



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Integración de energías renovables en la
Arquitectura. La piel fotovoltaica.

Autor

Javier Piedrafita Pérez

Directores

Cristina Cabello Matud
Francisco Javier Magén Pardo

Escuela de Ingeniería y Arquitectura / EINA
2015



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Javier Piedrafita Pérez,

con nº de DNI 18169847-P en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Integración de energías renovables en la Arquitectura. La piel fotovoltaica

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada
debidamente.

Zaragoza, 19 de Noviembre de 2015

Fdo: Javier Piedrafita Pérez

Integración de energías renovables en la Arquitectura. La piel fotovoltaica.

Trabajo de Fin de Grado.

Autor: Javier Piedrafita Pérez.

Directores: Cristina Cabello Matud.
Francisco Javier Magén Pardo.

19 de noviembre de 2015.

Escuela de Arquitectura e Ingeniería.
Universidad de Zaragoza.

PRÓLOGO

Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (*IDAE*), los edificios de la Unión Europea consumen un 40% de la energía primaria que se produce, así mismo aportan también un 40% de emisiones de CO₂ a la atmósfera, un dato tremendamente preocupante debido al cambio climático.

Es por esto que la arquitectura se encuentra en un momento de profunda transformación hacia la sostenibilidad para reducir lo máximo posible la cantidad de estas emisiones provenientes en gran medida de la quema de combustibles fósiles. Para conseguirlo hay que minimizar la demanda energética de los edificios, realizando diseños bioclimáticos y ecoeficientes, además de maximizar la producción energética a través de las energías renovables.

Estos sistemas requieren de una buena integración arquitectónica buscando de esta manera el mayor rendimiento posible de las fuentes renovables. De las diferentes tecnologías que se pueden implantar, la que más posibilidades tiene de adaptación a la envolvente del edificio es la fotovoltaica, por eso esta propuesta de Trabajo Fin de Grado está destinada al análisis morfológico, de rendimiento energético, y constructivo de las nuevas soluciones, aportando diferentes posibilidades de integración en la arquitectura.



“La arquitectura solar no es una moda, es supervivencia”. Sir Norman Foster.

Índice:

Metodología de trabajo.	Pág. 7
1. Introducción.	Pág. 9
1.1 Objetivos de futuro.	Pág. 11
1.1.1. <i>Hacia donde vamos, 20/20/20.</i>	Pág. 11
1.1.2. <i>La legislación española.</i>	Pág. 11
1.2 Certificación LEED.	Pág. 12
1.1.1. <i>Distintos tipos de LEED®.</i>	Pág. 12
1.1.2. <i>Beneficios de la certificación.</i>	Pág. 12
1.3 Integración de energías renovables.	Pág. 13
1.1.3. Energía solar.	Pág. 13
1.1.3.1. <i>Energía solar térmica.</i>	Pág. 13
1.1.3.2. <i>Energía fotovoltaica.</i>	Pág. 13
1.4 <i>Edificios cero emisiones.</i>	Pág. 14
2. Radiación solar.	Pág. 15
2.1. Naturaleza de la radiación solar.	Pág. 16
2.2. Cálculo de componentes de radiación solar.	Pág. 16
2.3. La irradiancia: Orientación e inclinación.	Pág. 17
2.4. Radiación en superficies inclinadas.	Pág. 18
2.4.1. <i>Estimación de irradiancia a partir de irradiación diaria.</i>	Pág. 18
2.4.2. <i>Transformación de un generador.</i>	Pág. 18
2.5. Incertidumbre.	Pág. 18
2.6. Ángulo de Incidencia y suciedad.	Pág. 19
3. Energía Fotovoltaica.	Pág. 21
3.1. Fundamentos de la energía fotovoltaica.	Pág. 22
3.1.1. <i>Introducción.</i>	Pág. 22
3.1.2. <i>Células y módulos fotovoltaicos.</i>	Pág. 22
3.1.2.1. <i>La célula solar.</i>	Pág. 22
3.1.2.2. <i>El módulo fotovoltaico.</i>	Pág. 22
3.1.2.3. <i>Características mecánicas y estructura.</i>	Pág. 23
3.1.3. <i>Módulos fotovoltaicos para su integración arquitectónica.</i>	Pág. 24
3.1.4. <i>Edificios fotovoltaicos conectados a la red.</i>	Pág. 25
3.2. Diseño de la piel.	Pág. 26
3.2.1. <i>Diseño de un sistema fotovoltaico.</i>	Pág. 26
3.2.2. <i>Sistemas de fachada.</i>	Pág. 27
3.2.3. <i>Opciones de integración.</i>	Pág. 27
3.2.4. <i>Requisitos exigibles a los cerramientos.</i>	Pág. 27
3.3. Sistemas fachada ventilada.	Pág. 28
3.3.1. <i>Concepto de fachada ventilada.</i>	Pág. 28
3.3.2. <i>Principios de construcción.</i>	Pág. 28
3.3.3. <i>Integración de módulos fotovoltaicos en fachadas ventiladas.</i>	Pág. 28
3.3.4. <i>Mantenimiento y limpieza.</i>	Pág. 29
3.3.5. <i>Ejemplos de edificios realizados.</i>	Pág. 29
3.4. Muros cortina tradicional.	Pág. 30
3.4.1. <i>Concepto y tipos de muro cortina.</i>	Pág. 30
3.4.2. <i>Principios de construcción.</i>	Pág. 30
3.4.3. <i>Muros cortina con vidrio encolado.</i>	Pág. 30
3.4.4. <i>Integración fotovoltaica en muros cortina tradicionales.</i>	Pág. 31
3.4.5. <i>Mantenimiento y limpieza.</i>	Pág. 31
3.4.6. <i>Ejemplos de edificios realizados.</i>	Pág. 31

3.5. Muros cortina modulares.	Pág. 32
3.5.1. <i>Concepto de muro cortina modular.</i>	Pág. 32
3.5.2. <i>Principios de construcción.</i>	Pág. 32
3.5.3. <i>Integración fotovoltaica en muros cortina modulares.</i>	Pág. 32
3.5.4. <i>Mantenimiento y limpieza.</i>	Pág. 33
3.5.5. <i>Ejemplos de edificios realizados.</i>	Pág. 33
3.6. Lamas y parasoles.	Pág. 34
3.6.1. <i>Introducción.</i>	Pág. 34
3.6.2. <i>Principios de construcción.</i>	Pág. 34
3.6.3. <i>Integración fotovoltaica en lamas y parasoles.</i>	Pág. 34
3.6.4. <i>Mantenimiento y limpieza.</i>	Pág. 35
3.6.5. <i>Ejemplos de edificios realizados.</i>	Pág. 35
3.7. Cubiertas y lucernarios.	Pág. 36
3.7.1. <i>Introducción.</i>	Pág. 36
3.7.2. <i>Principios de construcción.</i>	Pág. 36
3.7.3. <i>Integración fotovoltaica en cubiertas y lucernarios.</i>	Pág. 36
3.7.3.1. <i>Cubiertas ciegas inclinadas.</i>	Pág. 36
3.7.3.2. <i>Cubiertas ciegas planas.</i>	Pág. 37
3.7.3.3. <i>Lucernarios y atrios acristalados.</i>	Pág. 37
3.7.4. <i>Mantenimiento y limpieza.</i>	Pág. 38
3.7.5. <i>Ejemplos de edificios realizados.</i>	Pág. 38
4. Integración Fovovoltaica en Arquitectura.	Pág. 39
4.1. Sede Agencia Andaluza de la energía.	Pág. 41
4.1.1. <i>Diseño sostenible.</i>	Pág. 42
4.1.2. <i>Reducción demanda energética.</i>	Pág. 43
4.1.3. <i>Producción con energías renovables.</i>	Pág. 43
4.1.4. <i>Funcionamiento del edificio.</i>	Pág. 44
4.2. Edificio LUCIA.	Pág. 47
4.2.1. <i>Diseño sostenible.</i>	Pág. 48
4.2.2. <i>Reducción demanda energética.</i>	Pág. 49
4.2.3. <i>Producción con energías renovables.</i>	Pág. 49
4.2.4. <i>Funcionamiento del edificio.</i>	Pág. 50
4.3. CIEM Zaragoza.	Pág. 53
4.3.1. <i>Diseño sostenible.</i>	Pág. 54
4.3.2. <i>Reducción demanda energética.</i>	Pág. 55
4.3.3. <i>Producción con energías renovables.</i>	Pág. 55
4.3.4. <i>Funcionamiento del edificio.</i>	Pág. 56
4.3.5. <i>Cálculos y simulaciones.</i>	Pág. 58
4.3.5.1. <i>CIEM Convencional.</i>	Pág. 59
4.3.5.2. <i>CIEM Ley 23/2013.</i>	Pág. 61
4.3.5.3. <i>CIEM Ley 900/2015.</i>	Pág. 63
4.3.5.4. <i>CIEM sin peajes.</i>	Pág. 65
4.3.6. <i>Reportaje fotográfico.</i>	Pág. 68
5. Reflexiones y conclusiones.	Pág. 71
6. Bibliografía.	Pág. 75
7. Anexos.	Pág. 79
7.1. Las 10 claves del RD 900/2015 de autoconsumo.	Pág. 80
7.2. Planos generales.	Pág. 81
7.3. Secciones constructivas de la envolvente.	Pág. 87
7.4. Fichas técnicas.	Pág. 99

METODÓLOGIA

Para el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado se propone una visión acerca de la integración de las energías renovables en el sector de la edificación con la intención de conseguir edificios cero emisiones, todo ello recogido en el marco normativo europeo del 20/20/20, para conseguir reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

Primeramente se muestra el estudio de una serie de soluciones fotovoltaicas integradoras en la envolvente de algunos edificios que ya están construidos, con la intención de tener un conocimiento más amplio sobre la energía fotovoltaica como fuente renovable y elemento que forma parte de la arquitectura.

El siguiente paso ha sido la selección de tres edificios similares en cuanto a la utilización de energías renovables en el territorio nacional, en todos ellos se tratan los mismos puntos en común con la intención de ver tanto las similitudes como las diferencias. La elección del CIEM viene determinada además de por ser un edificio cero emisiones localizado en nuestra ciudad, por poder tener acceso a datos más concretos acerca del funcionamiento de este tipo de edificios. Para tener una visión más amplia sobre esta tipología edificatoria, se han seleccionado otros dos ejemplos ubicados en territorio nacional que se tratan de manera más genérica, sin aportar datos concretos.

Y para terminar el estudio, se han realizado diferentes simulaciones energéticas para ver como influye la energía fotovoltaica. Todo ello para saber que rentabilidades económicas aportan este tipo de soluciones en un edificio en concreto.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer el apoyo mostrado de mis tutores, y a David Cambra Campillo y a Octavio Cabello Villalobos, además de por la documentación aportada, por el tiempo que me han dedicado para el correcto desarrollo de este Trabajo Fin de Grado.

Según la Asociación Española para la Ciudad (AEC). “La arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta el impacto que va a tener el edificio durante todo su Ciclo de Vida, desde su construcción, pasando por su uso y su derribo final. Considera los recursos que va a utilizar, los consumos de agua y energía de los propios usuarios y finalmente, qué sucederá con los residuos que generará el edificio en el momento que se derribe.

Su principal objetivo es reducir estos impactos ambientales y asumir criterios de implementación de la eficiencia energética en su diseño y construcción. Todo ello sin olvidar los principios de confortabilidad y salud de las personas que habitan estos edificios. Relaciona de forma armónica las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales y estéticos y la vinculación con el entorno natural o urbano, para lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras.”¹



[1.01] Magic Box desplegada (con patio interior), Madrid.

- Generalidades.

La Arquitectura sostenible se basa fundamentalmente en aprovechar al máximo las condiciones del terreno, el recorrido del Sol y las corrientes de aire, para así poder orientar los huecos de la edificación de la mejor manera posible. Todo esto no tiene porque condicionar el hecho arquitectónico, ya que se pueden realizar edificaciones perfectamente integradas en lo referente al diseño y ser consideradas como buena arquitectura.

Ya en la arquitectura vernácula se tuvieron en cuenta siempre diversos aspectos bioclimáticos, debido a la inexistencia de elementos productores de calor o frío, se tenían que buscar soluciones para los saltos térmicos entre verano e invierno, y una de las soluciones típicas era el conseguir viviendas con gran inercia térmica, una manera de conseguirlo era viviendo bajo tierra, o en cuevas, aprovechando el calor que generaba la tierra. Existen ejemplos en la arquitectura tradicional, como pueden ser los ventanales orientados al sur en las regiones de clima frío del hemisferio norte, el uso de ciertos materiales

con determinadas propiedades térmicas, como la madera, la piedra o el adobe, el abrigo del suelo, el encalado en las casas mediterráneas para mantener el interior fresco en verano, o la ubicación de los pueblos, etc. La arquitectura bioclimática es, en definitiva, una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental.



[1.02] Las cuevas de los gitanos, en el Sacro Monte, de G. Doré.

- Claves de una Arquitectura sostenible.

Quizás el punto más importante a la hora de realizar un edificio sostenible es el estudio del emplazamiento. Tanto Le Corbusier como Frank Lloyd Wright hicieron diversos escritos en los que hacían hincapié sobre la importancia del mismo en sus obras. Para un Congreso Internacional celebrado en Milán en 1954, Le Corbusier realizó uno llamado “Les 24 heures Solaires” que hace una relación a la necesidad de satisfacer unas buenas condiciones de habitabilidad.

La orientación que ha de tener el edificio, que influirá en el soleamiento y la protección solar serán también puntos a tener en cuenta. Como se verá más adelante, algo que tienen en común todos los edificios estudiados es una buena ventilación cruzada con la que poder renovar el aire interior.

De la misma manera la utilización de buenos aislantes que limiten la pérdida energética del edificio, a la vez que lo aíslan del exterior será importante a la hora de desarrollar el proyecto, así como la elección de materiales que tengan una buena inercia térmica.

1.1. OBJETIVOS DE FUTURO.

1.1.1. La apuesta 20/20/20 para 2020.



[1.03] Europa: Objetivo 20/20/20.

El cambio climático es uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la sociedad, se necesitan medidas urgentes para combatir este problema, se quiere estabilizar la temperatura de la superficie del planeta para evitar daños en un futuro próximo. Desde la Unión Europea se ha propuesto una serie de medidas que se han de cumplir de cara al año 2020.

- Las emisiones de CO₂ a la atmosfera aumentan el efecto invernadero, por lo que se pretende reducir estas emisiones en un 20%, si se alcanza un acuerdo internacional se llegará al 30%.
- A través de la mejora de la eficiencia energética se quiere reducir en un 20% el consumo de energía en los edificios, potenciando así las energías renovables. Además, en cada país el 10% de los transportes públicos deberán utilizar biocombustibles.
- Y por último se promoverán las energías renovables hasta en un 20%.

El objetivo del 20/20/20 de cara al año 2020 no es otro que encaminarnos hacia un futuro en el que las energías renovables cobren gran importancia a la hora de diseñar edificios para tener un futuro lo más sostenible posible.

Existe el inconveniente de que no todos los países de la Unión Europea se están tomando estas medidas en serio, se constatan importantes retrasos en algunos países, entre ellos España. Es por esto que la Comisión Europea ha impulsado en estos años algunas medidas para asegurarse que se cumplen los objetivos marcados para el año 2020.

Entre ellas cabe destacar la directiva 2009/28/CE de renovables (DER), la 2010/31/UE de eficiencia energética de edificios, (DEEE) y la 2012/27/UE de eficiencia energética (DEE). Tanto la DER como la DEEE subrayan explícitamente la importancia de la integración de las energías renovables tanto en proyectos urbanísticos como de edificación. Es más, la DEEE obliga que a partir del 2019 todos los edificios públicos nuevos se

aproximen a Edificios Cero Emisiones, y a partir de 2021 se extienda a la totalidad de los edificios.

Otra de las medidas que se toman para alcanzar los objetivos deseados es el régimen de comercio de derechos de emisión por el que a través de los países de la Unión Europea se pueden comprar o vender derechos de emisión en los límites de toda la Unión. Como consecuencia se pretenden reducir las emisiones de una manera rentable.

Es necesario nombrar uno de los pilares básicos para el buen funcionamiento de las acciones comunitarias en la década en la que nos encontramos, se trata del SET Plan (Plan para el desarrollo de Tecnologías Estratégicas).

1.1.2. La legislación española.

El marco normativo español incluye diversas referencias en cuanto a la producción de energía eléctrica a través de energías renovables ya sea de manera total o parcial en relación al autoconsumo.

En 1997 la Ley 54 del 27 de noviembre, el Sector Eléctrico incluía el concepto de autoproduccion en la definición de productores de energía.

La Ley 24/2013² se encargo de derogar esta norma, en la que se realizan cambios en los criterios acerca de los parámetros retributivos y establece un régimen retributivo específico mediante procedimientos de concurrencia competitiva.

En su artículo 9, que es el que regula el autoconsumo de energía, lo define como *“el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor”*. Esta ley también diferencia entre 3 tipologías diferentes de autoconsumo: suministro con autoconsumo, producción con autoconsumo, producción con autoconsumo de un consumidor conectado a través de una línea directa con una instalación de producción.

Para concluir, hace relativamente poco se ha decidido cambiar esta ley de 2013 por un nuevo Real Decreto denominado, 900/2015³, aunque la base es la de esta ley anterior. Es una reforma muy polémica debido a su controvertido impuesto al sol, en la cual los productores de energía tendrán que pagar peajes tanto por la potencia contratada (aunque no se utilice), como por la potencia que tenga la instalación solar del propio edificio. De la misma manera se pagarán peajes en relación a los kW producidos por la instalación fotovoltaica.

1.2. CERTIFICACIÓN LEED®.

LEED (*acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design*) es un sistema de certificaciones para edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (*US Green Building Council*), fue implantado en 1998, y desde ese momento se ha convertido en una certificación buscada por la mayoría de los países para demostrar su interés por la sostenibilidad.

Para que un proyecto obtenga esta certificación se le evaluará respecto de unas categorías, existiendo una base de 100 puntos además de 6 posibles en Innovación y 4 sobre la prioridad regional.

1. Sitios Sustentables (26 puntos).
2. Eficiencia en el Uso del Agua (14 puntos).
3. Energía y Atmósfera (35 puntos).
4. Materiales y Recursos (10 puntos).
5. Calidad del Ambiente Interior (15 puntos).
6. Innovación en el Diseño (6 puntos).
7. Prioridad regional (4 puntos).



[1.04] Iconos representativos de las 7 categorías.

De esta manera se consigue que cada edificio tenga una serie de puntos o créditos, por lo que se le otorgará una de las cuatro certificaciones existentes dependiendo de los créditos obtenidos:

- Certificación básica (40-49 puntos).
- Certificación Plata (50-59 puntos).
- Certificación Oro (60-79 puntos).
- Certificación Platino (80-110 puntos).



[1.05] Iconos de las 4 certificaciones existentes.

1.2.1. Distintos tipos de LEED®.

Hay que diferenciar entre diferentes tipos de certificaciones según el uso al que van a estar dirigidos. Entro los mas importantes nos encontramos:

1. LEED NC; certificación para nuevas construcciones de oficinas comerciales.
2. LEED EB; para edificios existentes, se tiene como objetivo maximizar la eficiencia operativa y reducir al mínimo los impactos ambientales del edificio.
3. LEED for Homes; únicamente para edificios de uso residencial, se promueve el diseño y la construcción de viviendas bioclimáticas.
4. LEED ND; se otorgará al desarrollo de barrios, integrando los principios de crecimiento inteligente, el urbanismo y sus edificaciones.
5. LEED SC; certificación que se otorgará a edificaciones de carácter educacional.

1.2.2. Beneficios de la certificación.

Cualquier edificio que haya sido diseñado a través de las pautas que marca esta certificación, puede ahorrar fácilmente entre un 30 y un 50% de energía con respecto a los edificios convencionales. Un edificio bioclimático aumentará significativamente la productividad de sus ocupantes, ya que su diseño se basa en la calidad de los espacios habitables, así como en la necesidad de los residentes a tener gran cantidad de iluminación natural durante todo el día. Además de esto serán importantes los niveles acústicos, térmicos, y una ventilación suficiente, etc.

Por otra parte una edificación certificada reduce los efectos negativos que la construcción pudiese tener en el medio ambiente, reduce las emisiones de CO₂ al medio ambiente, evitando el daño a la capa de ozono, los desechos generados son menores, y se tienden a conservar los entornos naturales protegiendo de esta manera los ecosistemas y la biodiversidad del lugar. Cabe destacar que el hecho de que un edificio tenga esta certificación, será importante de cara a su divulgación, ya que se considerará un edificio superior en relación al promedio, ya que su reconocimiento es a nivel mundial.



[1.06] Distrito C de Telefónica, Alcalá de Henares. Certificación Oro, 61/110.

Con esta certificación se incentiva que los edificios tiendan al autoconsumo.

