2	67.3	61.9	82.3

Desde el punto de vista energético, se consigue un adecuado rendimiento anual de la instalación, ya que el 82.3 % de la energía anual necesaria para el calentamiento de agua es suministrada por la instalación solar.



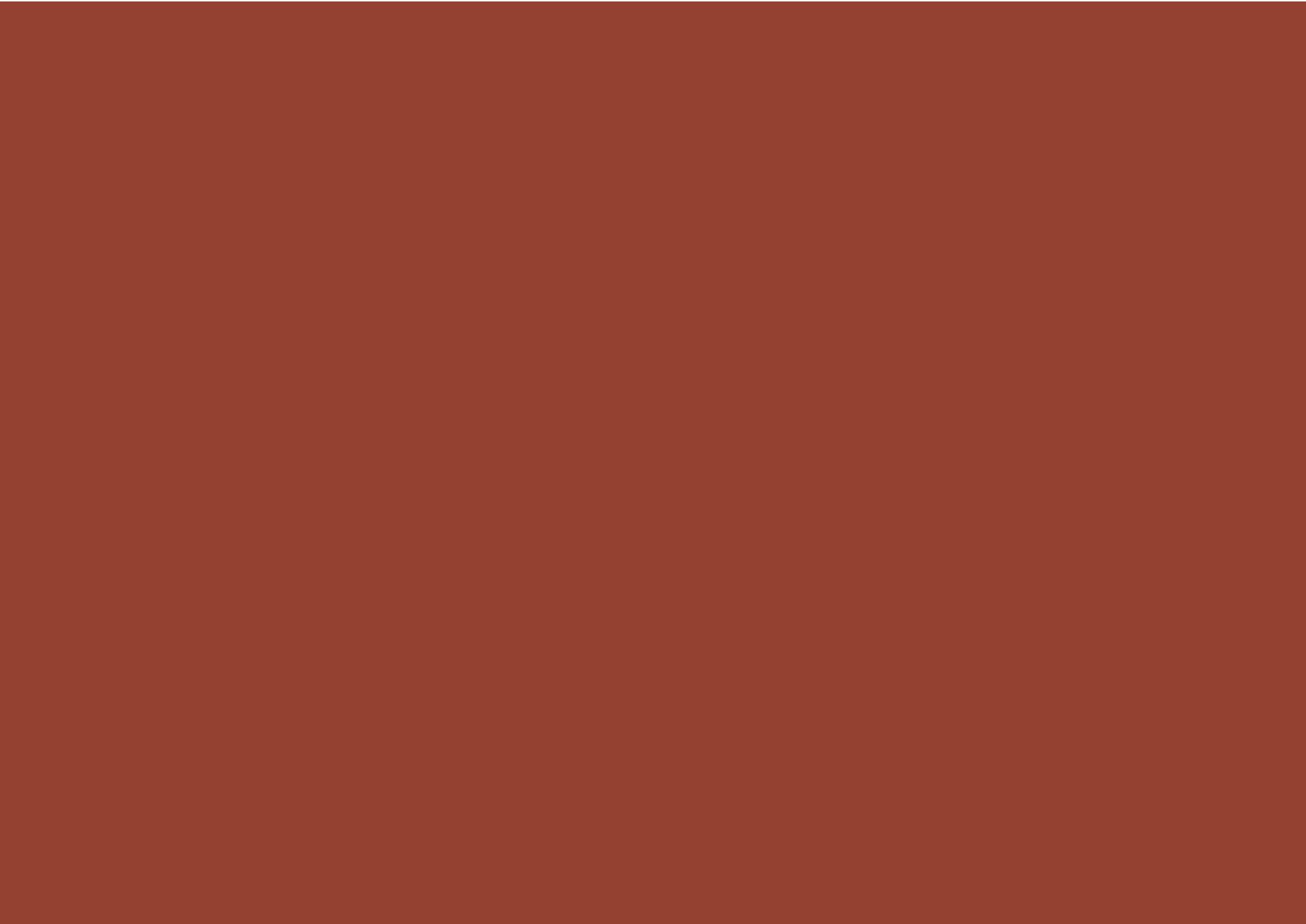


Ficha Técnica:

Arquitectos:	Juan Manuel Rojas Fernández (Arquitectos Hombre de Piedra) Juan Ramón Montoya Molina (Arquitectos Montoya Molina)
Arquitectos Colaboradores:	Laura Domínguez Hernández (Arquitectos Hombre de Piedra) Alberto Martín-Loeches Sánchez (Arquitectos Montoya Molina)
Aparejador:	César Salvatierra Villada
Cálculo de Estructuras:	H.P. Ingenieros
Cálculo Instalaciones Hotel:	Ineco-98, S.L.
Cálculo Instalaciones Viviendas:	Salvador Muñoz Muñoz Samuel Domínguez Amarillo
Promotor:	Gabriel Rojas, S.L.
Cadena Hotelera:	Hoteles Monte
Constructora:	Dragados
Superficie:	23.094 m ²
Fotografías:	Arquitectos Hombre de Piedra

Caso 2. Oficinas Isofotón







Edificio de Oficinas de la Fábrica de Isofotón

Isofotón es una compañía dedicada al desarrollo de soluciones para la generación y el aprovechamiento de la Energía Solar. La fábrica de la empresa está ubicada en el Parque Tecnológico de Andalucía (PTA) de Málaga, y acoge los procesos completos de energía solar térmica y fotovoltaica.

El edificio de oficinas de la nueva fábrica se concibió como expositor de la actividad de la compañía. Desde el inicio del proyecto se persiguió la creación de un espacio de cuida-

do diseño en el que la búsqueda de la máxima eficiencia energética fuese la verdadera protagonista.

Esto se ha conseguido conjugando 5 formas distintas de integración arquitectónica de alta tecnología con criterios de arquitectura bioclimática, con lo que se ha reducido considerablemente el consumo energético, convirtiéndose este edificio en el mayor de España con integración de energía solar.