1.3. ENERGÍAS RENOVABLES EN LA EDIFICIÓN.

En la época en la que vivimos existe un interés por cuidar el planeta y reducir los niveles de contaminación, se intenta potenciar el uso de las energías renovables y su integración en los edificios plantea nuevos métodos de hacer arquitectura.

A través de la integración de fuentes de energía renovable, se puede llegar a conseguir que el consumo sea propio de la edificación y no contaminante. A estos edificios los conoceremos por el sobrenombre de “edificios cero emisiones”, de los que se hablará más adelante. En el caso de que estos edificios generen más energía de la que necesitan, se podrá vender a la red o incluso a edificios colindantes la energía sobrante y se conocerán como “edificios energía plus”, solo si el edificio tiene una tipología de autoconsumo tipo 2 según el RD 900/2015. *El edificio que vierta energía a la red siendo del tipo 1, la verterá gratuitamente sin obtener ningún tipo de beneficio económico.*

En Arquitectura están presentes diversas energías renovables, como pueden ser la biomasa, la eólica, o la energía geotérmica, pero es la energía fotovoltaica la que mas posibilidades de integración arquitectónica posee de entre todas ellas.

2.1.1. Energía solar.

Cada año genera una radiación que aporta varios miles de veces la cantidad que se consume por fuentes convencionales. Al recoger esta radiación solar, podemos transformarla en energía térmica mediante colectores solares, o en electricidad a través de paneles fotovoltaicos.

2.1.1.1. Energía solar térmica.

La energía solar térmica se basa en la obtención de la radiación solar a través de paneles solares, con los que posteriormente se producirá la energía necesaria para satisfacer numerosas necesidades como pueden ser la obtención de ACS (Agua Caliente Sanitaria) o para la calefacción de cualquier edificio.



[1.07] Paneles solares de producción de ACS.

Esta energía no solo se utiliza en edificaciones, tiene multitud de posibilidades, y así se puede ver en el campo de la agricultura. Se puede aplicar a los invernaderos favoreciendo así las cosechas tanto en calidad como en cantidad al conseguir temperaturas más cálidas en las épocas invernales. Incluso las plantas de desalinización se aprovechan de estos sistemas para así no consumir ningún tipo de combustible.

Si se utilizará este sistema de manera mayoritaria se podría hablar de reducciones del 25% del consumo de energía convencional en viviendas, con la consiguiente reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. La obtención de ACS supone alrededor del 28% del consumo de energía en las viviendas.

2.1.1.2. Energía fotovoltaica.



[1.08] Paneles fotovoltaicos de producción de electricidad.

La energía fotovoltaica es una fuente de generación eléctrica que debido a sus características se puede integrar correctamente en los edificios. Al tratarse de elementos modulares se pueden manipular con facilidad lo que ayuda a su colocación. Su implantación es un éxito en parte de Europa, así como Estados Unidos o Japón, pero en España la integración de esta energía todavía no esta lo extendida que debería.

Puede ser debido a que la instalación de tecnologías que no conocemos demasiado, cause algún tipo de miedo a la hora de desarrollar los proyectos. Aunque se puede afirmar que es una tecnología completamente segura a la vez que fiable. Esto parece ser que lo comparten muchos arquitectos que consideran los paneles solares una intromisión a la hora de proyectar, y los ven como algo completamente ajeno al proceso de diseño. En el caso de los promotores ven como esta instalación aumenta el presupuesto inicial, por lo que son reacios a su instalación, aunque a la larga sea algo completamente rentable. En el apartado de cálculos se podrá ver un desarrollo de la energía producida por el edificio CIEM de Zaragoza, junto con la repercusión económica que tiene dependiendo de las normativas anteriormente comentadas.

1.4. EDIFICIO CERO EMISIONES.

Los “Edificios Cero Emisiones” como se ha comentado antes brevemente son los edificios que aprovechan los recursos naturales para producir su propia energía, sin la necesidad de depender de fuentes externas, para que el balance de emisiones de CO₂ sea nulo durante el funcionamiento del mismo.

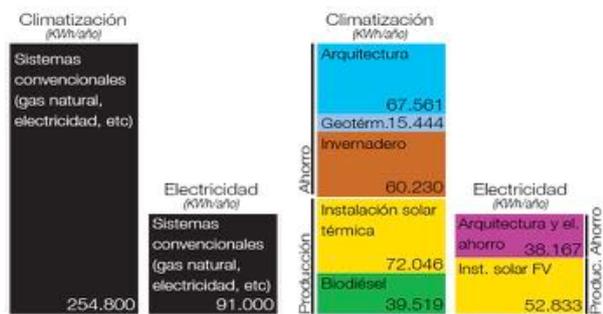


[1.09] Sede Social de Acciona Solar, Sarriguren.

Para introducir este concepto de manera breve se empleará la Sede Social de Acciona Solar (Sarriguren), de los arquitectos Miguel Ángel Garaikoetxea y Pedro Ansa, debido a que es el primer edificio en España de uso comercial, (2006). El edificio consigue ahorrar el 52% del total de la energía que consume el edificio a lo largo de un año en comparación con un edificio convencional gracias al diseño pasivo, y cubre el resto hasta llegar al 100% con energías renovables.

Todo esto se consigue gracias a dos conceptos.

- Minimizar la demanda energética, mediante características bioclimáticas y ecoeficientes del edificio.
- Maximizar la producción de energía de las fuentes renovables instaladas.



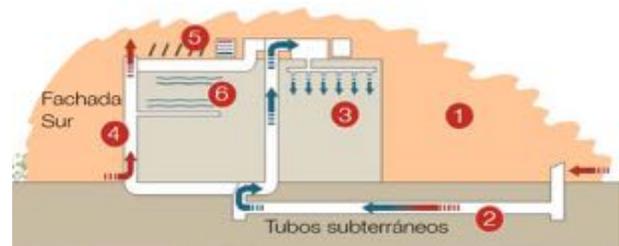
[1.10] Gráfica comparativa de un sistema convencional a uno renovable en el edificio de Acciona Solar.

En este gráfico podemos ver por un lado (*en color negro*) las necesidades del edificio totales como si de un edificio convencional se tratará. Y en la parte derecha (*en colores*) se desarrolla un esquema en el que se puede ver como estas necesidades son cubiertas por un edificio bioclimático sin necesidad de aportes energéticos ajenos al edificio.

Por un lado se observa como la parte del ahorro (*azules y naranja*) es la que equivale al 52%, y se basa en un buen diseño del edificio. Y por otro el 48% restante que equivale a las producciones que generarán las instalaciones. Es de vital importancia orientar el edificio de la mejor manera posible para aprovecharse del Sol, así como generar edificios en cierta manera compactos. Una vez orientado el edificio hay que estudiar las 4 fachadas por separado, ya que en cada una de ellas el Sol tiene una influencia diferente.

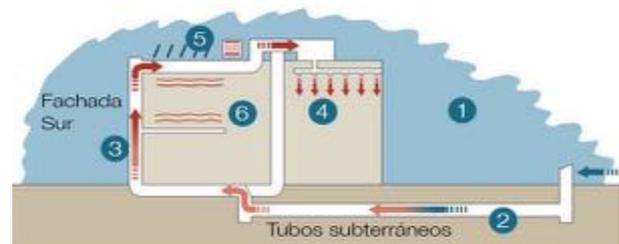
La fachada Sur, la más expuesta al Sol, esta construida como si de un invernadero se tratará, formada por ventanales interiores y exteriores. El aire entra por la parte inferior de la misma, tras calentarse se deja escapar por las compuertas de la parte superior o recuperarlo para el sistema de climatización.

La fachada Oeste se ha realizado sin aberturas para evitar ganancias de energía en verano, así como la plantación de arboles de hoja caduca delante de la misma para protegerla del Sol del atardecer estival, y poder aprovecharlo en invierno.



[1.11] Esquema de demanda de frío en el edificio.

En épocas estivales (1), el aire de renovación se introduce por los tubos canadienses (2), se enfría en contacto con el terreno y, tras pasar por dos climatizadoras, se distribuye por los conductos de climatización (3). La fachada sur se abre para que circule el aire y evitar que caliente el interior (4). A través de los colectores solares (5) se transforma la energía en frío para distribuirse por techos y suelos (6).



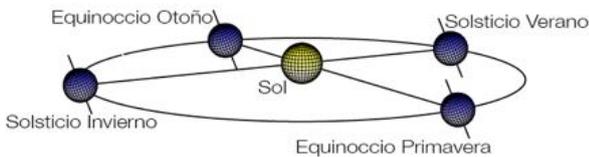
[1.12] Esquema de demanda de calor en el edificio.

En invierno cuando el exterior la temperatura es fría (1), los tubos canadienses calientan el aire de renovación (2), y posteriormente se envía al invernadero para subir más la temperatura (3), antes de introducirlo al interior (4). Los colectores solares (5) se encargan de absorber energía para calefactar el edificio por suelos y techos radiantes (6).

2.1. NATURALEZA DE LA RADIACIÓN SOLAR.

La radiación que emite el Sol en el exterior de la atmósfera terrestre antes de llegar a nuestra geografía se dispersa por el vacío en todas direcciones. Esto implica que al no encontrarse con medios materiales las pérdidas son casi nulas. Sin embargo cuando se habla de esta radiación solar (W/m^2), ésta se ve atenuada de acuerdo al cuadrado de la distancia. Solo parte de la misma llegará al planeta Tierra para poder beneficiar de ella. Debido a la distancia que existe entre el planeta y el astro ($149.597.970 \text{ km}$) se puede afirmar que tendrá un valor constante en toda la superficie terrestre. Según la NASA, esta irradiancia solar incidente en un plano normal al vector Sol-Tierra tiene un valor de 1353 W/m^2 conocido por B_0 .

El movimiento terrestre se compone de una translación alrededor del sol, y una rotación sobre sí misma. El movimiento de translación de la Tierra podemos definirlo como una elipse de baja excentricidad en la que el Sol es el foco principal.



[2.01] Esquema del movimiento terrestre entorno al Sol.

Debido a esa baja excentricidad, la distancia entre el Sol y la Tierra durante el movimiento de translación será variable, por lo que para el cálculo de la irradiancia solar incidente se establece la ecuación:

$$B(\theta) = B_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \cos\theta_{zs} \quad (\theta \text{ es un ángulo tangente a la atmósfera}).$$

La radiación solar a su paso por la atmósfera es sometida a numerosos procesos de reflexión, atenuación y difusión que alterarán sus características. Por ejemplo las nubes tienden a producir efectos de reflexión sobre la radiación.

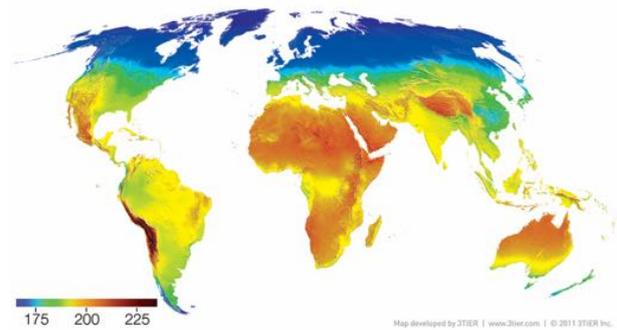
Si se quiere calcular la irradiancia que termina incidiendo sobre una zona concreta de la Tierra habrá que distinguir entre tres aportaciones:

- Radiación directa, $B(\theta)$: es la irradiancia que llega a la superficie terrestre perpendicularmente desde el Sol.
- Radiación difusa, D : representa la radiación procedente de todo el cielo, descontando la aportación de radiación directa.
- Radiación de albedo, R o AL : es la fracción de la radiación procedente de la reflexión en el suelo. Es casi despreciable.

La irradiancia global será: $G = B(\theta) + D + R$

2.2. CÁLCULO DE COMPONENTES DE RADIACIÓN SOLAR.

Para saber la energía que produce un sistema fotovoltaico se necesita cierta información acerca de la radiación incidente en el plano del colector solar. Cuando se intenta predecir la energía que estos sistemas producirán en el futuro, el problema reside lógicamente en saber la irradiancia que recibirá a partir de la información conocida para cada zona geográfica. Por lo general, las bases de datos existentes aportan información sobre la radiación global en el plano horizontal. Normalmente los datos se encuentran con valores de radiación diaria, aunque los utilizados en este trabajo son datos mensuales según la aplicación online PVGIS⁴.



[2.02] Irradiancia global horizontal, Global Mean Solar Irradiance, 3TIER.

Liu y Jordan en 1960 realizaron los primeros intentos en describir el comportamiento variable de la radiación solar. Para caracterizar la radiación solar propusieron el índice de claridad K_T , siendo la relación entre la radiación global y la extra-atmosférica $B_0(\theta)$ en el plano horizontal.

- El índice de claridad diario:

$$K_{Td} = G_d(\theta) / B_{0d}(\theta)$$

- El índice de claridad mensual:

$$K_{Tm} = G_{d,m}(\theta) / B_{0d,m}(\theta)$$

Relacionaron el índice de claridad con la fracción de radiación difusa (F_D), calculada como la relación entre la irradiancia difusa y la irradiancia global, ambas en el plano horizontal (θ).

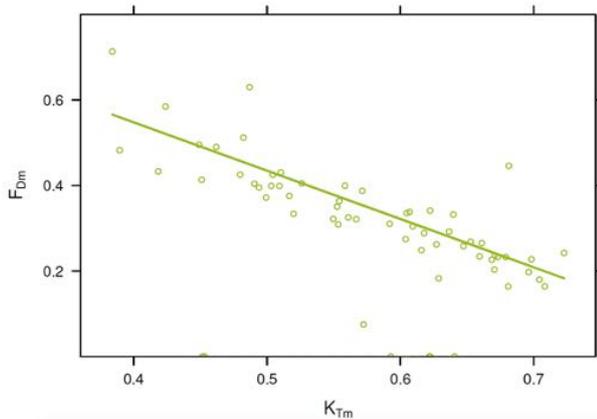
$$F_D = D(\theta) / B(\theta)$$

Cuando el cielo apenas tiene nubosidad la K_T tenderá a uno, y por lo tanto la fracción de radiación difusa se acerca a cero. Los cielos nubosos tienen la característica de poseer radiaciones difusas elevadas e índices de claridad bajos. Dicho análisis pudo recoger simultáneamente valores de radiación difusa y global, y de esta manera se comprobó una correlación negativa entre dichos parámetros. Si nos fijamos en la definición del índice de claridad, la

expresión de la correlación para medidas mensuales se hace independiente para cada localidad, por lo que se puede aceptar la relación:

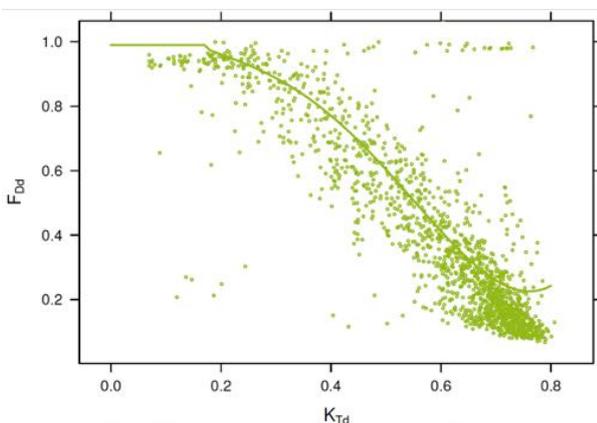
$$F_{DM} = 1 - 1,13 \cdot K_{TM}$$

La idea de todo esto es la obtención de la información necesaria con el propósito de poder controlar de una manera efectiva la energía producida por un sistema fotovoltaico durante un largo periodo de tiempo en cualquier parte de la superficie terrestre. Algo indispensable a la hora de poder definir el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas.



[2.03] Correlación entre índice de claridad y fracción difusa en valores mensuales. Datos, HELIOS-IES.

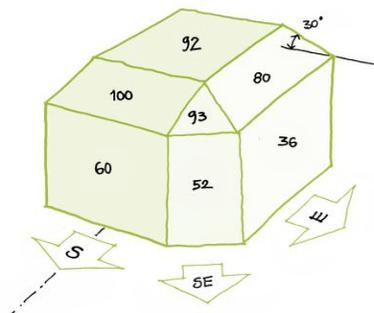
Los datos de radiación existentes en las bases de datos vienen de medidas realizadas por estaciones terrestres o bien a partir de imágenes de satélite. Dichas estaciones que pueden encontrarse en multitud de lugares, poseen un elemento llamado piranómetro que será el encargado de medir la radiación global.



[2.04] Correlación entre índice de claridad y fracción difusa en valores diarios. Datos, HELIOS-IES.

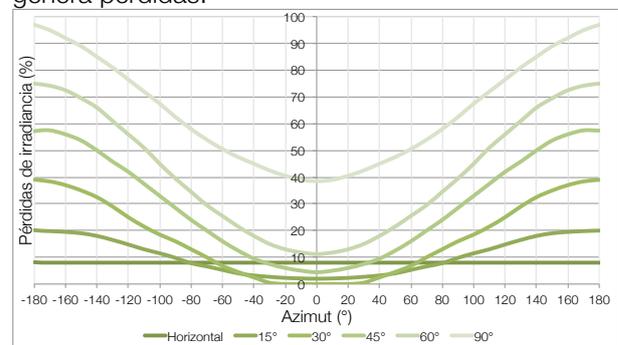
2.3. LA IRRADIANCIA: ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.

La irradiancia es la energía solar que recibe un módulo por unidad de tiempo y superficie. Este parámetro es el más importante a la hora de cuantificar la energía aportada por un sistema fotovoltaico. La irradiancia dependerá directamente de la radiación solar local, la orientación e inclinación de los módulos. En términos anuales, un módulo producirá la energía máxima con una orientación sur y una inclinación entre 5 y 10 grados por debajo de la latitud local (*Madrid, 40° 27' 0" N*) implica que tengan una inclinación entre 30 y 35 grados. (*Zaragoza, 41° 38' 00" N*) inclinación correcta de 31 a 36 grados sobre la horizontal.



[2.05] Irradiación solar recibida por distintas superficies de un envolvente tipo en Madrid. Unidades porcentuales.

A continuación se muestran las pérdidas en relación a las orientaciones de los módulos. En general, la influencia de la orientación en el rendimiento empieza a ser significativa cuando superamos los $\pm 20^\circ$ en torno al Sur. Cuando colocamos módulos sobre fachadas presentan unas pérdidas mínimas de un 40%. En cambio colocarlas de manera horizontal sobre a cubierta apenas genera pérdidas.



[2.06] Curvas de pérdidas anuales de irradiancia en función del ángulo azimutal en Madrid.

Cubiertas y elementos que generen sombra (*marquesinas, toldos, pérgolas, etc.*) con orientación sur y una inclinación de 6° menor que la latitud local consiguen el máximo rendimiento solar, y por tanto la generación eléctrica más alta que se puede conseguir en términos anuales.

2.4. RADIACIÓN EN SUPERFICIES INCLINADAS.

Para obtener la irradiación global sobre un plano inclinado, se partirá siempre de la irradiación global sobre un plano horizontal.

Como punto de partida se seleccionarán los valores de irradiación global diaria en el plano horizontal. Y si se da el caso de no tener dichos datos se podrá hacer utilizando la ecuación de valores mensuales, F_{DM} , realizando la media tanto de la irradiación directa como de la difusa.

Cuando se integran los valores de irradiancia se obtendrán las estimaciones de irradiación difusa, directa y global en el plano generador. El apellido "incidente" tiene en cuenta la inclinación y orientación del generador, se ha de añadir el de "efectiva" en cuanto se tienen en cuenta las pérdidas por suciedad, transmitancia del vidrio y la reflexión por incidencia no perpendicular. Será esta irradiancia la que se utilizará para calcular la dimensión de cualquier instalación fotovoltaica.

2.4.1. Estimación de irradiancia a partir de irradiación diaria.

La variación solar durante una hora se puede asegurar que es realmente baja, de la misma manera se puede suponer que el valor medio de la irradiancia durante esa hora coincidirá con la irradiación horaria. Por otra parte el análisis de los valores en largos periodos de tiempo muestran que la relación entre irradiancia e irradiancia difusa es equivalente a la existente entre la irradiancia y la irradiación extra-atmosférica:

$$r_D = [D(0) / D_d(0)] = [B_0(0) / B_{od}(0)]$$

El mismo análisis muestra la relación entre irradiancia e irradiación global:

$$r_G = [G(0) / G_d(0)] = r_D \cdot [a + b \cdot \cos(\omega)]$$

siendo:

$$a = 0,409 - 0,5016 \cdot \sin[\omega_s + (\pi/3)]$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \cdot \sin[\omega_s + (\pi/3)]$$

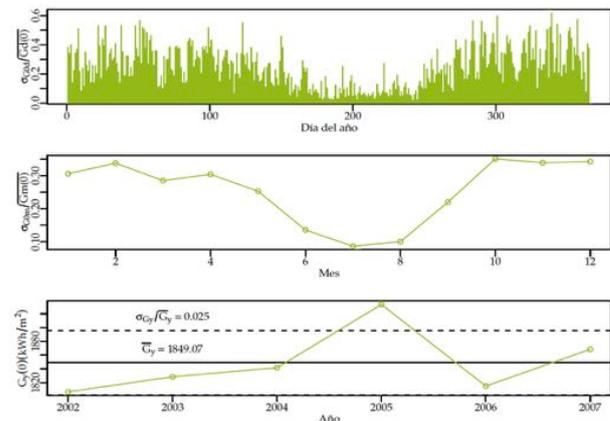
2.4.2. Transformación al plano generador.