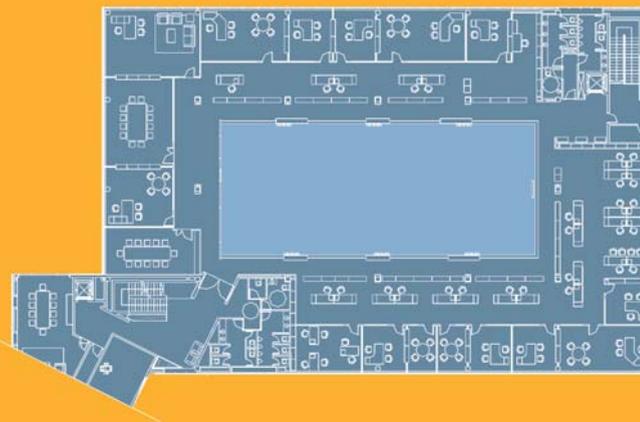
Configuración del Edificio

El edificio se plantea como unas oficinas de planta libre, con muy pocas particiones interiores, que rodean un gran patio central. Dicho patio se cubre con una gran montera – lucernario. El hecho de que gran parte del edificio no esté compartimentado, junto con el gran patio central posibilita que el edificio cuente con ventilación cruzada en casi todos los puntos y permite un óptimo control térmico del conjunto.

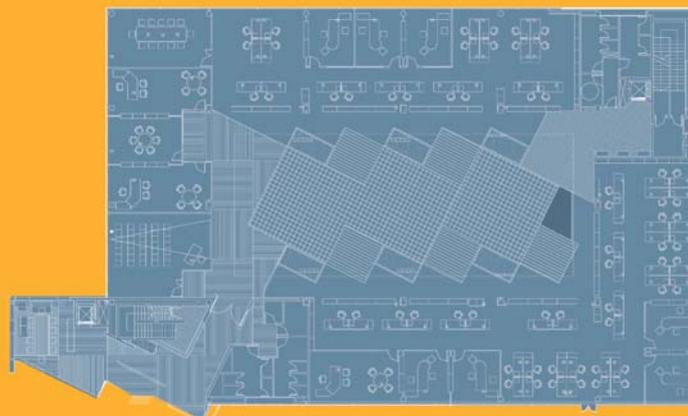
Además de los criterios de ventilación y control térmico, en la fábrica se han desarrollado un conjunto de actuaciones encaminadas a la minimización del impacto medioambiental así como a la búsqueda del máximo ahorro energético: implantación de recogida selectiva de residuos, control de emisiones mediante la aplicación del Plan de Control Ambiental relativo a Emisiones atmosféricas y minimización de consumos de agua y electricidad.



PLANTA ALTA



PLANTA BAJA





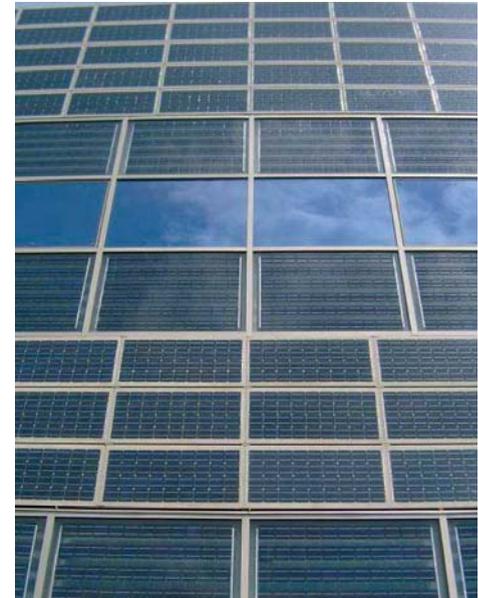
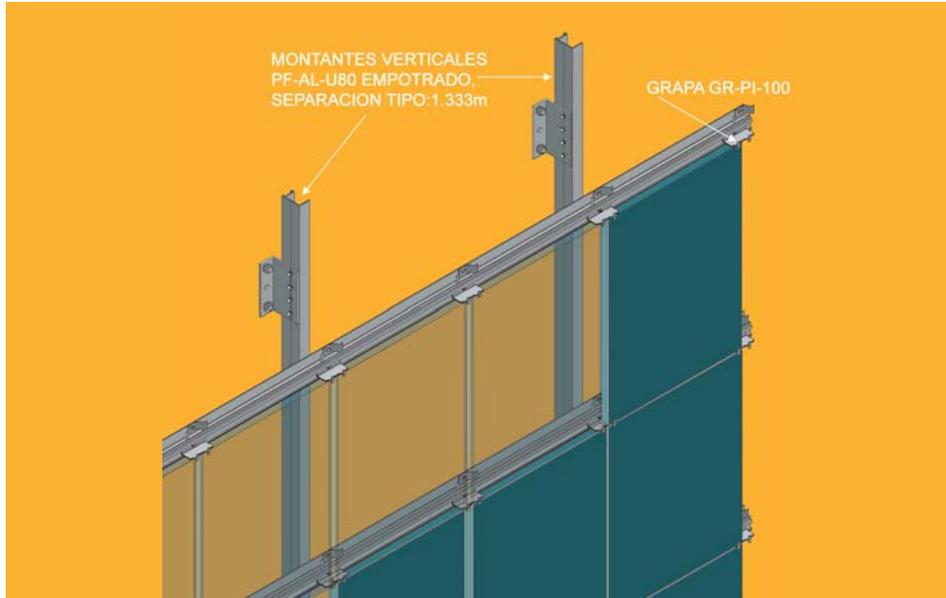
Soluciones de Integración Arquitectónica de Energía Solar

Fachada Ventilada Cerámica

Sin embargo el aspecto que más se ha cuidado en fase de proyecto del edificio ha sido la integración de energía solar en el mismo. Las novedosas soluciones de integración aprovechan superficies, que generalmente incorporan otros materiales y que, en esta ocasión, han sido sustituidos por módulos fotovoltaicos, permitiendo la generación de energía que es inyectada a la red y originando así un beneficio medioambiental al evitar la emisión a la atmósfera de partículas y gases contaminantes.

Las caras exteriores del edificio están recubiertas de baldosas cerámicas formando una fachada ventilada. En las caras Sur se han empleado módulos fotovoltaicos cerámicos especiales de Isofotón. La fachada se forma a partir de unos montantes verticales compuestos por perfiles de aluminio separados 1.33 metros entre si. Sobre estos montantes verticales se disponen otros perfiles de aluminio horizontales sobre los que se situarán los módulos fotovoltaicos.

Esta fachada ventilada tiene una cámara de aire abierta por la que circula el aire libremente por convección natural. Esto tiene dos efectos, por un lado disminuye la temperatura superficial de la piel interna del edificio, y por otro permite la ventilación de los módulos fotovoltaicos mejorando así su rendimiento.



Muros Cortina Acristalados

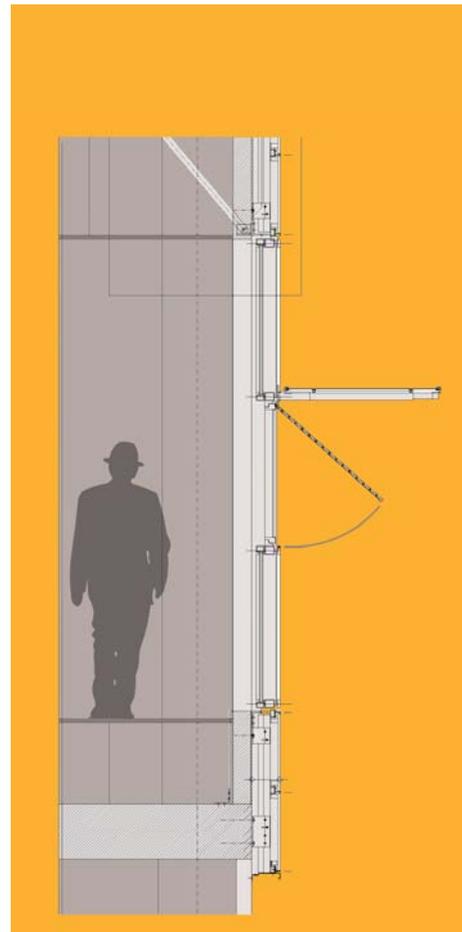
Las zonas acristaladas de la fachada con orientación sur se cierran con muros cortina formados por módulos fotovoltaicos con tedlar transparente. Las células fotovoltaicas, encapsuladas en vidrio se separan ligeramente unas de otras provocando un efecto de "celosía" que permite el paso de la luz tamizándola.

Las cajas de conexión del cableado se colocan detrás de una de las células fotovoltaicas haciéndolas prácticamente impercep-

tibles. El cableado a su vez se lleva hasta la carpintería metálica del muro cortina.

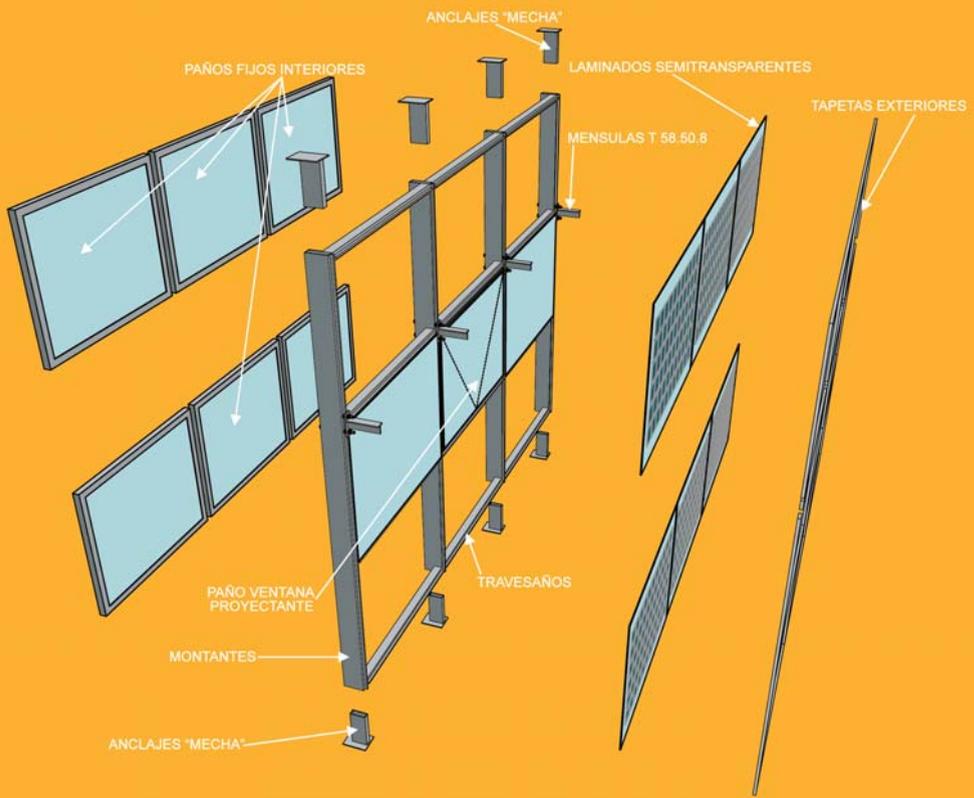
Cada planta se cierra en fachada con un módulo prefabricado vertical que se divide a su vez en tres partes. En la superior y la inferior se incorporan módulos fotovoltaicos encapsulados en vidrio obteniendo visualmente el resultado de una celosía.

El elemento central es una ventana abatible permitiendo así la ventilación natural, cosa que suele ser poco frecuente en edificios con muros cortina.





ELEMENTOS INTEGRANTES DEL ACRISTALAMIENTO





Parasoles Fotovoltaicos

En las fachadas sureste y suroeste se han incorporado parasoles con laminados (módulos fotovoltaicos sin marco) sujetos mediante grapas, que proporcionan un adecuado sombreado sobre los ventanales del muro cortina, limitando la entrada de radiación solar a las oficinas.