La irradiancia directa es calculable mediante criterios puramente geométricos, teniendo en cuenta el ángulo cenital solar y el ángulo de incidencia en el generador. Cuando el sol se encuentra detrás del mismo, el coseno del ángulo se considerará como negativo.

2.5. INCERTIDUMBRE.

Una vez se han obtenido los valores correspondientes de irradiancia sobre un plano inclinado, se podrá calcular la irradiación diaria, mensual, o anual sobre cualquier plano. Normalmente lo que se busca en estas instalaciones es saber la cantidad de energía que producirá un sistema de estas características en un periodo largo de tiempo, y es aquí donde entra el concepto de incertidumbre.

La intención de este proceso es poder analizar la incertidumbre para periodos diarios ($\sigma_{G_{0d}} / G_d(0)$), mensuales ($\sigma_{G_{0m}} / G_m(0)$), y anuales ($\sigma_{G_{0y}} / G_y(0)$) de la irradiación global horizontal.



[2.07] Variabilidad de la irradiación diaria, mensual y anual entre 2002-2007. JUNTA DE ANDALUCIA : «Estación Carmona-Tomejil», 2010.

Para conocer la irradiancia para una fecha concreta llevará asociada lógicamente una incertidumbre que será variable dependiendo de la época del año, aunque el valor de la misma será elevado. Si este proceso se lleva al cálculo de la irradiancia de una mes, reduciremos la incertidumbre pero continuará siendo alta. Ahora bien, si esto se intenta realizar para un ciclo de vida, la teoría estadística muestra que la desviación estándar asociada es sustancialmente inferior. De esta manera se puede asegurar que la incertidumbre será menor cuanto mayor sea el periodo de tiempo que se estudie.

Esta variabilidad diaria puede variar entre 0,60 para fechas invernales y 0,10 en verano. Los valores mensuales van entre 0,35 y 0,10. Y la incertidumbre relativa anual será aproximadamente de 0,025.

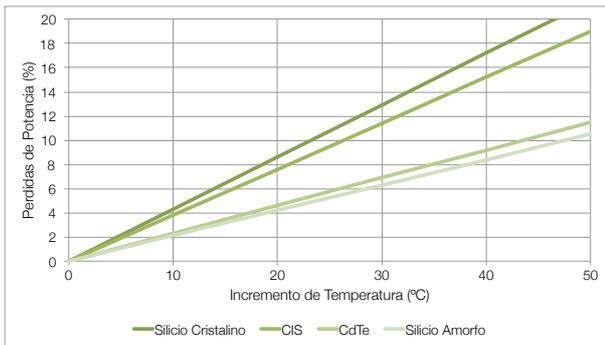
El paso a la radiación en un plano inclinado verá incrementada la incertidumbre relativa, lo que no dejará de ser un problema a la hora de realizar los cálculos oportunos. Lo correcto en este caso será descartar los valores diarios para realizar predicciones del comportamiento en un periodo prolongado de tiempo.

2.6. FACTORES DE PERDIDAS.

Los paneles fotovoltaicos van a presentar una serie de factores por los que se vera reducida la energía generada. Esto significa que nunca podrán dar el 100% de la energía que teóricamente marcan los distribuidores.

- Temperatura.

Un módulo fotovoltaico de silicio cristalino pierde un 4,3% de potencia por cada 10°C de temperatura interior. En el caso de los de silicio amorfo este dato se ve reducido a la mitad, siendo de 2,1%, con un buen comportamiento a altas temperaturas.



[2.08] Variación lineal de las pérdidas de potencia en relación a la temperatura de sus células.

Una adecuada ventilación en la cara posterior de los módulos implica una disminución en la temperatura de trabajo de las células mejorando así su rendimiento. Si se pretenden integrar arquitectónica en fachadas, se aconseja colocar una cámara de aire de al menos 10 cm de espesor. Con esta ventilación también se consiguen evitar los problemas de condensación.

- Dispersión o disparidad.

Estas pérdidas se asocian a la conexión de módulos de diferentes características eléctricas. La tensión resultante de conectar módulos distintos en paralelo es la del módulo de menor tensión. Si se conectan en serie, la intensidad final es igual a la menor de las que suministran separados.

- Cableado y conexiones.

Usar cables de sección adecuada y reducir la distancia entre el generador y el sistema de acondicionamiento de potencia reduce estas pérdidas. Las pérdidas en las conexiones son muy frecuentes, para evitarse hay que realizar buenos contactos, y utilizar cajas estancas. Unas pérdidas aceptables se sitúan entre el 1,5-2,0% en la parte continua y entre un 0,5-1,0% en la alterna.

- Suciedad.

La suciedad superficial de los módulos es otro de los motivos que generan pérdidas en la producción de energía, pero se considera un factor evitable ya que se pueden realizar limpiezas periódicas en el caso de que el agua de lluvia no sea suficiente.

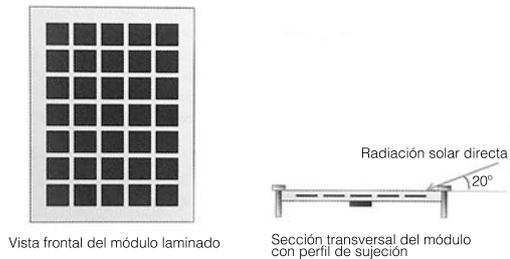
Las pérdidas pueden oscilar entre un 3 y un 7%.



[2.09] Diferencia entre módulos limpios y sucios.

- Sombreado.

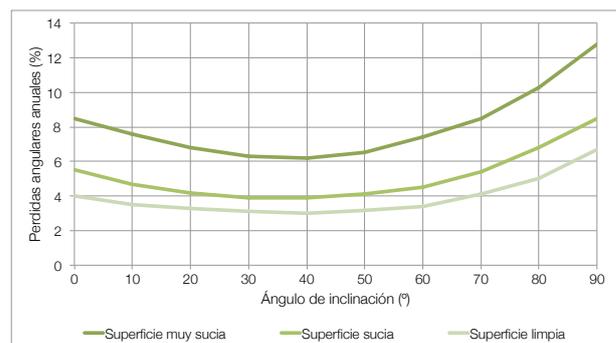
Si una pequeña sombra afecta a una sola célula de un módulo se puede reducir en gran medida la corriente que éste genera. Una sombra continuada podría provocar el llamado "efecto de punto caliente" en donde se disipa la potencia que genera el resto de células conectadas en serie.



[2.10] Diseño de módulo para evitar sombras en bordes.

- Reflexión.

Las pérdidas por reflexión pueden llegar a ser significativas cuando se trata de integrar los módulos en fachada, llegando a valores de 6-7%. La suciedad influirá directamente en estas pérdidas.



[2.11] Pérdidas angulares anuales de silicio cristalino representadas en función del ángulo de inclinación comparado con tres grados de suciedad diferentes.

3.1. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

3.1.1. Introducción.

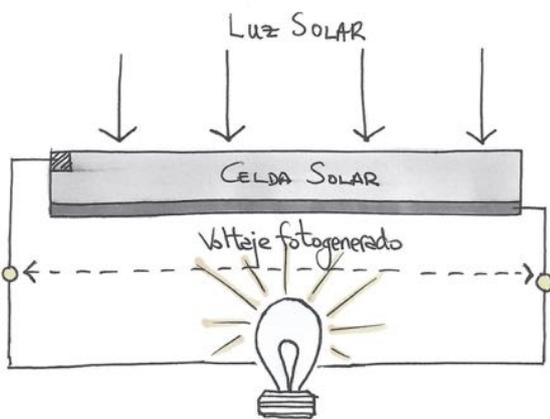
La unidad básica se le conoce por “célula solar” y con ella se forman los “módulos fotovoltaicos”, elementos de fácil manejo que conectados entre sí forman el generador eléctrico de una instalación fotovoltaica. Los módulos o paneles fotovoltaicos transforman directamente la luz solar en electricidad y como se ha visto, se pueden integrar de una manera efectiva en la envolvente de los edificios. Estas instalaciones pueden estar conectadas a la red eléctrica o ser completamente autónomas.

Con la intención de lograr una mejor integración arquitectónica se han desarrollado módulos de diferente índole. Se estudiarán características como pueden ser su transparencia, forma, tamaño o color. La estructura constructiva se analizará para módulos de silicio cristalino y distintos tipos de módulos de lámina delgada.

3.1.2. Células y módulos fotovoltaicos.

3.1.2.1. La célula solar.

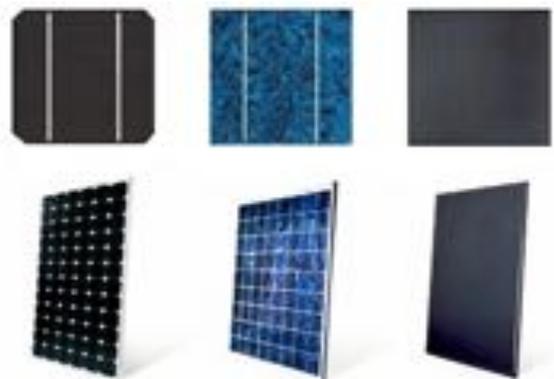
Las células solares están fabricadas de materiales semiconductores, estos dispositivos absorben parte de la radiación solar que incide sobre los mismos y la transforman, con mayor o menos eficacia, en electricidad. Si se conecta una célula solar a una carga eléctrica y se ilumina, producirá una diferencia de potencial en dicha carga por lo que a través de ella circulará una corriente eléctrica. De allí que se diga que la célula fotovoltaica funciona como un generador de energía eléctrica.



[3.01] Esquema de una célula solar que recibe radiación solar, parte de la energía se transforma en energía eléctrica.

Las células convencionales están fabricadas con finas laminas de silicio cristalino aproximadamente de 100 cm² de superficie y unas décimas de milímetro de espesor. Sobre este material se coloca una fina capa antirreflectante que mejora su rendimiento y le otorga un tono azulado. Sobre esta capa se imprime una malla metálica que constituye el contacto óhmico de la cara expuesta al sol.

Existen dos tipologías de células solares, las de silicio “monocristalino” y las de silicio “multicristalino”, también conocidas como “policristalino”. Las primeras consiguen algo más de eficacia que las segundas, aunque dependerá del fabricante. En el caso de las monocristalinas, debido a su superficie texturizada, tienen un aspecto más oscuro para conseguir atrapar mejor la luz.



[3.02] A la izquierda célula y módulo monocristalino, en el centro célula y módulo multicristalino y a la derecha módulo amorfo.

Existe un tercer tipo de célula cristalina denominada “de crecimiento en cinta sustentado por el borde”, cuyas siglas en inglés son EFG (*Edge defined film-Fed Grown*). De características similares a las multicristalinas convencionales, pero pueden no ser cuadradas, sino también rectangulares de longitud variable, y con un aspecto mucho más homogéneo que estas últimas.

3.1.2.2. El módulo fotovoltaico.

Las células solares tienden a tener valores de tensión bajos, de allí que se conecten en serie o en paralelo para conseguir mayores corrientes. Estas unidades se denominarán módulos fotovoltaicos. A la hora de seleccionar estos módulos hemos de fijarnos en dos parámetros eléctricos, por un lado la “potencia pico”, y por otro el “rendimiento”, estos definirán la energía que producirá cada panel fotovoltaico.

La “potencia pico” es la potencia máxima capaz de generar un módulo fotovoltaico en condiciones estándar de iluminación y temperatura (1.000 W/m² de irradiancia solar a 25°C de temperatura del

módulo). El “rendimiento” se define como el cociente entre la potencia máxima y la potencia luminosa que recibe el módulo.

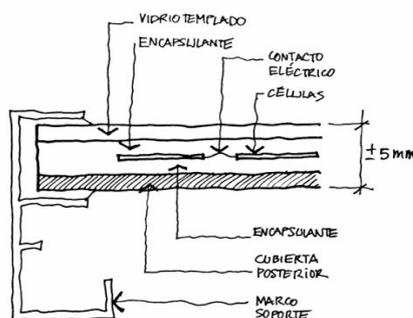
A mayor rendimiento, más generación de potencia por unidad de superficie. Por ejemplo, un módulo de 1 m², con un rendimiento del 15% genera 150 W bajo una irradiación solar de 1.000 W/m². Para estimar la cantidad de energía que produce durante un tiempo determinado, se multiplicara esa potencia por la energía solar de referencia, es decir, la irradiación solar total recibida en kilovatios-hora por metro cuadrado dividida entre 1.000. A este valor se le conocerá por número de “horas pico”.

Tecnología	Rendimientos típicos (%)
Silicio Monocristalino	15-24
Silicio Multicristalino	12-18
CIS	10-11
Telurio de cadmio	9
Silicio amorfo	7-10

A pesar de su bajo rendimiento, los módulos de silicio amorfo se están empezando a consolidar en el mercado ya que gracias a su aspecto homogéneo, su versatilidad y las posibilidades de transparencia de los mismos, los convierte en una alternativa interesante en lo que a la integración arquitectónica se refiere. Estos son fabricados mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo (*no cristalino*), sobre una superficie como vidrio o plástico. Es el módulo más económico en su fabricación.

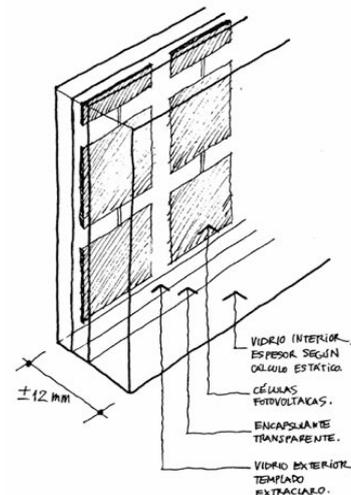
3.1.2.3. Características mecánicas y estructura.

Dentro del módulo, las células se encuentran protegidas para evitar cualquier tipo de daño. La estructura de un módulo convencional suele ser de esta forma:



[3.03] Estructura habitual de módulo convencional.

El vidrio de estas está templado para resistir los esfuerzos térmicos y tiene una alta transmisividad luminosa. La cubierta posterior puede ser de diferentes materiales y colores. Incluso puede ser sustituible por un vidrio. Esta configuración de doble vidrio es la más utilizada para la integración arquitectónica, con unos espesores de entre 10 y 12 milímetros, en función de los requerimientos del vidrio interior que es el elemento resistente.



[3.04] [3.05] Módulo con estructura de doble vidrio.

Existe otra gran ventaja en estos módulos y es que cuando se separan las células de silicio cristalino entre dos vidrios, queda cierto espacio transparente entre las células, por lo que le confiere un carácter luminoso al módulo, y será variable dependiendo de la distancia entre las células. En el caso de módulos de lamina delgada, la transparencia o transmisión de luz de consigue reduciendo el espesor de las capas.

Se puede decir que a día de hoy, los módulos de silicio monocristalino han pasado a un segundo plano a favor de los multicristalinos, esto es debido a que se están mejorando sus rendimientos, y sus precios son bastante más asequibles que el de los primeros.

Actualmente, el desarrollo de las células fotovoltaicas se centra en la reducción de su espesor, en mejorar el rendimiento y el abaratamiento de los costes de fabricación. En cuanto al diseño de los módulos, cabe destacar que cada día existe mayor variación en aspecto y tamaño, lo que representa una clara mejora para la integración en la arquitectura.

3.1.3. Módulos fotovoltaicos para su integración arquitectónica.

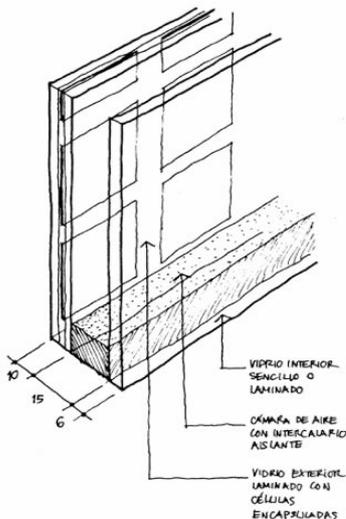
Las posibilidades de diseño que ofrecen son muy grandes. Aunque una de las cosas a tener en cuenta es que a mayor transparencia de los módulos, menor será el rendimiento eléctrico. Así mismo la transparencia afecta directamente al coeficiente de transmisión térmica del módulo, por lo que influirán en el balance energético del edificio.

Las formas habituales de estos módulos suele ser rectangular, de medidas razonablemente manejables, no suelen superar los 80 x 160 centímetros. La existencia de módulos flexibles de lámina delgada con las que se pueden adoptar determinadas curvaturas hacen posible una mayor integración en las edificaciones.



[3.06] Módulo flexible de silicio amorfo. Fabricante Global-Solar.

La estructura constructiva del módulo que permite mayores posibilidades a la hora de integrarlos en un edificio es sin duda la de doble vidrio, en la que el módulo fotovoltaico forma parte del vidrio laminado:



[3.07] Módulo con estructura de doble vidrio y cámara aislante.

En aplicaciones como ventanas, muros cortina o lucernarios interesa instalar módulos fotovoltaicos con baja transmisión térmica, de allí que se monte

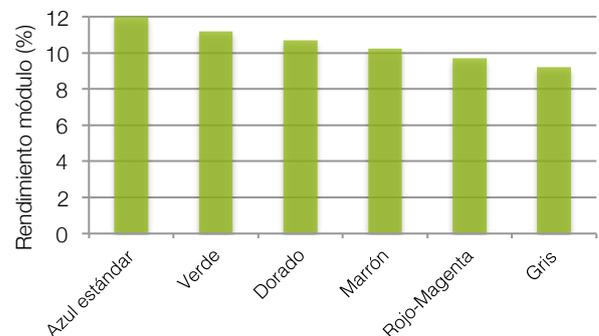
como un doble acristalamiento, en el que el módulo se sitúa en la cara exterior para aprovechar la irradiación solar. La elección de los vidrios será variable dependiendo de los usos que vayan a tener, incluso la cámara de aire puede presentar gases como el argón para bajar la transmisión térmica del conjunto sin influir en la efectividad de los módulos.

Si se instala el módulo en la hoja exterior de una fachada ventilada con una cámara de aire no estanca. En épocas invernales se puede cerrar, con lo que se incrementa la ganancia térmica por el efecto invernadero, pero cuando la temperatura exterior es alta se permite el flujo de aire para que pueda salir de la cámara. Con esto se consigue que la temperatura de funcionamiento de los módulos sea menor, esto influye directamente en el rendimiento. El aire caliente generado se puede hacer recircular en el propio edificio en invierno, tal como ocurre en la biblioteca de Mataró.

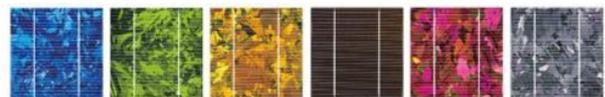


[3.08] Módulos multifuncionales integrados en fachada. Biblioteca municipal Pompeu Fabra, Mataró.

Color de las células y cubierta posterior. El color habitual que presentan los módulos es azul oscuro debido a que es la que más rendimiento genera. Cuando se modifica su capa antirreflectante se podrán obtener diferentes tonalidades de células. La cubierta posterior apenas influye cuando se cambia la tonalidad, aunque el habitual es el blanco.

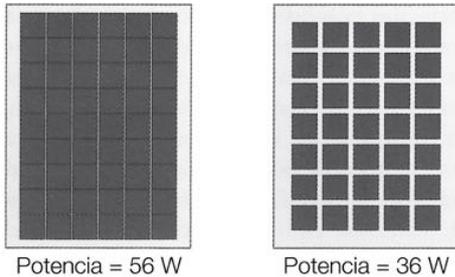


[3.09] Rendimientos de un módulo de silicio multicristalino en función de su coloración.



[3.10] Células de colores de silicio multicristalino.

Cuando *el número de células se ve reducido*, sabemos que la potencia del mismo también se ve reducida, por ejemplo un módulo fotovoltaico de 54 células genera una potencia aproximada de 56 W, si por fines estéticos o por necesidades de transparencia se quiere reducir este número de células en 21 unidades, se obtiene un módulo de 35 células con una potencia de 36 W.



[3.11] Ejemplo de reducción de células en módulo fotovoltaico.