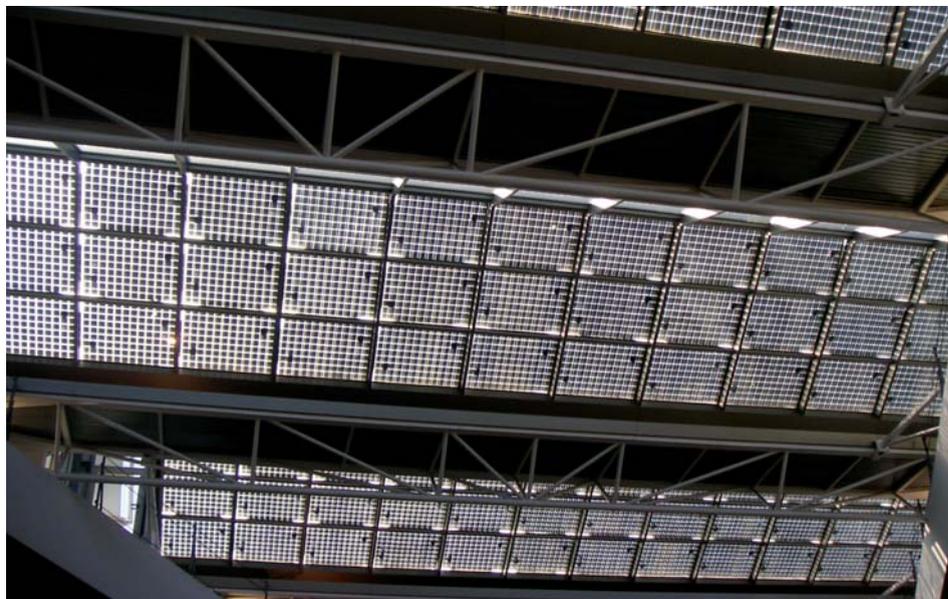


Cubierta fotovoltaica

El Edificio dispone de una cubierta fotovoltaica sobre el patio, que a modo de lucernario con paneles laminados semi-transparentes deja pasar la luz, aportando sensación de calidez al espacio interior. La estructura se compone de unas vigas trianguladas (estructura esterea) que cruzan en diagonal el patio buscando adaptarse a la orientación norte-sur. Estas vigas además de servir de apoyo a las vigas secundarias que forman los lucernarios servirán también de apoyo a las zonas de limpieza y mantenimiento de

los vidrios y módulos fotovoltaicos en la azotea. Las zonas de patio que quedan entre estas vigas trianguladas se cubren con lucernarios a dos aguas.

El paño con orientación norte se compone de vidrio y el que tiene orientación sur con módulos fotovoltaicos semitransparentes.





Energía Solar Térmica

Sobre los forjados de cubierta se han instalado dos tipologías distintas de captadores térmicos. Por un lado un sistema de paneles solares térmicos planos para la producción de agua caliente. Este agua caliente se utiliza tanto para su uso en el edificio de oficinas como para el proceso productivo de la fábrica.

Por otro lado un sistema de captadores solares de tubo de vacío conectados a una

maquinaria de absorción contribuye a la refrigeración del edificio.

Tanto los captadores planos como los de tubo de vacío se ubican en la cubierta alineados con los lucernarios integrándolos así en el diseño del edificio. Los captadores se colocan sobre una estructura metálica diseñada a tal efecto. Unas pasarelas metálicas permiten el acceso a dichos captadores para el mantenimiento de los mismos.





Datos de las Instalaciones Solares

Energía Solar Térmica

Captadores solares	96
Superficie de Captación	230 m ²
Energía Anual Ahorrada	162.437 termias

Energía Solar Fotovoltaica

Fachada Cerámica	1.088 módulos fotovoltaicos
Muro Cortina	120 módulos fotovoltaicos
Parasoles	30 módulos fotovoltaicos
Cubierta Fotovoltaica	108 módulos fotovoltaicos
Total	1.386 módulos fotovoltaicos
Potencia Total	84,08 kWp

Los sistemas solares que se han incorporado en la fábrica, tanto térmicos como fotovoltaicos, han sido monitorizados para permitir conocer los datos de generación de electricidad y calor del edificio, así como la información histórica y en tiempo real de la instalación.



Ficha Técnica:

Arquitectos: Dpto. técnico ISOFOTON +
Jerónimo Vega +
TRIM GBO Arquitectura

Cálculo de Estructuras: Detea

Cálculo Instalaciones: Mainsa

Promotor: Isofotón

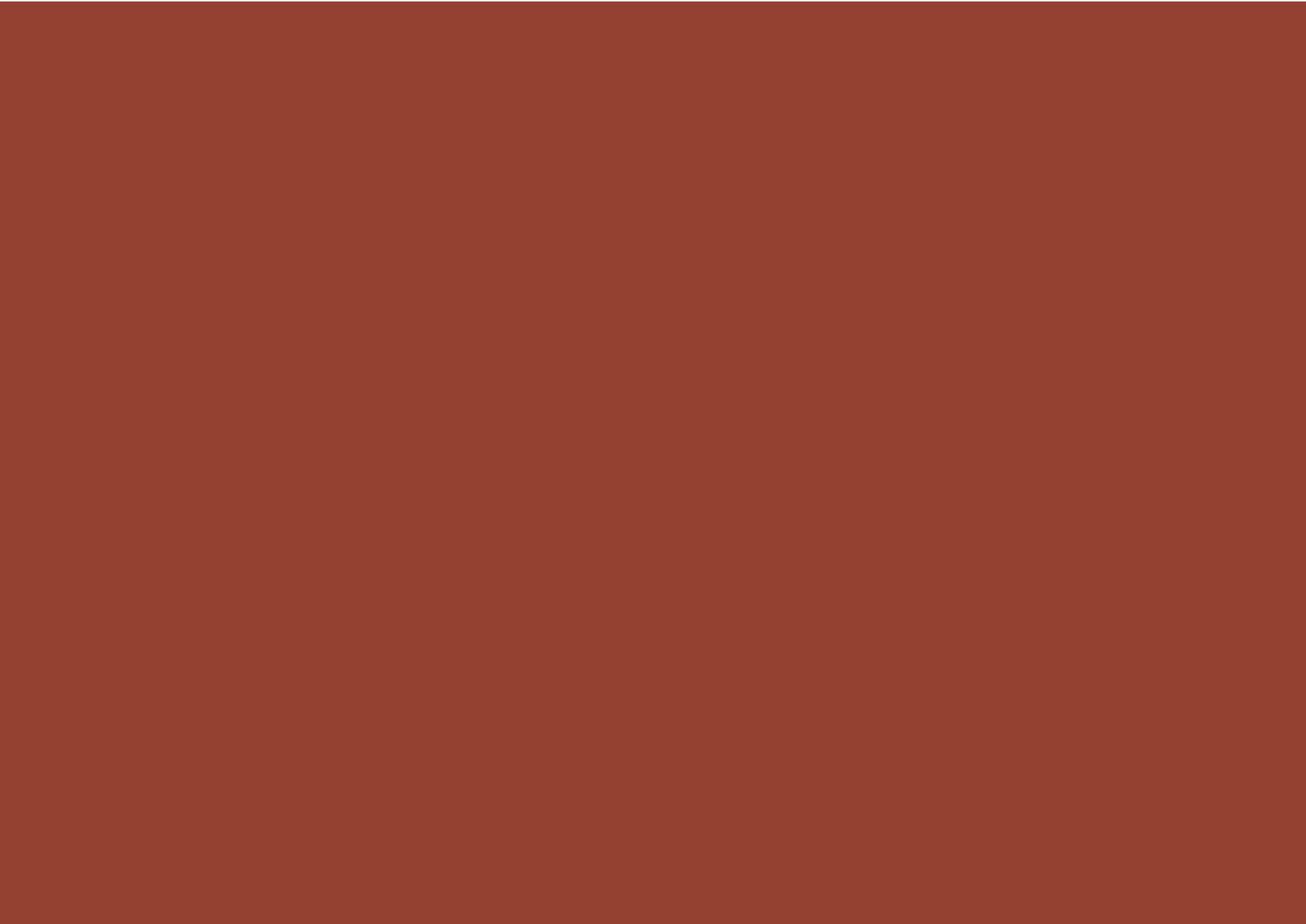
Constructora: Detea

Superficie: 2.500 m²

Fotografías: Isofoton

Caso 3. Sede Agencia Andaluza de la Energía







Agencia Andaluza de la Energía

Este proyecto resultó ganador del concurso internacional de ideas convocado por la Agencia Andaluza de la Energía para albergar su nueva sede y al que se presentaron 35 propuestas de equipos españoles y europeos.

El edificio se va a ubicar en el Parque Científico y Tecnológico CARTUJA 93, en la Isla de la Cartuja de Sevilla. En la elaboración del proyecto de este edificio se ha pretendido llegar a una concepción espacial de interacción no condicionada a priori formalmente si no justificada por la interacción entre los sistemas energéticos y programáticos.

A esto habría que añadir, como base de la elaboración del proyecto, la reinterpretación de la arquitectura tradicional andalusí en una doble clave formal y tecnológica, inspirándose en la riqueza de sus espacios y recorridos interiores y recuperando soluciones pasivas tradicionales complementadas con un innovador diseño bioclimático que permitirá alcanzar un elevado nivel de confort con un mínimo consumo energético.

Para conseguir estos objetivos, el edificio se ha concebido como un organismo o máquina energética capaz de producir e intercambiar energía con el exterior de manera óptima.





PLANTA SOTANO - 1



PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA



PLANTA SEGUNDA



PLANTA TERCERA



PLANTA CUARTA



La Matriz Energética

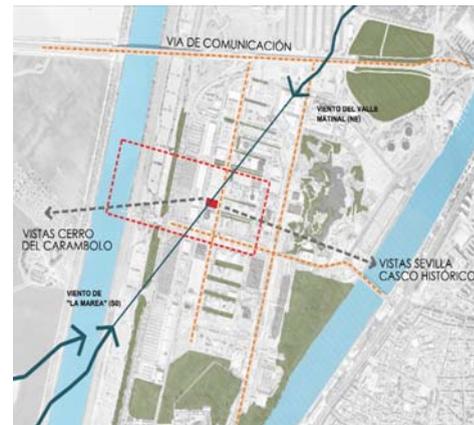
Como primer paso para la definición formal del proyecto se propone una matriz energética a partir del estudio de los tres vectores energéticos más relevantes del lugar:

- **Dirección de los vientos dominantes:**
La dirección Suroeste-Noroeste es fundamental para la captación de los vientos vespertinos procedentes del Atlántico y de los vientos frescos matutinos procedentes de las zonas altas del valle del Guadalquivir.
- **Movimiento diario del sol:**
Se potencia la orientación Sur para asegurar el máximo aprovechamiento del soleamiento durante los meses de invierno, así como

la orientación hacia el Sureste para evitar la sobre exposición al sol durante la canícula.

- **Geometría urbana y estructural:**
Con el fin de adaptar el edificio a la geometría de la parcela, así como de asegurar la eficacia constructiva, se propone una malla estructural de 5x5 metros.

La matriz energética resultante surge de la composición de las tres mallas especializadas. Aplicada sobre el volumen máximo capaz del edificio - un paralelepípedo con coeficiente de forma óptimo - resuelve en su entramado tanto la piel del edificio como sus espacios interiores.



La Piel Envolvente

El volumen máximo capaz se conforma con una envolvente especializada a modo de una piel que protege cuando las condiciones exteriores son extremas y se hace permeable cuando el clima es benigno.

Esta piel está compuesta de una sucesión de varias capas. Una cámara interior ventilada que permite disipar el calor transmitido desde el exterior en verano y que actúa como colchón térmico durante los meses de invierno. La hoja exterior constituye una capa protectora o permeable según la época del año. La hoja interior es un elemento masivo de gran inercia térmica (con aislante en la capa exterior) que aprovecha el

desfase térmico para conseguir, con menor aporte energético activo, las condiciones interiores de confort.

Esta piel se autorregula mediante la cámara de aire, que permanece cerrada o abierta según las condiciones climáticas exteriores. Su efectividad se acentúa mediante la incorporación de una lámina bajo-emisiva que disminuye la transferencia de calor de onda larga, protegiendo al edificio tanto en invierno como en verano.

La ventilación de la cubierta, que recibe la mayor insolación en verano, se produce de forma independiente y está diseñada para

facilitar la evacuación del aire de la cámara ventilada. Las aberturas de captación se encuentran en la parte inferior - tomando el aire de recintos protegidos y en sombra en la fachada Norte - y en la parte vertical superior, para potenciar el efecto chimenea.

De este modo, la piel de doble hoja se ventila independientemente y de forma continuada tanto en el régimen diurno/nocturno como en el estacional, para disipar o captar las ganancias solares, utilizando sistemas exclusivamente pasivos y de eficacia probada.





Píxel Bioclimático

La piel se especializa. Dependiendo de su ubicación en la fachada, reacciona de manera diferente a las solicitaciones energéticas procedentes del exterior. La trama de la envolvente surge de la composición de elementos individuales, industrializados y altamente especializados denominados "Píxeles Bioclimáticos".