Los *módulos de silicio amorfo* en edificios presentan un bajo rendimiento pero poseen un gran potencial en lo que se refiere a la integración arquitectónica. Estos pueden fabricarse en diferentes formas y tamaños, y sobre una gran cantidad de sustratos diferentes como vidrio, cerámica o materiales plásticos. La pérdida de la potencia generada por incrementos de temperatura en el módulo es menor que las de silicio cristalino, lo cual que implica un buen rendimiento cuando hay gran cantidad de irradiancia solar.

En el proceso de fabricación se puede controlar fácilmente el espesor de los materiales semiconductores, por lo que se pueden conseguir módulos semitransparentes. El aspecto de éstos es completamente homogéneo, con tonalidades variables. La cubierta frontal de vidrio puede sustituirse por un material plástico permitiendo que se fabriquen módulos muy ligeros y flexibles, pudiendo suministrarse en rollos.



[3.12] Comparativa de módulos de silicio amorfo con gran transparencia y vidrios normales.

Existen otros *módulos de lamina delgada* más recientes que los amorfos. Los módulos de telurio de cadmio (CdTe) y de seleniuro de cobre e indio

(CIS) también poseen un aspecto homogéneo, aunque su tonalidad es algo más oscura, casi negros, en los que apenas destacan las finas líneas de interconexión de sus células.

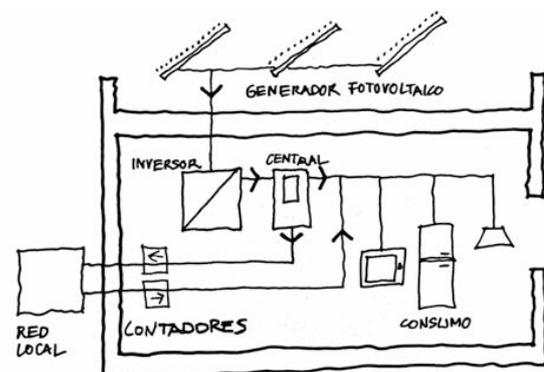
Si se quiere conseguir sensación de transparencia, los módulos de CIS se pueden fabricar sobre vidrios con punteados transparentes de densidad variable. Además se pueden incluir en esta superficie imprimaciones varias, como dibujos o logotipos. Existe también la opción de alternar bandas de CIS con bandas de vidrio transparente.

3.1.4. Edificios fotovoltaicos conectados a la red.

La parte visible de los sistemas fotovoltaicos son los módulos, pero existen otros componentes que completan la instalación que es necesario conocer al menos a grandes rasgos.

La mayoría de los edificios están conectados a la red eléctrica gracias a ciertas subvenciones o primas. Claro está que esto solo sucede en zonas urbanas. No obstante existen ejemplos de integración fotovoltaica en edificios no conectados a la red eléctrica como pueden ser viviendas en lugares remotos o bien en zonas rurales sin electrificar. Un buen ejemplo es el prototipo español Magic Box, desarrollado por el Instituto de Energía Solar de la universidad Politécnica de Madrid que es completamente dependiente de la red eléctrica.

La gran diferencia entre ambos sistemas es la presencia de baterías en las instalaciones autónomas con las que poder almacenar la energía generada. Los edificios conectados a la red ceden a ésta la energía sin acumulación previa. Lo que si que necesitaras en un "inversor" que transforme en alterna la corriente continua producida por los módulos. Como dato, en España se exige la instalación de dos contadores independientes, uno para el consumo y otro para la inyección de energía fotovoltaica a la red.



[3.13] Diagrama de edificio fotovoltaico conectado a red eléctrica local.

El generador fotovoltaico normalmente está formado por más de un módulo fotovoltaico. Conectándolos en serie se obtiene el valor de tensión necesario, para después conectar en paralelo tantas hileras como sean necesarias para conseguir así la intensidad buscada.

El rendimiento de un generador fotovoltaico será siempre inferior al sumatorio de las potencias individuales de los módulos que los forman debido a las pérdidas producidas en elementos como cableados, cajas de conexión, etc.

El inversor de un sistema fotovoltaico es un dispositivo encargado de convertir la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna para que este pueda utilizarse en los usos habituales de los edificios.

El rendimiento de un inversor es el cociente entre la potencia activa que suministra al inversor y la potencia que recibe. Los valores máximos de rendimiento rondan el 95% de eficacia, pero la norma española (RD 1663/2000) exige un aislamiento galvánico del mismo reduciéndolo.

Para poder evaluar el funcionamiento de una instalación existen unos parámetros de comportamiento, y entre los principales están:

- La *energía de referencia* que es la irradiación recibida en el módulo dividida por la irradiancia de referencia (1000 W/m^2), se expresa en número de horas o también "horas pico". Una irradiancia diaria de 4.200 Wh/m^2 sobre una superficie equivale a 4,2 horas pico durante ese día.
- El *rendimiento característico* del sistema será la energía útil generada por un generador fotovoltaico, dividida por la máxima teórica. Para una instalación de entre 5 y 100 KW, teniendo en cuenta todas las pérdidas del sistema, se pueden obtener rendimientos de alrededor del 75% considerando una orientación e inclinación óptima en ausencia de sombras.

La seguridad de los edificios con sistemas fotovoltaicos se basa en el cumplimiento de las normativas vigentes tanto en protección como seguridad, garantizando así la ausencia de riesgos para las personas, equipos y la propia red eléctrica. Las instalaciones deben cumplir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), cumpliendo también la normativa técnica aplicable a las instalaciones fotovoltaicas.

En los sistemas autónomos, las baterías han de estar en un lugar ventilado con el exterior debido a que estas liberan hidrógeno durante su carga, pudiendo ocasionar explosiones.

3.2. DISEÑO DE LA PIEL.

3.2.1. Diseño de un sistema fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos fueron diseñados con la única intención de proporcionar energía eléctrica a partir de la energía solar. Anteriormente se instalaban en lugares con un carácter residual, y totalmente ajenos al diseño del edificio. Actualmente se intenta colocarlos de manera que queden integrados en el proyecto y formen parte del diseño.

Casi la totalidad de los edificios utilizan los huecos abiertos en fachada como fuente de energía pasiva. Convertir las zonas opacas en productores activos de electricidad integrando módulos solares fue una realidad a partir de 1990.

En términos constructivos, la misión era la de conseguir una fachada fotovoltaica que funcionara de la misma manera que la fachada tradicional. Entre estos requerimientos están el color, la impermeabilidad, la estabilidad, la resistencia a las cargas de viento y la resistencia al fuego entre otras.

El arquitecto podrá decidir sobre la exposición de los sistemas fotovoltaicos en el edificio, pudiendo ser el elemento característico, o si por el contrario se quiere que formen parte de la misma discretamente. Que un sistema fotovoltaico este integrado no significa que tenga que alterar radicalmente el diseño del edificio.



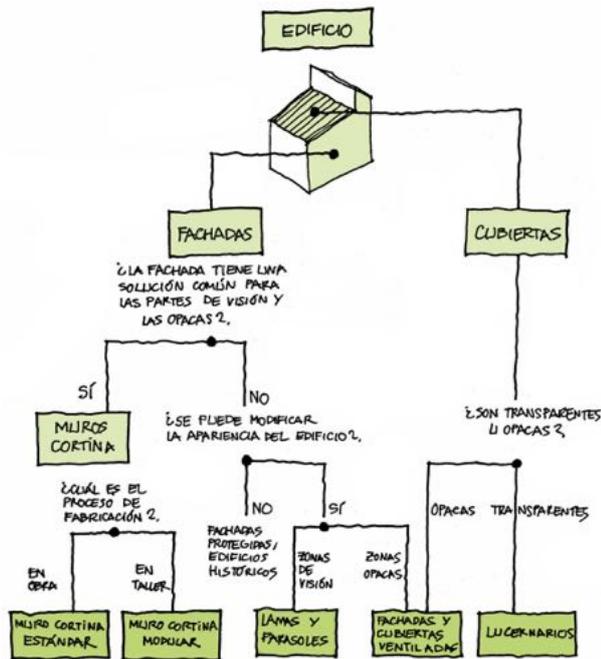
[3.14] Centro Pfizer-Universidad de Granada-Junta de Andalucía de Genómica e Investigación Oncológica (GENYO)

A la hora de realizar un edificio se pueden seguir algunas de estas actitudes.

- Los paneles se pueden situar de manera "invisible", colocándolos en las cubiertas, es una buena opción en rehabilitaciones de edificios históricos.
- Los paneles se superponen sobre el diseño en donde aun no existe integración.
- El sistema fotovoltaico aporta valor a la imagen de la arquitectura.
- El sistema fotovoltaico determina la imagen arquitectónica.
- La integración fotovoltaica da lugar a nuevos conceptos arquitectónicos.

3.2.2. Sistemas de fachada.

Los módulos fotovoltaicos se presentan de diferentes maneras cuando se intentan integrar en la arquitectura, de allí surge una clasificación por tipologías de fachada y cubierta.



[3.15] Diagrama de edificio fotovoltaico conectado a red eléctrica local.

Las ventanas son un caso espacial dentro de los muros cortina modulares ya que están integradas en una fachada pesada.

Las lamas, junto con los parasoles se consideran una aplicación externa a la fachada, válida para todas las soluciones de fachadas transparentes, opacas, o incluso en cubierta.

3.2.3. Opciones de integración.

Los elementos fotovoltaicos sustituyen, hoy en día, a los elementos constructivos convencionales, cumplen las mismas funciones que los materiales tradicionalmente empleados y convierten la envolvente edificatoria en área activa de producción eléctrica (BIPV; Building Integrated Photovoltaics). Cuando se habla de este término se contemplan una serie de posiciones básicas a la hora de la integración en los edificios.

- Fachadas ventiladas.
- Sistemas de muros cortina
- Sistemas de ventanas.
- Lamas y parasoles de protección solar.
- Cubiertas y lucernarios.

3.2.4. Requisitos exigibles a los cerramientos.

La fachada de los edificios es una barrera de separación entre el ambiente exterior e interior encargada de mantener los niveles de confort requeridos. La piel controla el flujo de aire, luz, agua y humedad que la atraviesa, así como la reducción de la transmisión térmica entre los dos ambientes.

Vida útil de los cerramientos. Éstos se diseñan para tener una vida útil que ronda los 60 años, pero las fachadas ligeras puede ser tan solo de 30 años debido a las inclemencias meteorológicas.

Iluminación natural. Éste es uno de los factores determinantes a la hora de diseñar un edificio, la cantidad de iluminación interior será directamente proporcional a la cantidad de huecos que tenga el cerramiento exterior, marcando así los niveles de confort lumínicos.

Permeabilidad al aire. Se necesita un grado de permeabilidad para evitar un consumo elevado tanto de calefacción como de climatización. Se ha de tener especial cuidado con las infiltraciones de los paramentos verticales. La permeabilidad se mide por el volumen de aire $[m^3]$ que penetra una unidad de área $[m^2]$ en una unidad de tiempo $[h]$ y dada determinada diferencia de presiones $[Pa]$ entre interior y exterior.

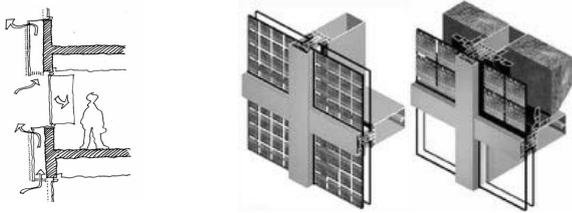
Permeabilidad al agua. La fachada ha de ser completamente estanca, por lo que se han de incorporar capas que eviten este problema mediante juntas de goma.

Prestaciones térmicas. Con el objetivo de lograr el mayor confort posible y consumir la mínima cantidad de energía, se diseñan los cerramientos que nos separan del exterior. Los flujos de calor a través de los cerramientos marcarán su nivel térmico. En invierno se trata de limitar las pérdidas de calor hacia el exterior. El coeficiente que mide la pérdida de calor se denomina transmitancia térmica $U [W/(m^2K)]$. Este coeficiente cuantifica la cantidad de calor que pasa a través de un área $[m^2]$ por unidad de tiempo $[W=J/s]$ y por grado de temperatura entre interior y exterior $[K]$.

Aislamiento acústico. Las prestaciones acústicas vienen definidas por la relación entre la masa y la composición del material. Se puede mejorar instalando rellenos de materiales absorbentes.

Resistencia al fuego. Normalmente cada planta de un edificio forma un sector de incendio para evitar la propagación tanto de humo como de fuego de una a otra, los puntos de unión de forjados con fachada serán esenciales.

3.3. SISTEMA FACHADA VENTILADA.



[3.16] [3.17] Esquemas de fachada ventilada.

3.3.1. Concepto de fachada ventilada.

Estas fachadas se vienen utilizando de manera continuada en los países fríos y húmedos, ya que dan respuesta a un problema típico de esas latitudes, la entrada de agua a través del cerramiento ligero. El concepto de estas fachadas es el de tener dos pieles diferenciadas siendo cada una independiente de la otra separadas por una cámara de aire ventilada. El cerramiento interior es el resistente, que además deberá de ser estanco y aislado, mientras que la piel exterior se encargará de proteger a la interior de las inclemencias meteorológicas, fundamentalmente de la lluvia. De allí su denominación en inglés (*rainscreen façade*), "pantalla de lluvia". Posee otras ventajas como pueden ser la reducción al riesgo de condensaciones intersticiales y la reducción de cargas térmicas en épocas estivales.

Sobre el cerramiento interior se colocara la subestructura encargada de fijar la piel exterior. Ésta piel tendrá algunas de las juntas, sino la totalidad abiertas al exterior para que el agua que penetre se recoja por gravedad en la parte más baja de la fachada y se evacue de nuevo al exterior, protegiendo siempre la cara interior.

3.3.2. Principios de construcción.

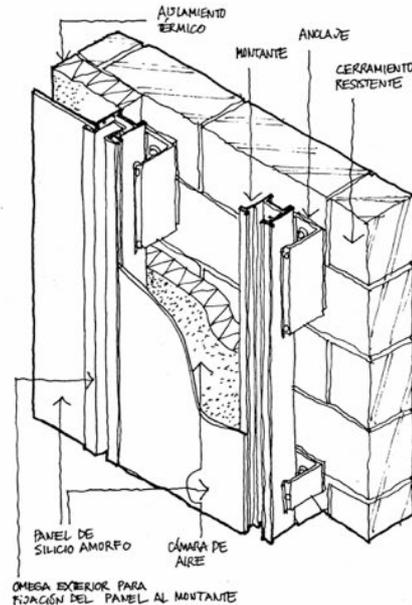
Las fachadas ventiladas pueden ser de dos tipos, la "fachada drenada y transventilada"; y la "fachada con ecuilización de presiones". Lo que las va a diferenciar es la cantidad de agua que penetra en sus cámaras de aire.

Fachada drenada y transventilada. Los esfuerzos por limitar la entrada de agua a través de las juntas son casi nulos. En la parte inferior se colocará un remate que expulsará el agua al exterior. La amplia ventilación facilitara la evaporación del agua absorbida.

Fachada con ecuilización de presiones. En este caso se intenta limitar la entrada de agua a la cámara mediante el diseño de las juntas, compartimentaciones o la colocación de goterones, etc. La diferencia en la presencia de agua respecto a la otra tipología es notable.

3.3.3. Integración de módulos fotovoltaicos en fachadas ventiladas.

Las fachadas ventiladas con la piel exterior superpuesta son una oportunidad a la integración fotovoltaica. Es tan fácil como sustituir los habituales paneles de vidrio, o cerámicos por los módulos fotovoltaicos, pudiendo combinarlos para generar una imagen diferente de la fachada.



[3.18] Esquema general de fachada ventilada con módulos exteriores de silicio amorfo.

Fachadas basadas en vidrio. Se parte de un muro cortina de vidrio sobre cerramientos interiores opacos en los vidrios se colocan entre un entramado de subestructura metálica. La integración del módulo fotovoltaico consiste en la simple sustitución de cualquier vidrio templado o laminar de la hoja exterior, por un vidrio laminar que incluya células fotovoltaicas de silicio cristalino o amorfo.

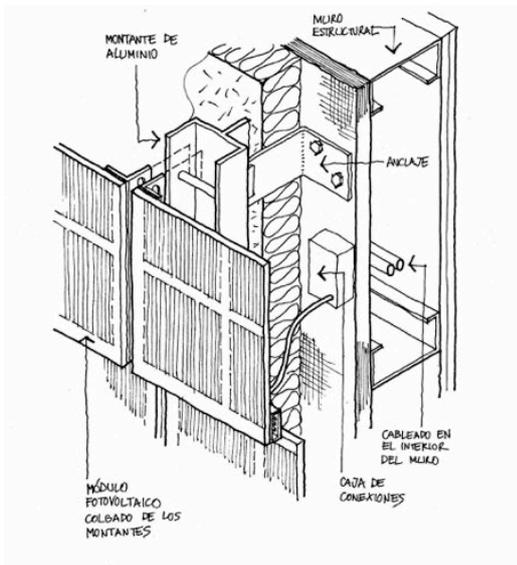
Fachadas basadas en soportes opacos. En este caso se parte de un sistema de fachada ventilada formada por paneles ligeros opacos a los que se le colocaran módulos fotovoltaicos de silicio amorfo de capa delgada.



[3.19] [3.20] Manchester College of Arts and Technology, fachada ventilada y muros cortina de vidrio transparente y detalle de los módulos de silicio multicristalino.

3.3.4. Mantenimiento y limpieza.

Los edificios que tienen hoja exterior ventilada no suelen incorporar sistemas de limpieza como las góndolas que se instalan en cubierta con las que se facilita el acceso a la fachada. Normalmente se confía en que el agua de lluvia mantenga la fachada limpia. En el caso de que existan módulos fotovoltaicos integrados en fachada puede resultar que no sea suficiente, dado que esta pequeña suciedad influirá en los rendimientos.



[3.21] Esquema de accesibilidad al cableado tras los módulos fotovoltaicos.

Para evitar esto existen dos medidas. La primera y más recomendable es instalar este sistema llamado góndola, con el que se conseguirá limpiar y mantener los módulos en las condiciones necesarias. Dado el coste de la instalación solo suele colocarse en donde exista una gran cantidad de superficie a mantener.

Otra opción es la de añadir un acabado de tipo autolimpiable en la cara exterior de los módulos fotovoltaicos. Esto es, una capa incolora de dióxido de titanio que fomenta el llamado "efecto fotocristalino", que no es más que una reacción química en la que los rayos ultravioleta de la luz solar interaccionan con el oxígeno y el recubrimiento de vidrio, descomponiendo las partículas de suciedad orgánica, desprendiéndolas así de la capa de vidrio. Cuando llueve el agua se lleva estas partículas y el vidrio se mantiene siempre limpio, aunque es aconsejable solo para zonas de alta exposición solar debido a que esta capa autolimpiable reduce en aproximadamente un 7% la transmisión luminosa. Si la fachada esta recubierta de silicio amorfo de capa delgada, la protección polimérica de las células ya incorpora una capa autolimpiable.

3.3.5. Ejemplos de edificios realizados.

Sede de Isofotón, Málaga, (España). Arquitecto: Jerónimo Vega. Construcción: 2004-2005.



[3.22] Alzado Este, Sede de Isofotón, Málaga.

El edificio está recubierto, en las dos fachadas con aporte lumínico, de células amorfas sobre paneles de gres vitrificado, aunque el módulo de oficinas incorporan fachadas ventiladas, muros cortina, parasoles y lucernarios fotovoltaicos.

En las dos fachadas, con orientación sureste y suroeste se instalan más de 1.100 módulos cerámicos en la fachada ventilada, 120 módulos de doble acristalamiento en el muro cortina, y 26 módulos de vidrio laminar en los parasoles colocados encima del muro cortina. En la cubierta también se han instalado paneles solares y colectores de tubos de vacío.

Remodelación de la Torre CIS, Manchester, (Reino Unido). Ingeniería: Arup. Construcción: 2005.

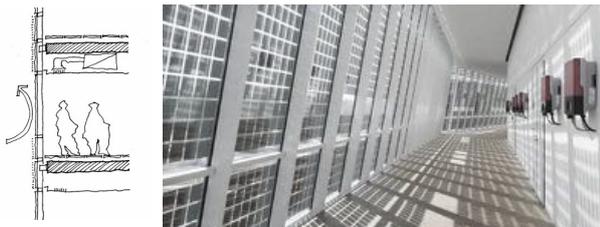


[3.23] [3.24] CIS Tower Solar Skyscraper Scaffodling (UK).

El núcleo de comunicaciones de hormigón armado de esta torre fue revestido de por fachada ventilada realizada con módulos de silicio multicristalino. Aprovechando que sus tres fachadas tienen orientaciones Este, Sur y Oeste se decide instalar aproximadamente 7.200 módulos fotovoltaicos de 80 W de potencia. La peculiaridad esta en que solo 4.900 están conectados a la red. El resto son "falsos módulos", con igual apariencia exterior pero sin conexiones, debido a los factores de sombra o accesibilidad.

El edificio de oficinas presenta a día de hoy una de las mayores instalaciones fotovoltaicas de Reino Unido.

3.4. MURO CORTINA TRADICIONAL.

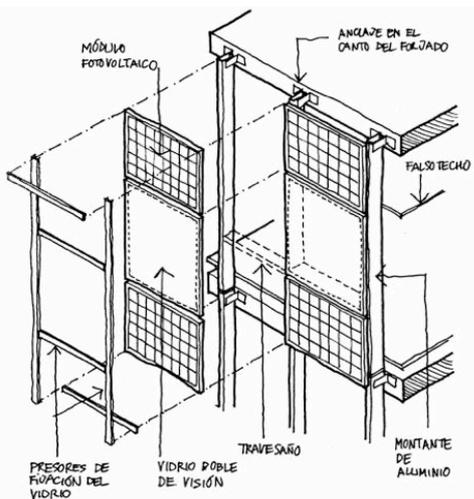


[3.25] [3.26] Esquema de muro cortina. Edificio de SMA Solar Academy en Niestetel (Alemania).

3.4.1. Concepto y tipos de muro cortina.

El muro cortina no es más que una fachada ligera llevada a su máxima expresión, esta idea comenzó en Chicago hacia 1880, con la intención de conseguir una gran ligereza acompañado de la reducción del espesor de los paramentos verticales. Y terminó alrededor de 1950 con el concepto del muro cortina o fachada continua. Este modelo se ha ido perfeccionando a lo largo del tiempo desde que se introdujera en la Lever House (*Gordon Bunshaft*) y el edificio Seagram (*Mies Van der Rohe*).

El concepto constructivo, de donde sale su nombre es el de un cerramiento colgado, no apoyado. De allí el nombre “cortina” (*curtain wall*). Existen dos tipos de muros cortina, los tradicionales de montante y travesaños, y los modulares, de los que se hablará en el siguiente capítulo.



[3.27] Esquema de componentes y sistema de montaje de muro tradicional con módulos en la parte opaca del muro.

Los perfiles verticales se denominarán “montantes”, mientras que los horizontales serán los “travesaños”. Esta solución sigue siendo la más habitual ya que responde bien a las necesidades de los edificios de baja y media altura, a partir de los 60 m se aconseja el uso de los modulares. El montaje de muros cortina tradicionales depende en gran medida de su puesta en obra, ya que es ahí donde se ejecutan los trabajos de responsabilidad.

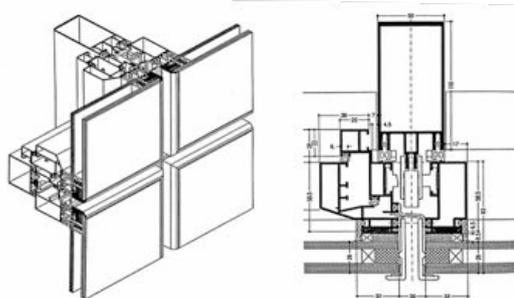
3.4.2. Principios de construcción.

Al ser un elemento portante, los montantes transmitirán a la estructura cargas horizontales provenientes del viento. Los montantes suelen tener la altura de una planta (*entre 3,20 y 4,50 m, aunque en las plantas bajas pueden ser mayores*). Este límite lo establece la absorción de las tolerancias por dilatación térmica. En las zonas vidriadas se podrá introducir el vidrio que se desee dependiendo de las necesidades del edificio, mientras que en las zonas opacas se podrán utilizar los materiales que se quieran, con la posibilidad de introducir aislamiento térmico en la cara interior.

Aunque el muro cortina parece una piel continua estanca, desde el punto de vista de la estanqueidad se comporta como una fachada ventilada con cámara eualizada. La cantidad de agua será escasa, pero se expulsará mediante unos canales intermedios ocultos.

3.4.3. Muros cortina con vidrio encolado.

Es una solución especial caracterizada por la prefabricación parcial de los elementos de relleno. Los vidrios se unen en fábrica a un bastidor perimetral mediante el sellado con silicona estructural. Son sistemas parcialmente prefabricados, y poseen mayor seguridad que los convencionales por lo que será de gran importancia a la hora de integrar módulos fotovoltaicos.



[3.28] Detalle de muro cortina con vidrio encolado y carpintería oculta al exterior.

El uso de este sistema es cuestionado debido a su seguridad o durabilidad, debido a los riesgos de la fijación mecánica del vidrio mediante el sellado de silicona. El riesgo se minimiza por el siguiente procedimiento:

- Encolado estructural realizado en fabrica y personal cualificado.
- El peso propio se transmite a unos calzos en su base, así la silicona no trabaja a cortante, sino a tracción ante la succión del viento.
- Se recomienda insertar en los bordes del bastidor piezas antivuelco para mantener el vidrio sujeto en caso de fallo del sellado.

3.4.4. Integración fotovoltaica en muros cortina tradicionales.

En esta clase de muros cortina se pueden insertar células fotovoltaicas tanto en las partes de visión como en las opacas. Si estos están integrados en la zona de visión, las células estarán dentro de un vidrio laminado que formará al parte exterior. En el caso de tratarse de células cristalinas se tenderá a dejar espacio entre ellas para dotar de luz natural las zonas interiores, ya que estas son opacas. Si se instalan módulos de silicio amorfo semitransparente podrá ocupar la totalidad de la superficie. En ambos casos se absorbe parte de la radiación solar, y eso influye en la reducción del factor solar, positivo para épocas estivales. La parte interior del vidrio doble estará formada por un vidrio bajo emisivo para reducir la transmitancia térmica del conjunto.

De instalarse en la parte opaca del muro, por ejemplo en los frentes de forjado, existe la posibilidad de utilizar un vidrio laminar con células opacas o semitransparentes. El módulo puede colocarse en la parte hueca como si de un vidrio se tratase, como un vidrio doble, o como uno sencillo que forme parte de un panel ciego aislante.

Los puntos más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar un muro cortina fotovoltaico son:

- Localización, tamaño e integración de la caja de conexiones sobre el trasdós del panel.
- Capacidad del panel fotovoltaico a asumir las cargas de viento e impactos directos.
- El control de sombras arrojadas por las tapas de los laterales de los módulos.
- Recorrido y accesibilidad del cableado.
- Estanqueidad y mantenimiento de barrera de vapor en las perforaciones para el cableado.

3.4.5. Mantenimiento y limpieza.

El mantenimiento y sustitución se lleva a cabo siempre desde el exterior a través de una grúa telescópica, o bien con una góndola accesible desde cubierta.

Si los módulos fotovoltaicos están integrados como vidrios en la trama del muro cortina, su cambio implica la sustitución de diversos elementos. En el caso de muros cortina encolados, será necesario realizar en fábrica un nuevo módulo, pero la sustitución se realiza en un escaso plazo de tiempo.

En el caso de la limpieza, el manual de mantenimiento del edificio ha de marcar unos plazos de limpieza de fachada para aumentar la capacidad de producción.

3.4.6. Ejemplos de edificios realizados.

Renovación de la sede de Schott Ibérica, Barcelona, (España). Arquitecto: Torse Masseck. Construcción: 2004.



[3.29] [3.30] Fachada con vidrios serigrafiados en la parte baja y módulos de silicio amorfo semitransparente en la superior. Vista interior de la zona donde cambian.

La renovación consistió en la sustitución del cerramiento de *U-glass* por un muro cortina de trama horizontal, con vidrios de doble acristalamiento y módulos fotovoltaicos integrados. Schott desarrolló para este proyecto una nueva tipología de módulos de silicio amorfo semitransparente con el nombre de ASI THRU Color.

Los módulos de silicio se sitúan en la mitad superior, en donde no hay efectos por sombreado. Mientras que en la parte inferior se emplea un vidrio serigrafiado con el nombre de la marca. El hecho de que se utilicen vidrios de color mejora la protección solar y reduce los efectos de deslumbramiento.

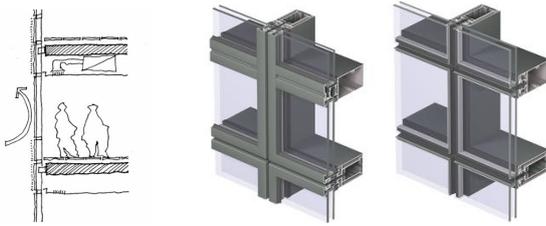
Parque Innovación Tecnológica La Salle, (España). Arquitectos: Robert Terrades. Construcción: 2005.



[3.31] Edificio Sant Jaume, parque Innovación Tecnológica La Salle, Barcelona.

Es un edificio con una doble piel de 650 m² con paneles fotovoltaicos en la parte exterior. De toda esta superficie, solo el 30% de la misma son módulos fotovoltaicos de silicio multicristalino; el resto son vidrios serigrafiados con una imitación de estas células fotovoltaicas. La disposición de la doble piel permite aprovechar el aire de su cámara para calentar la hoja interior en invierno.

3.5. MURO CORTINA MODULAR.



[3.32] [3.33] Esquema de muro cortina. Tipos de un muro cortina modular.

3.5.1. Concepto de muro cortina modular.

Esta tipología se desarrolló a partir de los muros cortina tradicionales con el fin de resolver los problemas originados por los montantes y travesaños. Los objetivos eran el de realizar la fachada en un menor tiempo con una mejora de calidad. Esta solución se generalizó alrededor de 1960 en Estados Unidos con el nombre de *unit system*. Cada módulo es totalmente prefabricado en fábrica, con el vidrio, las juntas de goma y los elementos de fijación incorporados. Sus dimensiones están limitadas para su manejabilidad en obra y como en el caso anterior suelen ser de una planta de altura, (entre 3,20 y 4,50 m), con una anchura aproximada de 1,50 a 2,00 m.

El montaje en obra es relativamente simple. Se realiza mediante grúas ubicadas en plantas superiores, colgando así los paneles en el aire y colocarlos en el lugar correspondiente. Obviando la instalación de andamios exteriores.



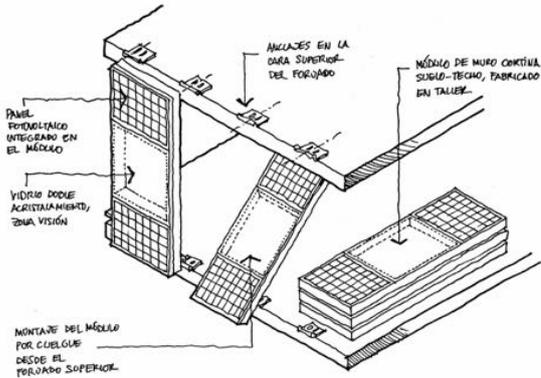
[3.34] Esquema de muro cortina. Tipos de un muro cortina modular.

3.5.2. Principios de construcción.

Ha sido diseñado para poder soportar su peso propio más todas las sobrecargas, principalmente la del viento. Se utilizan montantes y travesaños de aluminio extrusionado, que al atornillarlos entre sí se consigue rigidizar el sistema.

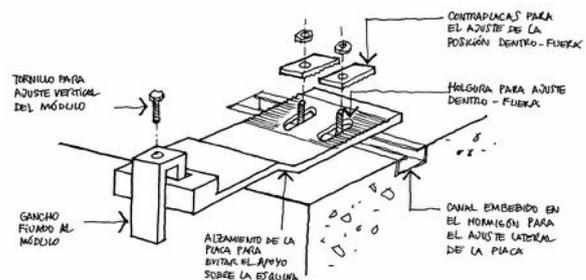
Se distinguen tres sistemas de fijación del vidrio o de los paneles sobre la estructura del módulo.

- Montaje del vidrio por galce, mediante perfilera exterior. Este sistema implica que ésta quede vista.
- Montaje del vidrio mediante pegado estructural. El peso propio del vidrio a de ser soportado por calzos inferiores.
- Fijación del vidrio a la estructura del módulo mediante un canal colocado en el canto del doble acristalamiento.



[3.35] Esquema del proceso de montaje de un muro cortina modular.

Los módulos se fijan colgándolos en sus extremos superiores y por machihembrado al módulo inferior, permitiendo la dilatación vertical.

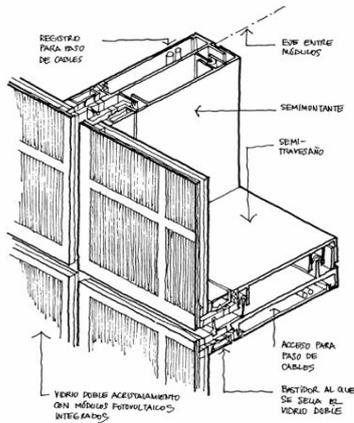


[3.36] Axonometría de un anclaje tipo, placa sobre forjado y gancho sobre el módulo.

3.5.3. Integración fotovoltaica en muros cortina modulares.

Los paneles fotovoltaicos se pueden integrar tanto en zonas de visión o zonas opacas, como pasa en el caso anterior. Tanto si el vidrio es simple, o se trata de uno doble, puede ser sustituido por vidrios que incorporen células fotovoltaicas. Lo que sí que hay que tener en cuenta es que si se desea integrar módulos fotovoltaicos en las zonas de visión, la composición del mismo tendrá que ser al menos de doble acristalamiento para asegurar un mínimo aislamiento térmico. Detrás de las células se podrán colocar capas para que se mejore el rendimiento del vidrio, como las de baja emisividad o de control solar.

Cuanto se integra el panel fotovoltaico en las partes opacas del muro cortina modular, se observa como se incrementan las opciones a la hora de componer la fachada. Los paneles fotovoltaicos pueden estar formados por un vidrio simple o uno doble, aunque siempre estará encapsulado dentro un laminado para su protección.



[3.37] Axonometría de muro cortina modular con integración de módulos cristalinos, se aprecia el registro del cableado en los montantes y travesaños.

Los aspectos constructivos a tener en cuenta cuando se diseñan fachadas modulares con módulos fotovoltaicos integrados son:

- Situación y acceso a la caja de conexiones en la cara interior de cada módulo.
- Disposición del cableado a lo largo de los montantes y travesaños, con acceso interior.
- Estanqueidad de las perforaciones para el paso del cableado
- Durabilidad de los sellados de los dobles acristalamientos.
- Capacidad de resistir cargas, como tensiones térmicas, de viento o impacto.

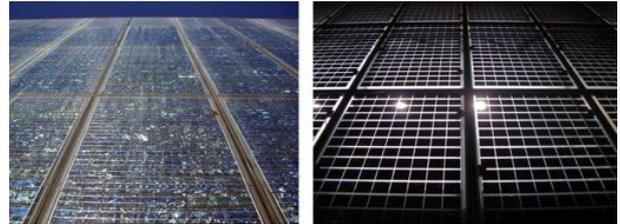
3.5.4. Mantenimiento y limpieza.

Debido a la ausencia de ventanas, los procesos de mantenimiento y limpieza solo se pueden realizar desde el exterior. Como en general se trata de fachadas con una superficie elevada, lo adecuado es acceder a ellas desde la cubierta con góndolas.

La reposición de una pieza de vidrio o de un módulo fotovoltaico dañado implica el cambio de diversas piezas para su posterior sustitución. Dependiendo del sistema de fijación del vidrio, los periodos para su cambio variarán debido a la complicación de los mismos. Cuando se trata de módulos fotovoltaicos colgados por fuera de la fachada modular estanca, el cambio se produce de manera rápida y la estanqueidad del conjunto no se comprometerá.

3.5.5. Ejemplos de edificios realizados.

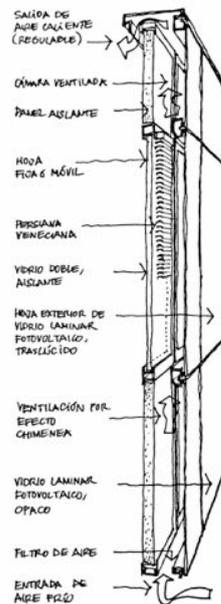
Biblioteca Pompeu Fabra, Mataró, (España). Arquitecto: Miquel Brullet. Construcción: 1996.



[3.38] [3.39] Axonometría de un anclaje tipo, placa sobre forjado y gancho sobre el módulo.

La biblioteca es uno de los primeros edificios del mundo en los que se integran módulos fotovoltaicos sobre un muro cortina modular. El edificio fue diseñado para que tuviera un doble sistema de captación energética, fotovoltaico en fachada, y térmico en cubierta. Estos sistemas cubren alrededor de 600 m² en las superficies del edificio.

Tiene forma rectangular, y orienta su fachada principal al sur colocando en ella módulos de 2,00 m de alto y 1,10 m de ancho.



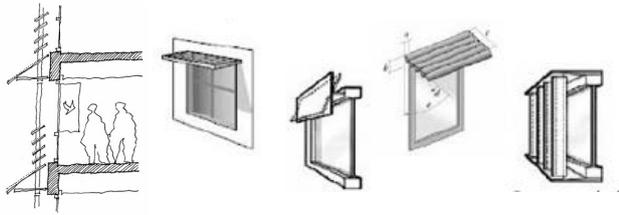
[3.40] Esquema de muro cortina modular de doble piel similar al utilizado en la biblioteca, la diferencia radica en la aparición los paneles aislantes del interior.

Cada módulo tiene dos pieles, la exterior con paneles fotovoltaicos de silicio multicristalino; y la interior un muro cortina convencional con doble acristalamiento.

El aire calentado de la cámara intermedia se hace circular mediante convección natural. Durante el verano el aire se lleva hacia el exterior y en invierno es impulsado mediante ventiladores hacia un sistema de calefacción convencional. Este sistema permite un ahorro aproximado de un 30% en la energía requerida por el sistema de calefacción.

En cubierta aparecen cuatro lucernarios lineales de 94 m² inclinados 37° con respecto a la cubierta, lo que ayuda a introducir luz indirecta desde el Norte. Algunos de estos módulos son de silicio amorfo semitransparente y cada lucernario tiene 13 módulos opacos y 6 semitransparentes que dan luz a los accesos. Estos últimos presentan la misma tecnología que la fachada.

3.6. LAMAS Y PARASOLES.



[3.41] [3.42] Esquema lamas aplicadas sobre fachada con ejemplos varios de diferentes aplicaciones.

3.6.1. Introducción.

El ahorro energético en la arquitectura ha estimulado a los países con mayores demandas de energía hacia diseños, incluso a normativas que supongan un verdadero ahorro de recursos. Las superficies acristaladas han tomado fuerza en los diseños de las últimas décadas para dotar de luz natural a los espacios interiores. La solución para una buena compatibilidad de ambos requisitos es la introducción de lamas y/o parasoles, limitando así los excesos puntuales de energía incidente.

Estos elementos son un poderoso refuerzo para la imagen del edificio, utilizados siempre de la forma adecuada. Si sus efectos son conocidos, se pueden usar para conseguir un buen control energético, sin perder capacidad luminosa, mejorando también el riesgo de deslumbramiento.

3.6.2. Principios de construcción.

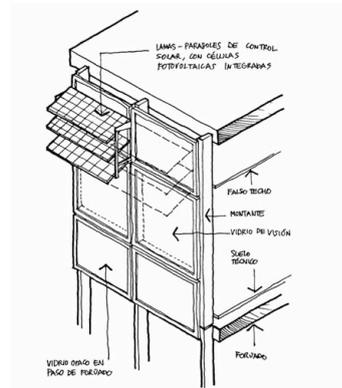
Tanto las lamas como los parasoles se pueden instalar en posición horizontal y vertical, siendo variable la distancia a los huecos. Además las posibilidades son múltiples, ya que se pueden encontrar fijos, orientables o retráctiles, es un concepto semejante al de una persiana exterior. Generalmente se anclan a la carpintería del hueco, aunque si su tamaño es considerable se pueden fijar directamente a la estructura del edificio, de ser así se integrarán en un marco propio.

A la hora de su diseño se ha de tener en cuenta su resistencia a la acción del viento, durabilidad y la posibilidad de acceso para su mantenimiento. Las lamas manuales podrán accionarse manualmente o mediante sistemas motorizados. Cuando el viento es excesivo, algunas posiciones pueden llegar a ser peligrosas debido a su exposición, esto puede ser controlado por un sistema de gestión que las colocará en la posición correcta.

La existencia de pasarelas entre las lamas y los vidrios ayudara a su mantenimiento, además proporciona una ventilación adecuada del espacio intermedio evitando sobrecalentamientos.

3.6.3. Integración fotovoltaica en lamas y parasoles.

Un elemento que tiene la función de proteger del sol, puede convertirse en un soporte ideal para albergar módulos fotovoltaicos. De esta manera se combinan las funciones de control solar y la de producción energética.



[4.43] Esquema de principio de lamas fotovoltaicas integradas en un muro cortina.