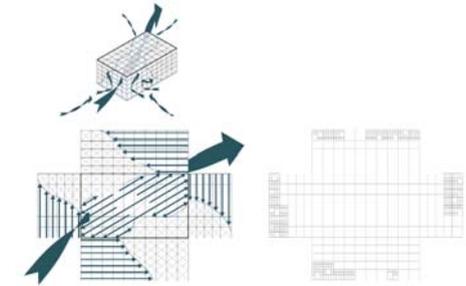
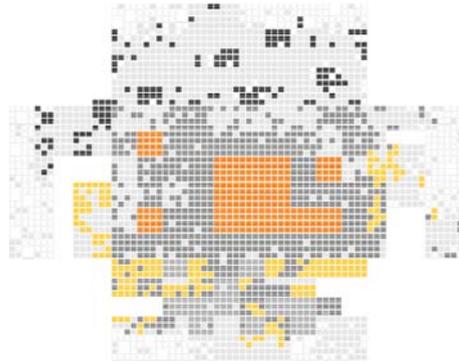
La envolvente nace de la combinación de varias capas de píxeles, cuya situación responde a su máxima optimización energética. La envolvente, de esta manera, no surge de la composición estética de una fachada de acuerdo a criterios formales, sino de la aplicación de un proceso abierto que atiende a criterios fundamentalmente energéticos.

Los píxeles de captación de vientos frescos se ubican en las partes de la envolvente atravesadas por la diagonal formada por el eje SO/NE, por donde sopla el viento de "la Marea".

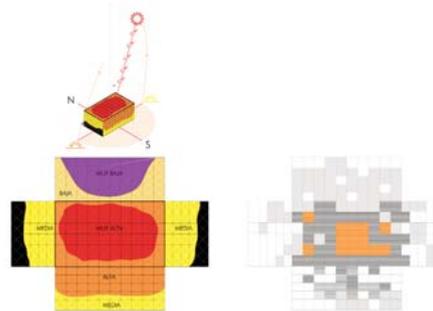
Los píxeles de captación solar (fotovoltaicos y térmicos) se ubican en las áreas de mayor radiación.

Los píxeles de sombra (celosía) protegen de la radiación en las zonas permeables del edificio.

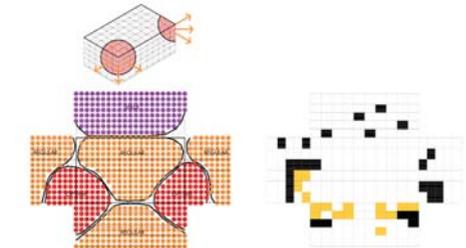
Los píxeles de vistas se ubicarán, finalmente, hacia las orientaciones O-SO (hacia el "Cerro del Carambolo") y en las E-SE (hacia el casco histórico de Sevilla).



Capa de píxeles de captación de viento



Capa de píxeles de luz y sombra



Capa de píxeles de vistas

Fachada “Biopix”

La agrupación de los píxeles en función del mapa energético del solar, constituye un sistema de envolvente industrializada denominada “BIOPIX” (BIOclimática-PIXelizada), una piel abierta y flexible, susceptible de adaptarse a los avances de la tecnología y con clara vocación pedagógica. Este sistema, que actualmente se encuentra en fase de desarrollo industrial, se resolverá con una solución constructiva sencilla constituida por los siguientes elementos:

- Una hoja interior ligera formada por una chapa con doble aislamiento térmico en cada una de sus caras.
- Una estructura reticular de 1x1m de perfiles de aluminio o acero inoxidable anclados a los cantos de la estructura portante. Esta estructura cumplirá no sólo funciones estructurales (fijación de la hoja exterior) sino también energéticas (conducciones de redes eléctricas y de agua caliente).
- Una hoja exterior formada por píxeles bioclimáticos de 1x1m.

La envolvente, por tanto, es energéticamente perfectible o “bioperfectible”. Los elementos modulares de píxel pueden actualizarse. El edificio podrá adaptarse a las innovaciones tecnológicas de una manera sencilla y con un fácil mantenimiento. El resultado formal, por tanto, siempre estará abierto a cualquier modificación.





Los Órganos del Edificio

Los órganos constituyen los sistemas de intercambio y acondicionamiento interno del edificio. Podemos encontrar los siguientes:

- Conductos de ventilación y sistemas de disipación de calor
- Patios vegetales y laminas de agua
- Pozos de luz

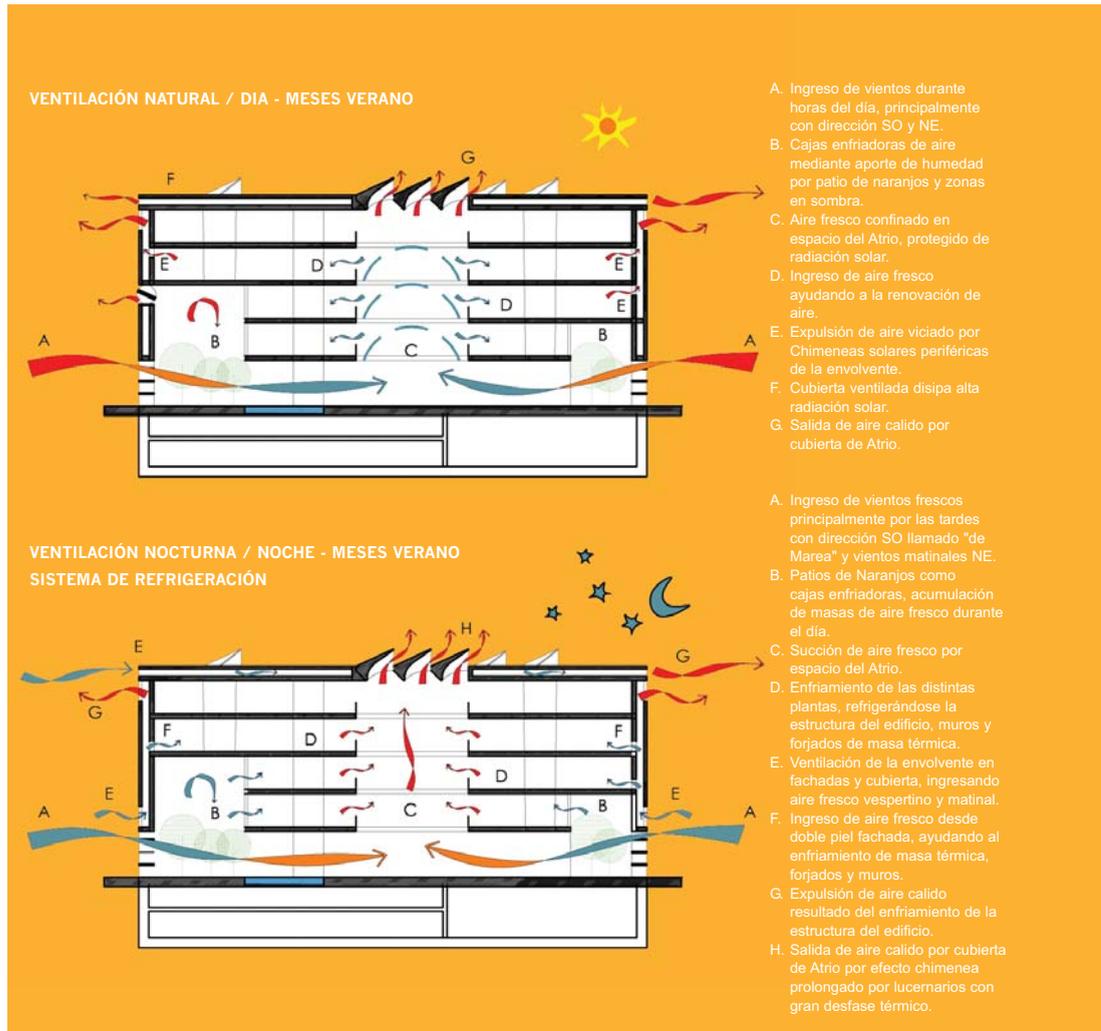
• Conductos de ventilación y sistemas de disipación de calor:

Ventilación Natural

El edificio utiliza la ventilación natural, aprovechando las direcciones de viento predominante.

En verano, durante el día, mediante diferentes entradas en la fachada, se ingresa aire fresco en las primeras horas del día, principalmente de las direcciones Suroeste y Noreste. Los patios y zonas de vegetación funcionan como cajas enfriadoras del aire aportando también humedad al mismo. El espacio del atrio, protegido de la radiación solar, confina el aire fresco y lo distribuye a las zonas adyacentes. El aire viciado se expulsa por chimeneas solares periféricas de la envolvente, y por el lucernario del atrio. El calor generado por la radiación solar incidente en la cubierta se disipa gracias a la ventilación de la misma.

Durante la noche, los huecos de fachada se abren para la entrada de los vientos frescos refrigerándose la estructura del edificio, los muros y forjados (masa térmica). Mientras, el aire cálido es expulsado por el lucernario del atrio gracias al efecto chimenea, aumentando el desfase térmico.

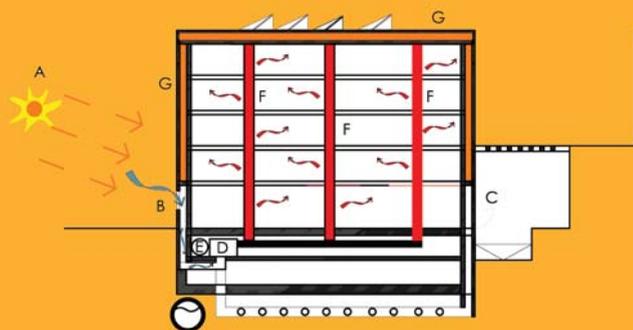


VENTILACIÓN MECÁNICA - MESES DE VERANO
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN



- A. Alta radiación solar de verano, medio día.
- B. Perfil de Edificio próximo a construir en medianero Norte.
- C. Ingreso de aire de renovación, por fachada norte, protegida de radiación en sombra por adosamiento de fachada Norte a muro medianero.
- D. Sistema de Conductos enterrado a profundidad de nivel freático (7m aprox.).
- E. Máquina de absorción / colectores solares + Máquina Intercambiadora de Calor.
- F. Conductos Verticales de aire climatizado, mediante circulación de aire forzado, ingreso de aire refrigerado a distintas plantas.
- G. Disipación de exceso de calor por refrigeración a Red de Aguas Brutas de la Cartuja.
- H. Funcionamiento de Piel ventilada, disipa radiación solar.

VENTILACIÓN MECÁNICA - MESES DE INVIERNO
SISTEMA DE CALEFACCIÓN



- A. Radiación solar de invierno, fachada Sur, medio día.
- B. Ingreso de aire de renovación , por fachada sur, mayor exposición a radiación aportación de calor a aire de ingreso.
- C. Cierre de admisión de aire a conductos enterrados.
- D. Máquina de absorción/ colectores solares + Máquina Intercambiadora de Calor.
- E. Caldera de Biomasa, de baja emisión, Hueso de aceituna + Pellet.
- F. Conductos Verticales de aire climatizado, mediante circulación de aire forzado, ingreso de aire calefactado a distintas plantas.
- G. Funcionamiento de doble Piel, con cámara de aire estanco, aporta mayor aislamiento a la envolvente como colchón térmico.

Ventilación Mecánica

En los meses de verano se introduce aire renovado por la fachada Norte, que está protegida de la radiación solar por la sombra que produce el propio edificio. Además esta fachada se configura como una semi medianera por lo que la introducción de aire por esta zona siempre aportará frescor. Este aire es conducido hasta unos conductos enterrados a la cota del nivel freático, donde la temperatura es sustancialmente inferior que la del ambiente. Después de circular por estos conductos, este aire pasa por la máquina intercambiadora de calor, donde el aire termina de ser enfriado en caso de ser necesario. Por último, en el interior, las columnas de ventilación recorrerán el edificio a modo de piezas escultóricas, distribuyendo de forma óptima el aire climatizado.

En los meses de invierno, el ingreso de aire de renovación se realiza por la fachada Sur, ya que ésta, al estar mas expuesta a la radiación solar, aporta más calor al aire de ingreso. La admisión a los conductos enterrados se cierra, para que estos no enfríen el aire. Después el aire es calentado, si así lo requiere, y se distribuye a todas las plantas mediante los conductos verticales de ventilación. Como apoyo a estas medidas, en la cámara de aire de la piel envolvente, se cierran los conductos que en verano permitían su ventilación, funcionando de esta manera como un colchón térmico.