La integración de módulos fotovoltaicos en persianas y venecianas resulta prometedora, pero resulta difícil por la fragilidad de las células, además de esto, asegurar las conexiones resulta complicado. Este hecho resulta mucho más fácil cuando se habla de lamas o parasoles. Cuando se habla de integración fotovoltaica en la arquitectura más allá de las cubiertas, ésta es una de las primeras opciones que han de considerarse.

Como primera solución se encuentran los parasoles fijos, que protegen de la radiación solar desde la zona de los dinteles de los huecos, pudiendo ser orientados para que mejoren su rendimiento. Las células fotovoltaicas pueden estar colocadas entre vidrios laminados sujetos a una perfilera en ménsula, y es a través de esta en donde se realizan las conexiones eléctricas. Otra forma de integración fotovoltaica en parasoles es la de colocar laminas de silicio amorfo sobre el material de revestimiento que exista en cada caso. En ambos casos el tema más crítico es el de la limpieza, ya que se puede acumular gran cantidad de suciedad si se colocan horizontalmente. El agua de lluvia suele ser la encargada de limpiar estas piezas.

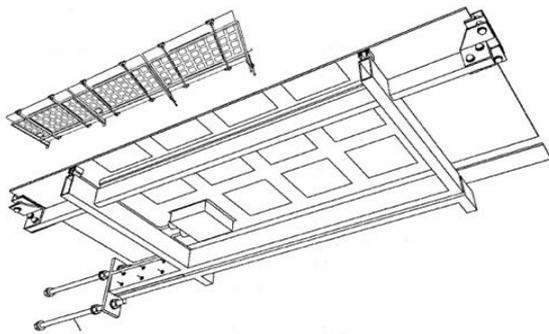
Quizá la mejor opción de integración fotovoltaica sea la de las lamas ya que cubren una gran superficie de fachada, fijadas normalmente a una subestructura intermedia de pasarelas registrables. En este caso las lamas pueden ser completamente orientables y ajustables para conseguir el mayor rendimiento posible, otorgando también una gran cantidad de sombra interior de manera simultánea.

Como sucede en el caso de la *torre Garena* [3.44] y la *sede de Caltrans en Los Ángeles*, [3.43] las lamas pueden encontrarse en toda la fachada Sur. En ambos casos nos encontramos ante células cristalinas embebidas entre dos hojas de vidrio.



[3.44] Fachada Sur de la Torre Garena, Alcalá de Henares.

Tanto en parasoles como en lamas la integración es muy eficaz puesto que la ventilación en el trasdós esta asegurada y las perdidas por exceso de temperatura están más controladas que en los casos de muro cortina.



[3.45] Perspectiva inferior de parasol en sede Caltrans.

3.6.4. Mantenimiento y limpieza.

La instalación de parasoles fijos situados por encima de los dinteles de los huecos de fachada, es lógico pensar que la limpieza de los mismos se realizará desde la planta superior, por lo que se deberá prever en el diseño.

Cuando se trata de lamas, si ocupan una superficie importante en relación al total de la fachada, es conveniente instalar un sistema de pasarelas de rejilla tipo *tramex* tanto para mantenimiento como limpieza.

Tanto el diseño de los parasoles y las lamas tienen que tener en cuenta este apartado, si el acceso a los mismos es razonadamente fácil no habría mayor problema. Se puede prever acceso desde los huecos adyacentes o también se puede incorporar un mecanismo de rotación que permita limpiar la cara donde se encuentran las células solares.

3.6.5. Ejemplos de edificios realizados.

Sede de Fundación Metròpoli, Alcobendas, (España). Arquitecto: Àngel de Diego. Construcción: 2003.



[3.46] Parasol central de lamas de silicio multicristalino, Fundación Metròpoli.

El edificio se concibió con carácter experimental, integrando dos criterios fundamentales: la creación de un lugar para la innovación y la creatividad, y un compromiso bioclimático.

En la fachada sur se encuentran tres elementos principales: un aplacado de pizarra ventilada, un sistema de lamas horizontales de aluminio, y una pantalla de lamas de vidrio con células de silicio multicristalino.

El edificio integra distintos tipos elementos de arquitectura bioclimática, tanto pasivos como activos. Entre los pasivos hay que nombrar las lamas regulables y la ventilación del trasdós, y entre los activos destacar la introducción de tubos de vacío en cubierta para la producción de frío.

Sede de Caltrans District 7, (Los Ángeles). Arquitectos: Morphosis. Construcción: 2004.



[3.47] [3.48] Lamas fotovoltaicas orientables, sede Caltrans.

Las fachadas Este-Oeste se recubren de una piel de aluminio perforado que protege del sol horizontal. El testero Norte es una fachada acristalada mientras el Sur se ha recubierto de una doble piel terminando en unas lamas fotovoltaicas.

La energía generada por las lamas fotovoltaicas equivale aproximadamente al 5% de la energía total consumida por el edificio a lo largo de un año. Esta fachada no rompe el diseño general del edificio.

3.7. CUBIERTAS Y LUCERNARIOS.



[3.49] [3.50] Esquema de cubierta inclinada y lucernario fotovoltaico transparente.

3.7.1. Introducción.

La integración fotovoltaica en cubiertas es quizás la más habitual de entre todas las tipologías. La cubierta de los edificios suele considerarse como la quinta fachada, siendo algo más que un simple cierre, o una planta técnica en la que se acumulan algunos de los equipos mecánicos o eléctricos del interior del edificio.

Podemos distinguir entre dos familias de soluciones de cubierta. Primero nos encontramos con las cubiertas ciegas, que bien pueden ser planas o inclinadas. Y por otro lado las cubiertas acristaladas, que dependiendo de su tamaño podrán ser atrios o lucernarios, que tendrán que responder a las exigencias simultáneas de transparencia y de estanqueidad. También hay que nombrar en este apartado la existencia de pérgolas exteriores dentro de las cubiertas acristaladas.

3.7.2. Principios de construcción.

Las cubiertas inclinadas son una solución que va aparejada a la propia idea de edificación, las cuales evacuaban el agua. Existen cubiertas de muchos materiales, cerámicas, metálicas, y todos sus derivados.

Es a partir del siglo XX cuando los nuevos materiales permitieron la aparición de las cubiertas monocapa. La cubierta plana invertida se ha convertido en una solución en una de las soluciones más utilizadas, ya que la capa impermeabilizante queda protegida del Sol y de los cambios térmicos por el aislante térmico. Para prevenir el estancamiento de agua hay que prever pendientes mínimas del 3%.

El sistema de construcción de lucernarios y atrios acristalados es muy similar al de los muros cortina de montantes y travesaños, siendo estos últimos los que soportaran las cargas verticales transfiriéndolos a la estructura principal. Se ha de tener en cuenta que el vidrio exterior tiene que ser como mínimo un doble acristalamiento con la hoja interior laminada para la prevención de posibles caídas.

3.7.3. Integración fotovoltaica en cubiertas y lucernarios.

3.7.3.1. Cubiertas ciegas inclinadas.



[3.51] Ejemplo de aplicación de módulos fotovoltaicos en cubiertas inclinadas.

Las cubiertas inclinadas de algunos edificios residenciales tienden a revestirse con los materiales típicos de las zonas en donde se ubican, las tejas cerámicas y la pizarra están entre los más comunes. Es por esto que el concepto de integración queda desmaterializado ya que se tienden a superponer módulos fotovoltaicos sobre el revestimiento exterior.

En los países de donde provienen la mayoría de módulos (*Europa Central y Reino Unido*) se están desarrollando soluciones que simulan la pizarra y las tejas con la clara intención de mejorar la imagen del edificio.

Existe la posibilidad de que las cubiertas inclinadas también se puedan resolver a través de paneles metálicos, siendo mucho más fácil integrar los paneles fotovoltaicos. Actualmente es habitual ver este tipo de paneles provistos de una láminas delgadas de *silicio amorfo* o de *seleniuro de cobre e indio (CIS)* en su cara exterior.



[3.52] Ejemplo de aplicación de módulos fotovoltaicos de silicio amorfo sobre cubierta metálica.

El siguiente paso es el seguimiento de los paneles prefabricados con láminas fotovoltaicas integradas como el único elemento de un cerramiento de cubierta. Es algo parecido a lo que ya ocurrió con las fachadas modulares explicadas en el punto (3.5. *Muros cortina modulares*). El montaje es realmente sencillo, ya que son módulos que apoyan en cumbrera y alero, siendo de la longitud del requerida por el faldón.

3.7.3.2. Cubiertas ciegas planas.



[3.53] Ejemplo de aplicación de módulos fotovoltaicos en cubiertas planas. CIEM.

La forma más habitual hoy en día de “integración arquitectónica” es la instalación de los módulos en las cubiertas planas. Pasa algo parecido que en las cubiertas inclinadas, ya que la mayoría de los paneles se superponen a una cubierta existente, sin necesidad de sustituir a ningún elemento constructivo.



[3.54] Ejemplo de aplicación de módulos fotovoltaicos en cubiertas planas. CIEM.

El montaje de estos sistemas tiene que ser muy cuidadoso para que las fijaciones no perforen las laminas impermeabilizantes de cubierta, de allí que se deban colocar sobre una subestructura de hormigón en donde se fijan. Todos los fabricantes tienen soluciones para cubiertas planas, ya que suelen ser las más económicas debido a la gama de productos, ya que las dimensiones y los sistemas están normalizados. Cabe recordar que las pérdidas ofrecidas para las cubiertas planas no llega al 10%.



[3.55] Suelo pisable fotovoltaico.

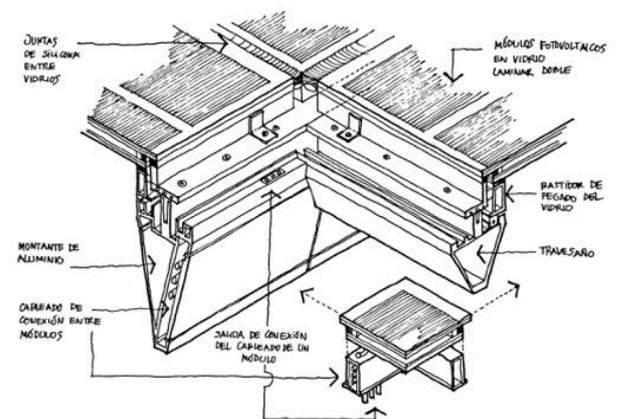
Onyx solar ha creado el primer suelo fotovoltaico transitable, una innovadora solución para la integración de energía solar en edificios. Instalado en la universidad George Washington en Virginia, EEUU.

3.7.3.3. Lucernarios y atrios acristalados.



[3.56] Ejemplo de aplicación de módulos fotovoltaicos en un atrio.

Con la intención de combinar generación eléctrica, transparencia y estanqueidad se han ido perfeccionando tanto los atrios como los lucernarios, integrando de diferentes formas los módulos fotovoltaicos. Previamente se ha explicado la facilidad de integrar módulos fotovoltaicos en sistemas basados en montantes y travesaños. Por lo tanto la sustitución de vidrios de doble acristalamiento por módulos fotovoltaicos de la misma dimensión es algo totalmente factible, lo ideal como vuelve a ser que se coloquen en un doble acristalamiento como mínimo para no perder prestaciones térmicas. La fijación de los módulos es exactamente igual a la de los vidrios a los que sustituye, véase imagen [3.57].

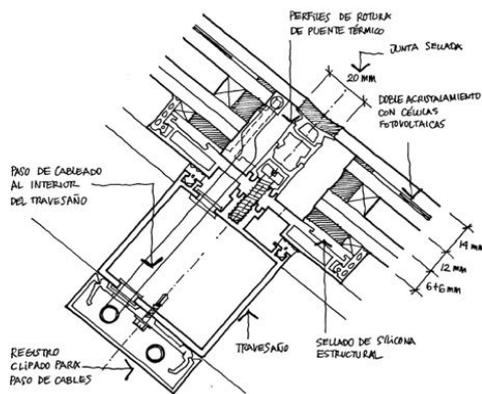


[3.57] Esquema tipo de cubierta acristalada fotovoltaica con vidrio.

Cuando se trata de cubiertas acristaladas, lo aconsejable es situar los módulos en la cara exterior para que el rendimiento sea el adecuado. Además la hoja exterior del acristalamiento incorporará otras laminas de ser necesarias, como pueden ser las de baja emisividad y las de control solar. Como se ha citado también anteriormente, la hoja interior tendrá que ser laminada, para actuar como línea de defensa en caso de rotura de la hoja exterior.

Si la integración se produce en las zonas opacas de los lucernarios o atrios, se pueden emplear módulos fotovoltaicos opacos. Y en este caso se pueden instalar en un vidrio simple o doble.

Algo que requiere especial atención en los atrios fotovoltaicos es el diseño de las partes que quedan ocultas, como pueden ser; la localización de la caja de conexiones en el trasdós del módulo, el recorrido y registro de todos los cables que forman parte del sistema por las zonas interiores de montantes y travesaños que lo subdividen. La impermeabilización de todas las perforaciones que se realizan en los perfiles, así como garantizar la durabilidad de los sellados y la capacidad de todos los módulos de soportar cargas puntuales, y también las típicas de viento y nieve. La impermeabilización es un tema realmente delicado. Tanto los montantes como los travesaños han de tener una línea interior de evacuación del agua infiltrada debido a los posibles fallos de los sellados exteriores. Véase imagen [3.52].



[3.58] Esquema tipo de lucernario con doble acristalamiento fotovoltaico.

Un sistema de lamas fotovoltaicas colocadas sobre los lucernarios puede resolver tanto la integración fotovoltaica como la generación de sombras en el interior.

3.7.4. Mantenimiento y limpieza.

En cualquiera de estos casos, el mantenimiento y la limpieza han de realizarse desde el exterior, por lo que habrá que plantear en el diseño del edificio además de un acceso, puntos de agarre y zonas donde el personal de mantenimiento pueda pisar.

La sustitución de estos módulos se hace más complicada en cuanto mayor es un integración. Esto sucede en casos de lucernarios con células fotovoltaicas o los vidrios que forman parte de los atrios, la sustitución de uno de estos elementos aparece el riesgo de entrada de agua y pérdidas de térmicas. Por tanto, cuando se estudia como integrar los módulos, se ha de hacer también lo mismo respecto a las vías de acceso, mecanismos de reposición y actuaciones en casos especiales.

3.7.5. Ejemplos de edificios realizados.

Nueva sede central de Telefónica, (Madrid). Arquitecto: Rafael de la Hoz. Construcción: 2007.



[3.59] Cubierta plana fotovoltaica en sede central de Telefónica.

El parque cuenta con más de 16.600 módulos fotovoltaicos sobre la marquesina que une los bloques de oficinas. Tiene una superficie de 57.000 m² de los cuales, 27.000 m² están recubiertos de módulos fotovoltaicos cristalinos. La potencia instalada es de unos 3 MW pico, y genera más de 3,6 GWh al año. Como dato, los ingresos que genera este proyecto, son equivalentes al importe del consumo eléctrico de todo el Distrito C, en donde se ubica.

Academia Mont Cenis, Herne, (Alemania). Arquitectos: Jourda y Perraudin. Construcción: 1999.



[3.60] Detalle de módulos semitransparentes en zona exterior.

La cubierta y la fachada alojan 10.000 m² de módulos fotovoltaicos, la potencia instalada es de 1 MW y produce 750.000 kWh/año. Se han utilizado células de silicio cristalino sobre Tedlar transparente con un porcentaje de transmisión luminosa entre el 47% y el 7% dependiendo de la distancia entre las células. Así se combina producción energética y sombreado interior del edificio.

Los paneles fotovoltaicos de cubierta tienen una inclinación del 5%, están instalados sobre unas peanas, y entre éstas se localizan los canalones para la recogida del agua de lluvia.

Para comprender la integración de las energías renovables de una manera práctica, se van a exponer tres edificios nacionales, dos de ellos de una manera más general, para terminar explicando con datos concretos un tercero. De este último se realizarán una serie de cálculos para ver tanto los niveles de sostenibilidad como la rentabilidad de este tipo de edificios que empezamos a ver en la actualidad en la mayoría de las ciudades.

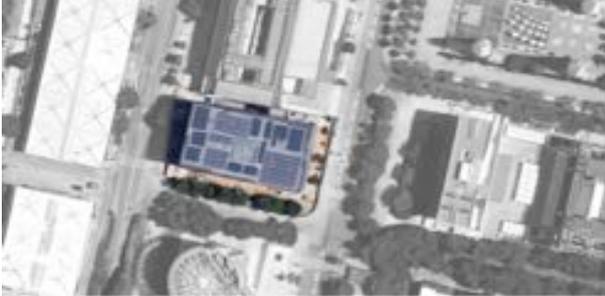
Los edificios seleccionados son:

- Agencia Andaluza de la Energía. Diseñado por: *César Ruiz Larrea*.
- Edificio LUCIA, (Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada). Diseñado por: *Francisco Valbuena García*.
- CIEM, Centro de Incubación Empresarial Milla Digital. Diseñado por: *Manuel Sánchez, Octavio Cabello, Javier García y Aurora Sánchez*.

Su elección viene determinada por su similitud en cuestiones formales, ya que así podrán compararse las distintas soluciones en cuestión de la integración de energías renovables y sistemas fotovoltaicos aplicadas en los mismos.



La Agencia Andaluza de la Energía (2012) es una agencia pública empresarial de la Administración de la Junta de Andalucía. Surgió como una iniciativa del VI Acuerdo de Concertación Social Andaluz, con la finalidad de ser una para impulsar el desarrollo energético sostenible de la Comunidad.



[4.01] Emplazamiento de la Agencia Andaluza de la Energía.

El edificio ha sido proyectado por el arquitecto César Ruiz Larrea dando como resultado un edificio que atiende a criterios energéticos y espaciales, consigue desarrollar un edificio libre de cualquier apriorismo formal. Debido a su implicación con el medio ambiente y el diseño sostenible de su envolvente ha sido premiado con el premio Vía a la Sostenibilidad.

Según el despacho Ruiz-Larrea, los criterios fundamentales que han alimentado el proceso de construcción del edificio son los siguientes:

- Diseño de los espacios interiores del edificio, atendiendo al confort lumínico, térmico y acústico.
- Reinterpretar las formas de la arquitectura tradicional de la zona, siempre y cuando se desarrollen a través de sistemas pasivos complementados con sistemas activos de bajo consumo.
- Limitar las demandas energéticas del edificio a través de las infraestructuras existentes, (red fluvial para disipación de calor) y que exista la posibilidad de que sea reversible a lo largo del año debido a las diferentes condiciones climáticas de verano e invierno.
- Diseño de una envolvente industrializable propia, con la intención de promover esta solución mostrándolo en el propio edificio.

La suma de estos criterios dan lugar a un edificio de concepto integrador, sin ningún tipo de formalismos, y todo tiene una justificación. Haciendo una analogía, este edificio puede identificarse como un organismo colocado en un lugar en donde el espacio interior surge de la interacción de los procesos energéticos y la geometría, se crean unos "órganos" para acondicionamiento interior del edificio y una piel para relacionarse con el exterior.

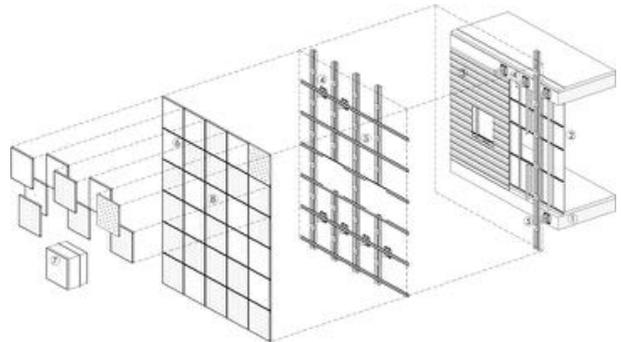
4.1.1. Diseño sostenible.

Hoy en día existe un gran desarrollo tecnológico en el campo de la edificación, permitiendo así abrir nuevos caminos de investigación para la mejor integración en el entorno. Los edificios sostenibles, y en concreto la Agencia Andaluza de la Energía, ha estudiado y potenciado las envolventes activas, un campo poco explorado de gran importancia. Las envolventes siempre han sido un elemento de protección contra las inclemencias meteorológicas, pero hoy en día se pueden convertir a su vez en elementos generadores de energía.



[4.02] BiOpix realizada con el muro cortina MX 62 SSG de Technal.

La fachada *Biopix* es un sistema flexible que permite configurar a la carta cualquier tipo de envolvente constructiva, integrando tanto los elementos de revestimiento tradicionales como otros sistemas más sofisticados como paneles fotovoltaicos o termosolares, pantallas led, etc.



[4.03] Sistema de montaje de la fachada BiOpix.

Para poder tener un edificio que funcione como una planta fotovoltaica hay que tener en cuenta el diseño de las fachadas. Tradicionalmente este tipo de instalaciones se colocaban en cubierta debido a la facilidad de instalación, mantenimiento, y libre de sombras. La utilización únicamente de la superficie de la cubierta puede dar lugar a una escasa producción energética. De allí que la integración de estas energías sea fundamental. Puede darse el caso de que haya meses en los que se produzca un exceso de energía por lo que podrá ser vendida a la Compañía Eléctrica.

Estas instalaciones no producen ningún tipo de impacto medioambiental, así como ruidos que puedan influir en el confort de las personas que habiten el edificio. Al contrario, estas instalaciones evitan un importante vertido a la atmósfera de los gases procedentes de la generación de energía eléctrica a través de otras fuentes contaminantes, con lo que se está contribuyendo de manera activa a la mejora del medio ambiente y al cumplimiento de los compromisos internacionales como el Protocolo de Kyoto. La ventaja de estas instalaciones radica en reducir las pérdidas de transporte por generar la electricidad cerca de los puntos de consumo.

Según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). "Cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 1,00 kg de CO₂, en el caso de comparar con generación eléctrica con carbón, o aproximadamente 0,40 kg de CO₂ en el caso de comparar con generación eléctrica con gas natural".

4.1.2. Reducción demanda energética.

El edificio posee diferentes mecanismos para conseguir dicha reducción, este es un aspecto que tienen en común todos los edificios que entienden la sostenibilidad como una obligación de futuro. Entre los aspectos más destacados está la de un buen tratamiento de los cerramientos, en donde la transmisión térmica sea la menor posible, pero a su vez han de poseer unos huecos que doten al interior de una buena iluminación natural. Cuando la luz exterior se vea atenuada, la tecnología led se encargará de iluminar el conjunto disminuyendo el consumo energético.

También estarán presentes diferentes energías renovables, como son la biomasa o la geotermia para el control de la temperatura. Sobre la envolvente del edificio están presentes tanto la energía solar térmica, como la energía fotovoltaica. Con la intención de producir una cantidad mayor de energía eléctrica se proyecta la instalación de la tecnología minieólica. Se puede deducir que es un edificio que trata la practica totalidad de las energías renovables que existen.

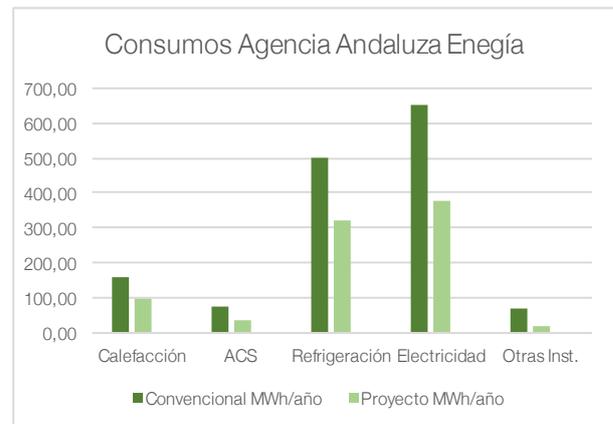


[4.04] Fachada BIOpix.

4.1.3. Producción con energías renovables.

El edificio se ha concebido como un organismo o máquina energética capaz de producir e intercambiar energía con el exterior de una manera óptima. El diseño del edificio ha partido de una malla o matriz energética configurada a partir de la trayectoria solar, la geometría urbana y la orientación de los vientos dominantes de la zona favoreciendo la permeabilidad del edificio al viento fresco de "La marea". En esta trama geométrica y energética se crean, además, zonas de enfriamiento natural utilizando patios, jardines y láminas de agua que permiten una atenuación significativa de la temperatura ambiente, reduciendo así el consumo en refrigeración convencional. Se estima un ahorro en reducción de consumo de energía del 60% respecto a uno tradicional.

- 650 m² de colectores solares de vacío en cubierta y fachada sur.
- 500 m² de paneles fotovoltaicos en fachada sur.
- 1500 m de tuberías de polietileno de 300 mm de diámetro enterrada a 4-5 m de profundidad.
- Caldera de Biomasa.
- Máquina de absorción de 1 etapa.

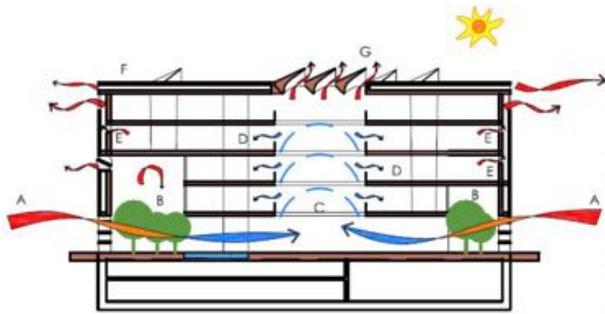


[4.05] Gráfico de los consumos del edificio.



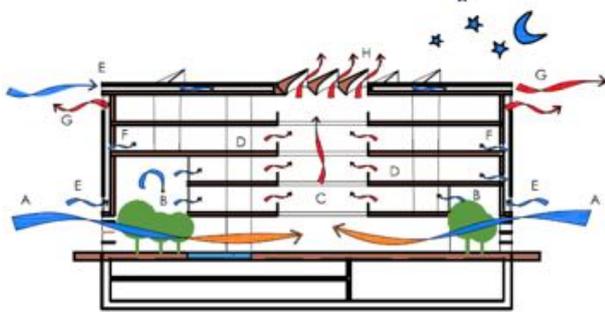
[4.06] Perspectiva del edificio que muestra la integración fotovoltaica.

4.1.4. Funcionamiento del edificio.



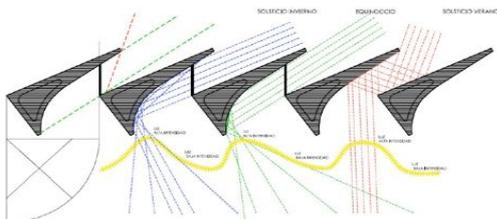
[4.07] Ventilación natural / día – meses verano.

- A. Ingreso de vientos durante las horas del día con dirección SO y NE.
- B. Cajas enfriadoras de aire mediante aporte de humedad por patio de naranjos y zonas en sombra.
- C. Aire fresco confinado en el espacio del Atrio, protegido por de la radiación solar.
- D. Ingreso de aire fresco ayudando a la renovación de aire.
- E. Expulsión de aire viciado por chimeneas solares periféricas de la envolvente.
- F. Cubierta ventilada disipa la alta radiación solar.
- G. Salida del aire cálido por la cubierta del Atrio.



[4.08] Ventilación nocturna / noche – meses de verano. Sistemas de refrigeración.

- A. Ingreso de vientos frescos principalmente por la tarde, con vientos de dirección SO y vientos matinales NE.
- B. Patios de Naranjos como cajas enfriadoras, acumulación de masas de aire fresco durante el día.
- C. Succión de aire fresco proveniente del atrio.
- D. Enfriamiento de las distintas plantas, refrigerándose la estructura del edificio..
- E. Ventilación de la envolvente, introduciendo aire fresco por las mañanas.
- F. Ingreso de aire fresco desde la doble piel de la fachada, ayudando al enfriamiento de la estructura.
- G. Expulsión de aire cálido resultado del enfriamiento de la estructura del edificio.
- H. Salida de aire cálido por la cubierta del Atrio por efecto chimenea prolongando por lucernarios con gran desfase térmico.



[4.09] Sección del atrio con el lucernario.

- Patios vegetales y láminas de agua.

Los patios vegetales se ubicarán en las principalmente en la planta de acceso, permitirán reducir la temperatura ambiente en las épocas estivales de una manera natural. Reciben aire desde el exterior, funcionando así como unidades de tratamiento de aire, (UTAs). Filtrarán y regularan la humedad del interior del edificio, cediendo al exterior a través del atrio lo sobrante. Estas cajas enfriadoras funcionan conjuntamente con el efecto evaporativo de las láminas de agua presentes en el proyecto, mejorando así la calidad del aire interior.



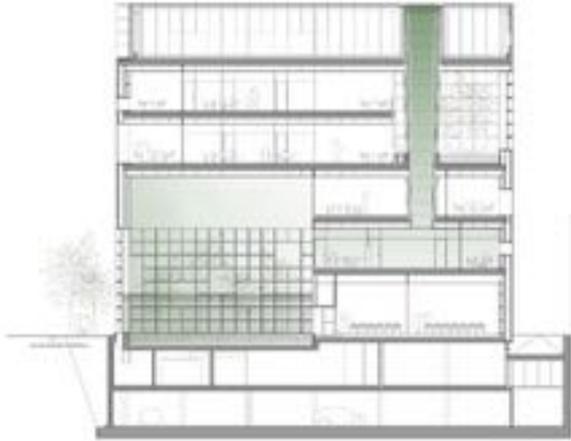
[4.10] Patio vegetal interior.

- Iluminación natural con pozos de luz.

La iluminación natural a través de pozos de luz es una de las principales características de este edificio. 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 aproximado de un 25%. Sobre el atrio, considerado el gran pulmón del edificio, se encuentra el lucernario, elemento que se encarga de 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.



[4.11] Pozos de luz.

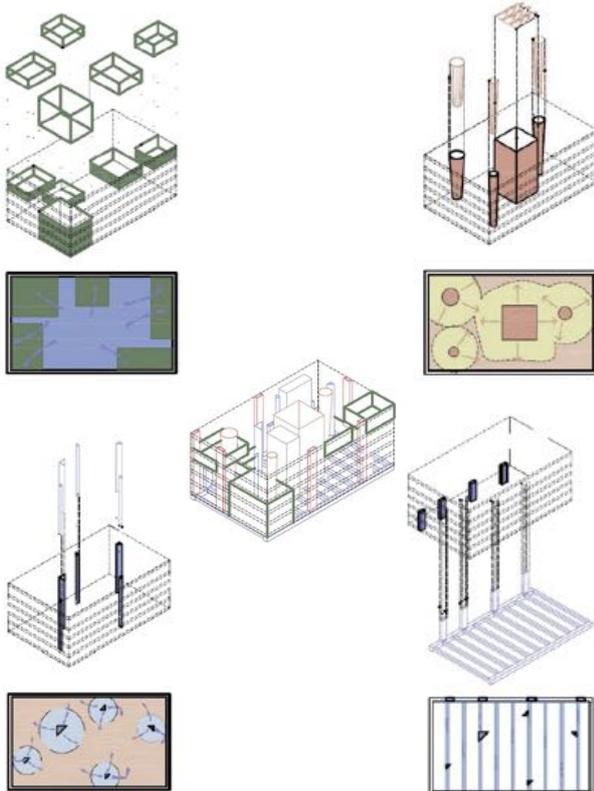


[4.12] Sección que muestra los pozos de luz y los patios vegetales.

- **Órganos del edificio.**

Los órganos del edificio perforan el conjunto pudiendo cualificar el espacio interior desempeñando diferentes funciones como son:

- Acondicionamiento energético.
- Consecución de niveles óptimos de confort lumínico, térmico y acústico.
- Reticula estructural de apoyo a los forjados.
- Comunicaciones verticales del edificio.



[4.13] Patios enfriadores, Pozos de Luz, Conductos de Ventilación y Sistemas de disipación de Calor.

- **Pixel Bioclimático.**

La envolvente del edificio es una piel que dependiendo de su ubicación, reacciona de diferente manera frente a las solicitaciones energéticas que proceden del exterior. La trama de surge desde la composición de pequeños elementos individuales, con diferentes propiedades, que el arquitecto denomina “Píxeles Bioclimáticos” debido a su similitud con el concepto informático.

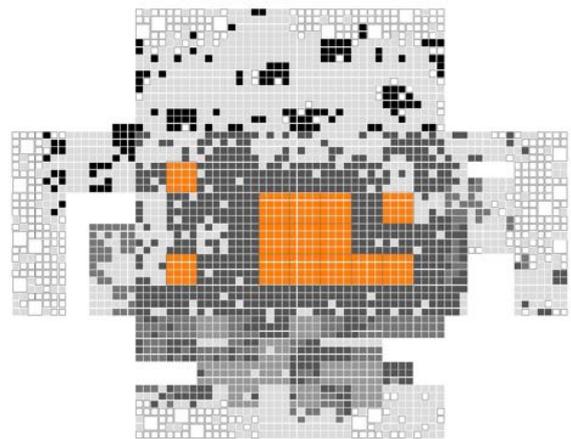
Esta fachada nace de la combinaciones de varias capas de estos píxeles, cuya situación responde a se optimización energética máxima. De esta manera se puede afirmar que no es un capricho meramente formal, sino que atiene en su totalidad a criterios únicamente energéticos.

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



[4.14] Píxeles de fachada.

- Reflectante.
- Celosía.
- Colector.
- Fotovoltaico.
- Fotovoltaico con vistas.
- Vistas.

El edificio LUCIA (2014), acrónimo de Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada es un edificio Cero CO₂ y Cero Energía. Promovido por la Universidad de Valladolid (UVA), esta destinado a uso de laboratorios y centros de investigación.



[4.15] Emplazamiento del edificio LUCIA dentro del campus universitario.

Las estrategias utilizadas en el proyecto se basan como en todos estos casos, en realizar un diseño arquitectónico totalmente sostenible, así mismo la utilización de la totalidad de las energías renovables conocidas. También es importante reducir lo máximo posible la demanda energética, atendiendo a otro tipo de elementos como son, el tratamiento del agua, la vegetación, la gestión de los residuos, así como la incidencia en los aspectos sociales. Con todo ello se consiguen resultados excelentes en el aspecto económico y en materia de reducción de energía. Además en este caso se puede hablar de un edificio con emisiones nulas de CO₂.

La forma de un edificio representa un factor determinante en cuanto a su aprovechamiento climático y relación con el entorno. El factor de forma cuantifica la relación entre forma y volumen a través del cociente entre la superficie de la envolvente del edificio y el volumen que alberga. En este caso es de 0,37 m⁻¹ para sus 5.356 m² útiles acondicionados, lo que supone un ratio difícilmente mejorable. Se han seguido diferentes estrategias para conseguir una importante iluminación natural en los espacios de trabajo, así como en las zonas de paso del edificio, para obtener un grado de confort alto.

El proyecto ha sido llevado a cabo por el arquitecto Francisco Valbuena García, ha obtenido diferentes premios, tanto nacionales como internacionales, entre ellos el Premio de Construcción Sostenible de Castilla y León. Además ha obtenido 98 puntos en la anteriormente citada certificación Leed, obteniendo así la categoría Platinum. Esta puntuación hace al edificio LUCIA el más sostenible de Europa en la actualidad, y uno de los mejores del mundo en esta categoría.

4.2.1. Diseño sostenible.

El solar en el que se desea proyectar el edificio dentro del campus universitario exige largas fachadas en orientaciones Sur-Oeste y Norte-Este, por lo que se ha realizado un estudio muy detallado acerca de la reordenación de los huecos de fachada combinados con una serie de aleros en las orientaciones más soleadas, [4.16]. A través de este sistema, los huecos se consiguen orientar a Sur y a Este, por lo que se producirán unas importantes ganancias térmicas en invierno, y un verano funcionarán con un efecto de auto sombreado reduciendo así las cargas de refrigeración, asegurándose al mismo tiempo una gran iluminación natural. La envolvente del edificio en sus fachadas más largas presenta un efecto de diente de sierra, por lo que es un pequeño inconveniente ya que aumenta su superficie. El efecto de esta estrategia de diseño supone un 24% de reducción en las cargas de refrigeración del edificio, según las simulaciones realizadas por los técnicos.



[4.16] Planta del edificio LUCIA.



[4.17] Edificio LUCIA de la Universidad de Valladolid.

Aislamientos en cerramientos	CTE [W/m ² k]	ASHRAE [W/m ² k]	LUCIA [W/m ² k]
Fachada	0,66	0,36	0,17
Cubierta	0,38	0,27	0,15
Soleras	0,49	0,22	0,16

[4.18] Coeficientes de transmisión térmica empleados en el edificio LUCIA en comparación con normativas.

4.2.2. Reducción demanda energética.

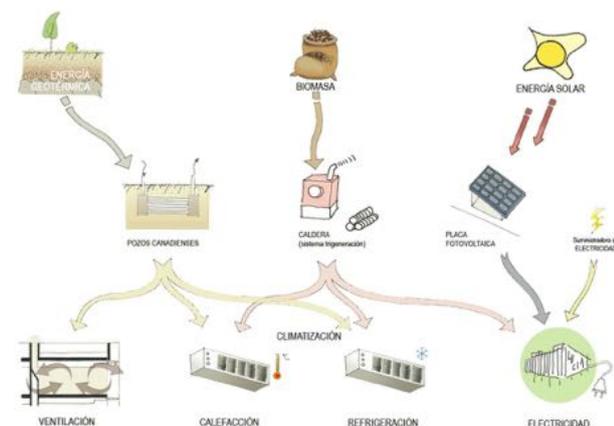
Se describen en la tabla [4.18] los coeficientes de transmisión térmica utilizados en la envolvente están muy por debajo de los mínimos establecidos por la normativa nacional. Los coeficientes de estos aislamientos ($U=0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ en fachadas y $U= 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ en su cubierta vegetal) conseguirán limitar las pérdidas por transmisión, por lo que reducirán la demanda energética del edificio. En el proyecto se utilizaran aislantes de origen natural (corcho aglomerado negro), esto conllevará un sobrecoste en el aspecto económico, pero se entiende que se compensará con la reducción en el consumo de energía. Ha de considerarse también el aspecto de que la inercia térmica tiene sobre el edificio ya que esta realizado en hormigón armado, y sobre todo que la cubierta de tipo vegetal extensivo se extienda en el 73,5% de su superficie.

4.2.3. Producción con energías renovables.

El edificio utilizará exclusivamente energías renovables: fotovoltaica, geotérmica y biomasa para todas sus necesidades, incluida la energía eléctrica necesaria para los usos diarios.

- *Energía nula. Cogeneración.*

En la comunidad autónoma de Castilla y León la posibilidad de utilizar biomasa de residuo forestal es notable, tanto es así que su uso mejora las circunstancias socio económicas de la zona. Existe una relación directa entre el uso de esta energía y la creación de puestos de trabajo, por lo que se puede potenciar en cierta manera la economía local a su vez. La climatización del edificio en el ámbito del campus es totalmente viable, y los accesos al solar hacen que el suministro de la biomasa sea factible, por lo que la utilización de esta energía es idónea para este edificio.



[4.19] Esquema de cogeneración en el edificio LUCIA.

Se decidió pues utilizar un sistema de cogeneración a través de biomasa para la producción de todas las necesidades que pueda tener el edificio:

- Climatización (calefacción y refrigeración).
- Producción de electricidad.

Se puede conseguir el 100% de la demanda energética con la biomasa, y la tecnología de la cogeneración hace posible que se exporte energía al resto del campus universitario. Estas ideas consiguen que se fomente la investigación de sistemas de producción de energías renovables. Según la herramienta de simulación E-Quest, la producción de energía renovable es de 249.108 kWh mediante la cogeneración de la caldera de biomasa.

- *Energía primaria. Biomasa.*

El uso de esta tecnología a través de residuos provenientes de los tratamientos de las masas vegetales de la industria piñonera, así como las astillas de madera resultantes, tienen un gran potencial en esta región, por lo que la potenciación en la investigación de esta forma de obtener energía dará beneficios en diversos aspectos.

La decisión de introducir la biomasa en el proyecto viene fundamentalmente de la intención de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y el fomento por el desarrollo de sistemas que permitan la utilización de este recurso en condiciones de competencia con los combustibles fósiles. Para ello se eligió un sistema de cogeneración que tuviera un alto potencial energético mediante un motor de vapor capaz de producir la energía eléctrica que se necesite en cada momento, también se prevé la recuperación del calor asociado a este tipo de producción, permitiendo así abastecer la demanda de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y refrigeración a través de una maquina de absorción.

- *Integración de energías fotovoltaica y geotérmica.*

La integración de la energía fotovoltaica esta muy presente en el diseño del edificio, realizándose en dos espacios.

- El muro cortina de doble piel en la fachada Sur-Este (en donde están algunos espacios comunes).
- Los dos lucernarios que están sobre cada uno de los núcleos de escaleras.

Los paneles fotovoltaicos instalados permiten el paso de luz a través de la doble piel, ya que se necesita para iluminar estas zonas, y con paneles sólidos no sería posible tener luz natural en estos puntos. Los cálculos dicen que la fachada Sur de doble piel produce aproximadamente unos 5.000 kWh y los dos lucernarios aportarían algo más, unos 5.500 kWh. Esto supondría un ahorro anual de unos 3.570,00€. De esta manera se contribuye al balance positivo de las energías renovables en el edificio, impulsando y potenciando las investigaciones en este campo, de esta forma los lucernarios además de producir energía eléctrica, colaboran en la climatización del edificio durante todo el año. Suponen un sobrecoste económico compensado por la reducción constante en consumo de energía a lo largo de los años, así como en la reducción de emisiones de CO₂.



[4.20] Fachada Sur-Este que muestra los módulos de silicio cristalino semitransparentes.

- Microclimas y geotermia del solar.