● **Patios vegetales y láminas de agua:**

Los patios vegetales se ubicarán en las distintas plantas, permitiendo un enfriamiento natural y atenuando la temperatura ambiente. Reciben el aire exterior, y a modo de unidades de tratamiento del aire (UTAs), lo filtran y regulan su humedad para cederlo a las plantas, evacuándolo después por el lucernario del atrio central. Surgidos de la ya mencionada reinterpretación de la arquitectura andalusí, estas cajas enfriadoras, conjuntamente con el efecto evaporativo de las láminas de agua, mejoran de manera natural la calidad ambiental de los espacios interiores.

● **Pozos de Luz:**

La iluminación natural llegará a todo el edificio gracias a los pozos de luz que, como columnas luminosas, penetrarán en las zonas más bajas y alejadas de la fachada, reduciendo la necesidad de iluminación artificial y permitiendo un ahorro en energía eléctrica del 25%.

Sobre el atrio, gran pulmón del edificio, descansa el "lucernario mozárabe", elemento clave en la difusión de la luz, dejándola pasar en verano pero evitando la entrada de calor por radiación directa. En invierno, permite el acceso de ambos, cumpliendo también así, una importante función en la climatización del edificio.



Instalaciones de Energías Renovables

Además de los sistemas pasivos expuestos, se plantean instalaciones de distintas fuentes de energías renovables para cubrir las demandas requeridas por el uso del edificio.

Los captadores solares térmicos y módulos fotovoltaicos quedan integrados en la envolvente del edificio, tanto en fachada como en cubierta, cumpliendo varias funciones a la vez: revestimiento exterior del edificio, cerramiento de la cámara ventilada y elementos para el aprovechamiento de energías renovables.

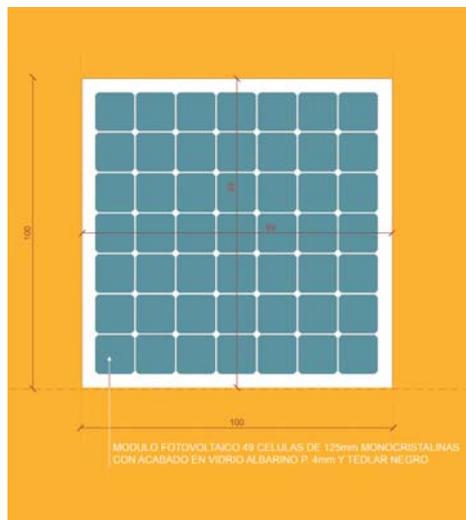
La dotación de 650m^2 de captadores solares térmicos planos y tubos de vacío, ubicados

principalmente en cubierta, hará posible el aprovechamiento eficiente de la energía solar para la refrigeración del edificio mediante una máquina de absorción, de esta forma se obtiene agua fría que será utilizada directamente en la climatización. La refrigeración solar permite utilizar la energía solar para la refrigeración, reduciendo así el empleo de energía primaria para climatización.

La instalación fotovoltaica se distribuye principalmente en la cubierta y fachada sur, con una superficie total de 800m^2 . Para esta instalación se ha realizado un estudio de investigación y desarrollo que ha definido un

módulo fotovoltaico de $1\times 1\text{m}$ compuesto por 49 células monocristalinas cubiertas con un vidrio albarino que aumenta el rendimiento de estas entre un 5 y un 8% anual. Además los módulos cuentan con un sistema de fijación de fácil colocación y desmontaje, tanto en fachada como en cubierta, con las conexiones de cableado por la subestructura de la envolvente, permitiendo un fácil mantenimiento de la instalación.

La energía eléctrica generada por la instalación fotovoltaica es inyectada a la Red, contribuyendo así a la generación limpia y distribuida de energía eléctrica.





Además se instalará como sistema apoyo para el sistema de calefacción y de refrigeración una caldera de biomasa. Se propone el uso de biomasa andaluza como combustible de dicha caldera por tres razones:

- Producto autóctono y abundante en la zona.
- Alto poder calorífico
- Precio muy competitivo.

La caldera de biomasa aportará la energía que no pueda cubrirse con los captadores solares y las premisas iniciales de diseño se estima que será alrededor de un 40-50% para refrigeración y un 5-10% en calefacción.

El consumo aproximado de biomasa de producción andaluza (pellet,

huesos de aceituna, etc.), estaría alrededor de las 45 toneladas anuales, lo que supone un volumen aproximado de 75m^3 .

Se calcula que el uso de instalaciones de energías renovables permitirá evitar la emisión de más de 100 toneladas de CO_2 a la atmósfera, lo que se equivale a una reducción de un 75% de estas emisiones en relación a las emitidas por un edificio tradicional.

Además, gracias a estas medidas, junto con las estrategias de diseño pasivo, se estima un ahorro en consumo de energía del 60% respecto a un edificio tradicional.

Por último destacar, respecto al nivel de confort ambiental exigido por el Código Técnico de la Edificación, que el edificio bajo condiciones normales obtendría niveles de confort superiores en un 46% a los exigidos por el CTE.



Ficha Técnica:

Arquitectos:	Ruiz-Larrea & Asociados Cesar Ruiz-Larrea Cangas Antonio Gómez Gutierrez Eduardo Prieto Gonzalez
Director Bioclimatismo Ruiz-Larrea & Asociados:	Hernán Bugeño Rubio
Instalaciones:	Aster Ingenieros
Estructura:	NB35
Asesores Técnicos:	Jaime López de Asiain Centro de Energías Renovables CENER Valeriano Ruiz Hernández Ramón Velázquez Vila Dirección Técnica de la Agencia Andaluza de la Energía
Mediciones y Presupuesto:	Gonzalo Cátedra Cátedra
Desarrollo Sistema de Fachada:	Sistemas TDM
Imágenes y Fotografías	Ruiz-Larrea & Asociados



La Agencia Andaluza de la Energía
agradece la colaboración prestada a las asociaciones solares,
empresas, y expertos que han facilitado información para la realización de esta publicación.

Fotografías:
Schüco International KG: 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Gamesa: 2, 3, 4, 5, 6, 7
OpciónDos Energía Natural, S.L.: 15, 16



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA

Agencia Andaluza de la Energía
Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa
Junta de Andalucía
C/ Isaac Newton nº 6 - 41092 - Sevilla
tel: 954 78 63 35 fax: 955 78 63 50
e-mail: informacion.aae@juntadeandalucia.es
www.agenciaandaluzadelaenergia.es