La parcela como se ha visto tiene una extensión lo suficientemente grande como para generar ciertas condiciones ambientales en el exterior, creando microclimas a través de la introducción de árboles e incluso auxiliar los sistemas de ventilación con los tubos canadienses en el exterior del edificio. El aire que pasa por los mismos se lleva a una temperatura próxima a la de confort antes de introducirlo en los sistemas de ventilación.

La creación de este microclima en la parcela se consigue a través del uso de pavimentos filtrantes en el exterior del edificio, la cubierta vegetal es del tipo sedum, y la vegetación que se coloca será siempre autóctona. Los árboles serán de hoja caduca para que en verano “oculden” al edificio del sol, y en invierno ocurra lo contrario.

Otra de las decisiones que se toman, como se verá en el CIEM, es la de generar un aparcamiento abierto y al aire libre con un pavimento también filtrante. Esto permite tener una ventilación e iluminación naturales, que consiguen reducir las demandas y equipos a suplir por energía externa, como iluminación, protección contra incendios, sistemas anti-CO₂, etc.



[4.21] Geotermia a través de tubos canadienses.

4.2.4. Funcionamiento del edificio.



[4.22] Sistema de ventilación del edificio LUCIA en verano.



[4.23] Sistema de ventilación del edificio LUCIA en invierno.

- Iluminación natural con pozos de luz.

La compacidad que muestra el edificio es buena para la reducción de las pérdidas térmicas, pero pasa todo lo contrario cuando se quiere introducir iluminación natural a los espacios interiores. Es por eso que tanto los espacios de circulación y los núcleos de escaleras introducen la iluminación de forma cenital, es decir, mediante claraboyas o lucernarios. Además sobre estos se sitúan módulos fotovoltaicos con diferentes objetivos:

- Tamizar la luz que entra al interior
- Producción de energía eléctrica.

También hay que contabilizar la fachada ventilada acristalada del Sur-Este como ya se ha comentado. La cual también introduce luz al interior debido a los espacios que se generan entre las células solares. Y como también sucede en la Agencia Andaluza de la Energía se proyectan diversos pozos de luz situados en la parte interna de cada despacho o de cada laboratorio, aumentando los niveles lumínicos de la sala. Además de ampliar y mejorar la iluminación natural, suponen una importante reducción de la demanda energética. Los cálculos hablan de un consumo medio en una oficina tipo de 39 kWh/m²año según la Comunidad de Madrid. El edificio LUCIA es capaz de reducir esta cantidad a 12,60 kWh/m²año. algo más de un 300% de reducción.



[4.24] Módulos CIS semitransparente en los atrios de los núcleos de las escaleras.

Las simulaciones realizadas, los 146.190 kWh anuales para iluminación que necesitaría un edificio de referencia (*criterio de la normativa americana ASHRAE*), en el LUCIA esta cantidad se reduce a 74.790 kWh, y todo ello gracias a estos dispositivos. Hay que dejar constancia de que su funcionamiento se basa simplemente en un efecto óptico, y no requiere aporte alguno de energía.

- Orientación e iluminación. Soleamiento, huecos y formas.



[4.25] Perspectiva seccionada que muestra la entrada de luz en el edificio.

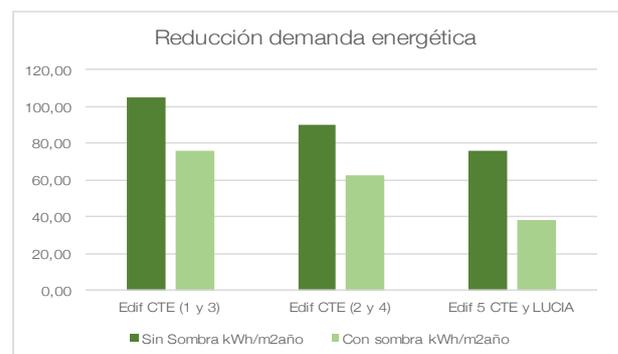
Los huecos de la envolvente han sido diseñados con mucho detalle y precisión. La orientación del edificio no es la idónea ni por vistas ni por los niveles de confort, esto supone una sobrecarga de la radiación solar. Es por esto que el arquitecto decide reorientar los huecos hacia el Sur y el Este formando una forma conocida como dientes de sierra, desde el punto de vista bioclimático éstas son las mejores orientaciones. Los huecos ocupan una proporción del 89% en ambas orientaciones.



[4.26] Vistas del proyecto en las que se muestran los huecos.

Este diente de sierra, junto con los aleros de los huecos producen sombra en el interior de las salas, con la consiguiente reducción en las cargas de refrigeración sin limitar en ningún momento la iluminación natural. Según los estudios realizados, se han sacado conclusiones de que el edificio LUCIA tiene una reducción de la demanda de refrigeración del 27% respecto a un edificio que cumpla los estrictamente los valores del CTE. Si se acompaña al diseño de otros métodos de iluminación, se puede incrementar este ahorro un 3%, llegando a 30%.

El programa *E-Quest*⁵, permite establecer diferencias directas entre un edificio idéntico de fachadas rectas, respecto al de diente de sierra. Se estima que el efecto de auto sombra de este último es de un 54% respecto del primero. La solución del zigzag, además de mejoras sensibles de bienestar para los usuarios, tiene evidentes ventajas térmicas y económicas. Ha de tenerse presente la importancia en España de la refrigeración, necesaria en varios meses al año.



[4.27] Reducción de la demanda de refrigeración en kWh/m²año con el efecto de autosombreamiento entre los diversos edificios de referencia y LUCIA.

El ayuntamiento de Zaragoza pretendió potenciar el entorno de la Estación de Delicias desarrollando nuevas tecnologías aplicadas a la construcción. Es aquí donde nace el proyecto de Milla Digital.



[4.28] Emplazamiento CIEM, zona Estación Delicias.

Uno de estos edificios es el CIEM (*Centro de Incubación Empresarial Milla Digital*), un proyecto realizado por la marca Zeroaplus, que junto con el Centro de Arte y Tecnología "Etopia", forman el total de Milla Digital hasta la actualidad.

Zaragoza es una ciudad con un clima continental caracterizado por altas temperaturas en verano y bajas en invierno. Una escasa pluviometría durante el año así como un régimen de vientos prácticamente constantes canalizados por la depresión del río Ebro. Si estos proceden del Noroeste se le conocerá como cierzo, y si es de Sureste bochorno.

El CIEM es una prueba piloto financiada por la Unión Europea con la clara intención de potenciar las energías renovables a la vez que sirve para evaluar el impacto medioambiental del edificio en relación al efecto de isla térmica, y cómo la misma condiciona el confort interior, los consumos medidos en kWh/m^2 año y la cantidad de emisiones de gases contaminantes.



[4.29] Arista Oeste CIEM, fachada fotovoltaica al Sur.

Un sistema de control evaluará el consumo real a lo largo de su vida útil, y con ello se podrá saber su impacto medioambiental.

Es un edificio experimental capaz de dar muchas aportaciones a estudios energéticos de diferentes grados y naturaleza.

4.3.1. Diseño sostenible.

Es un edificio nZEB (*net Zero Energy Building*), o Edificio Cero Emisiones, explicado en el apartado 1.4, en el que se pretenden mostrar distintas soluciones sobre la eficiencia energética en Arquitectura.

El edificio tiene una superficie construida de 2.727,77 m^2 y una útil de 2.309,53 m^2 que se distribuyen en los siguientes usos:

- Despachos de incubadoras. 24 módulos, 8 por planta.
- Zonas de coworking.
- Zonas de administración y dirección.
- Salón de actos.
- Aseos.
- Aparcamientos.
- Cuartos de instalaciones.

El CIEM pretende mostrar diferentes soluciones sobre la eficiencia energética aplicada en la Arquitectura, con el fin de conseguir edificios con el máximo ahorro energético posible, pero que a su vez tengan un gran nivel de confort. Su principal diferencia con el resto de edificios convencionales radica en la fusión de un diseño basado en razonamientos bioclimáticos (*diseño pasivo*) con los sistemas activos que tan necesarios son (*instalaciones de climatización*) y los sistemas energéticos (*producción fotovoltaica, eólica, biocombustibles y geotermia, tanto tierra/aire como agua/agua*).



[4.30] Interior del edificio, zonas comunes.

La conjunción de todos estos aspectos, y el uso de un sistema de gestión inteligente nos permite obtener muy buenos resultados en lo que a eficiencia se refiere. En la actualidad el edificio está en pleno funcionamiento como "Vivero de Empresas", con prácticamente un 100% de ocupación. Parte de este éxito se debe a la propia imagen de sostenibilidad y eficiencia energética que ofrece a sus clientes.

El edificio se proyecta con una orientación Noroeste-Sureste debido a las restricciones que presentaba la parcela, con esto consigue tener dos fachadas a Sur, y otras dos a Norte.

El volumen será de carácter cúbico ya que es la manera en la que menos superficie estará expuesta por unidad de volumen al exterior.

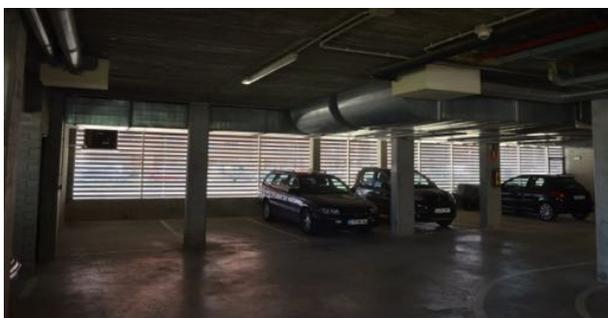
Se tiene muy en cuenta todo lo relacionado con el aprovechamiento solar, e iluminación natural mediante grandes aperturas al sur y un gran atrio central que se encargará de proporcionar luz cenital de manera constante a lo largo de todo el día.

4.3.2. Reducción demanda energética.

Para dotar de iluminación al edificio cuando no se tengan niveles suficientes de luz natural, se han previsto detectores de presencia en cada espacio así como reguladores de luz en función de las necesidades. Así mismo en las zonas comunes, donde esta necesidad lumínica se hace continua, se han colocado luces led, ya que tienen un consumo energético mucho menor.

El acondicionamiento térmico del edificio ha previsto la utilización la geotermia aire/suelo a través de tubos canadienses. Y también se utiliza la geotermia agua/agua, en donde se aprovecha el nivel freático para el intercambio de calor con el circuito de agua de la bomba de calor geotérmica del edificio. De esta manera se necesita un equipo con una menor potencia.

La zona del garaje se decide abrirla al exterior para evitar una instalación de extracción de aire, y conseguir así una iluminación natural.



[4.31] Ventilación natural en el garaje.

4.3.3. Producción con energías renovables.

En el edificio se integran diferentes sistemas de producción de energía. En las dos fachadas con orientación Sur se colocan un total de 612 paneles fotovoltaicos (*GeneCIS*) de 70 W de potencia nominal. Cada fachada genera un total de 20 kW

nominales o lo que es lo mismo, *21,02 MWh/año*. Su eficiencia rondará el 12%.

En el caso de la cubierta son 150 paneles (*SPR-300WHT-I*) con una potencia nominal de 300 W generando un total de 37,5 kW con una eficiencia de 18,5% lo que equivale a *60,44 MWh/año*.



[4.32] Módulos de silicio cristalino en cubierta.

En el exterior del edificio se colocan tres aerogeneradores con una potencia de 4 kW cada uno con una producción estimada de *13,68 MWh/año*.

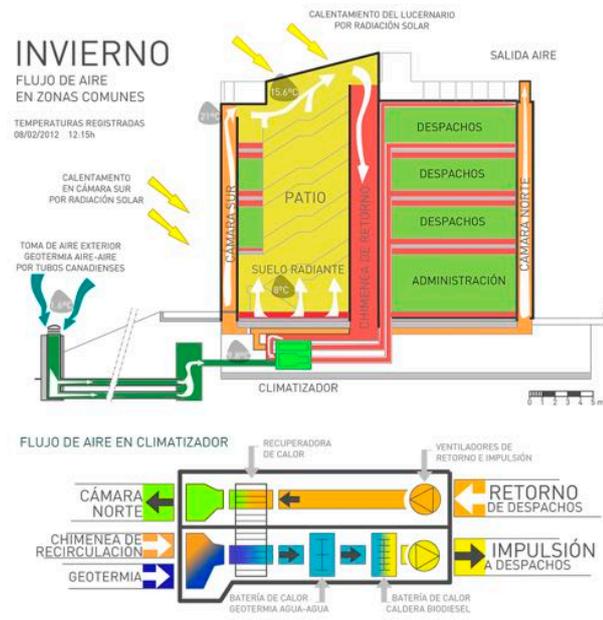


[4.33] Aerogeneradores exteriores.

Todo esto se resume en un aporte energético de *116,66 MWh/año*.

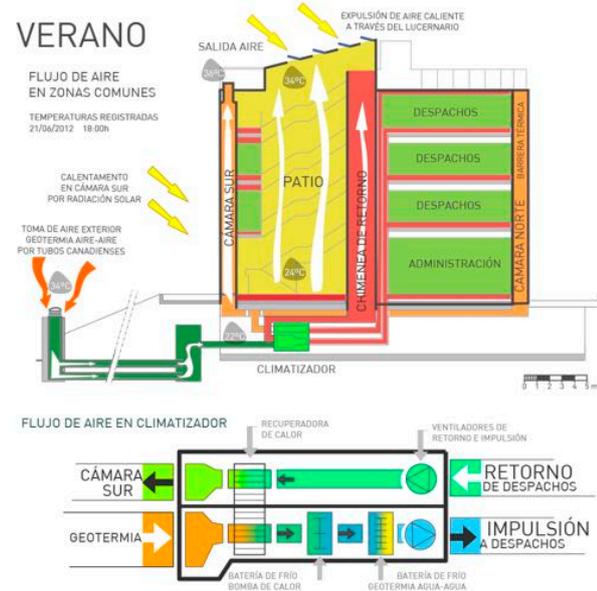
El edificio se ha concebido como un laboratorio de investigación, donde se recogen una gran cantidad de datos procedentes de los mas de 100 sensores de temperatura, humedad, anemómetros, etc. Esto, además de permitirnos conocer en tiempo real el comportamiento energético del edificio, es una importante fuente de información que nos facilitará optimizar o mejorar su funcionamiento. La experiencia adquirida servirá también para darla a conocer a la comunidad comprometida con el medio ambiente.

4.3.4. Funcionamiento del edificio.



[4.34] Aerogeneradores exteriores.

Flujos de aire junto con unas muestras de temperaturas reales tomadas de la monitorización en diferentes puntos en un día frío de febrero el 8 de febrero de 2012 a las 12:15.



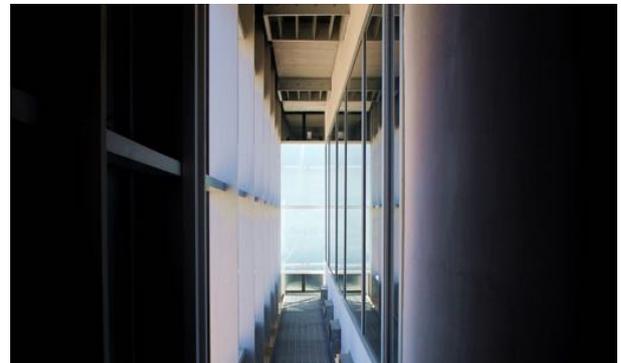
[4.35] Aerogeneradores exteriores.

En este esquema en sección se muestran los flujos de aire junto con unas muestras de temperaturas reales tomadas de la monitorización en diferentes puntos en el día de junio el 21 de junio de 2012 a las 18:00.

- Características técnicas.

Como ya se ha comentado, se trata de un edificio de una gran sencillez volumétrica envuelto por una doble fachada que se encargará de regular la luz exterior, la climatización y toda la ventilación de las zonas interiores con los sistemas instalados. El atrio central se ha concebido como el corazón funcional y ambiental del resto de usos. A través de su abertura en la parte superior permite lograr una iluminación natural en el interior logrando una zona de paso con un alto confort lumínico. A su vez sirve como pieza amortiguador térmico y acústico entre el interior y el exterior, actuando como un recurso bioclimático efectivo.

Las cuatro fachadas presentan una piel interior y otra exterior generando así una cámara de aire intermedia. Esta doble piel actúa como un colchón térmico, que a su vez esta conectada con el terreno consiguiendo un gran ahorro energético. Los paneles fotovoltaicos colocados en las fachadas Sur funcionan a modo de parasoles. Todas estos puntos hacen que el edificio funcione como un gran climatizador.

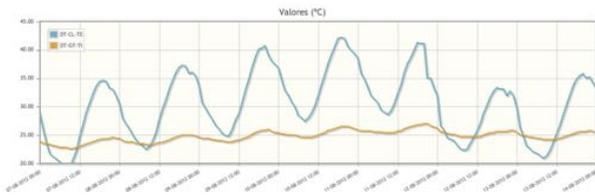


[4.36] Cámara de aire entre fachada interior y exterior.

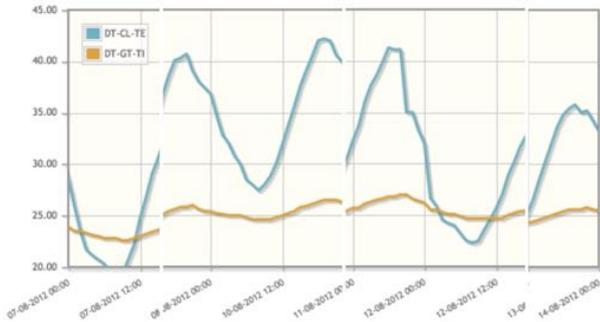
- Aprovechamiento de la energía geotérmica para climatización.

El sistema geotérmico aire/suelo aprovecha el diferencial de temperatura existente entre ambos medios conduciendo la entrada de aire al edificio por un subsuelo que esta a 12° en invierno y a 25° en verano, consiguiendo enfriar o calentar este aire sin coste energético.

Tal es la eficacia de este sistema que en el hall del edificio se consiguen temperaturas de entorno a los 25°C existiendo un diferencial de temperatura de 5°C cuando en el exterior se presentan temperaturas superiores a los 40°C. Se puede apreciar con mas detalle en las siguientes graficas.



[4.37] Temperatura a la salida de la geotermia (amarillo), frente a la temperatura exterior (azul). Agosto 2012.



[4.38] Temperatura a la salida de la geotermia (amarillo), frente a la temperatura exterior (azul). Agosto 2012.

- Aprovechamiento del agua.

El agua que aprovecha el edificio para su geotermia agua/agua llega del río Ebro desde una profundidad de 25 m y mantiene una temperatura constante en torno a los 14 ó 17°C.

El agua que se usa para los ciclos de climatización se atempera por intercambio de calor con agua del freático. También se consigue un enfriamiento adiabático del aire en verano pulverizando agua de retorno en el sistema.

Para la realización de esta instalación se realizan dos o más perforaciones en el terreno por las que se hace circular agua desde el subsuelo. Con esto se consigue acumular el calor del verano de cara a las épocas invernales y viceversa.

- Aprovechamiento del sol.

La energía fotovoltaica es la principal fuente de alimentación energética del edificio. Toda la instalación se ve apoyada por una cadera de biodiesel para apoyar a la calefacción en las temporadas más frías. Toda la demanda energética del edificio se cubre con procesos alternativos que no generan gases contaminantes.

Debido a los sistemas pasivos, el edificio consume un 52% menos de energía que un edificio convencional, y el resto lo cubre con la producción de las energías renovables. Incluyendo el consumo de biodiesel al que se le atribuyen nulas emisiones de CO₂ a la atmósfera.

RENDIMIENTO H(0) [%]	0,185
RENDIMIENTO H(90) [%]	0,120
POTENCIA NOMINAL H(0) [W]	300
POTENCIA NOMINAL H(90) [W]	70

4.3.5. Cálculos y simulaciones.

	MESES	DIAS [Ud.]	HORAS LUZ PRIMER DIA MES [h]	HORAS LUZ ÚLTIMO DIA MES [h]	MEDIA HORAS AL DIA [h]	MEDIA HORAS LUZ MES [h]	H(0) [Wh/m/día]	H(90) [Wh/m/día]
1	Enero	31	9,23	10,00	9,62	298,12	1920,00	3400,00
2	Febrero	28	10,03	11,18	10,61	297,03	3070,00	4390,00
3	Marzo	31	11,23	12,63	11,93	369,93	4690,00	4570,00
4	Abril	30	12,68	13,97	13,33	399,75	5510,00	3520,00
5	Mayo	31	14,00	14,98	14,49	449,24	6570,00	2910,00
6	Junio	30	15,00	15,17	15,08	452,50	7360,00	2620,00
7	Julio	31	15,17	14,45	14,81	459,06	7680,00	2880,00
8	Agosto	31	14,42	10,00	12,21	378,46	6620,00	3590,00
9	Septiembre	30	13,13	13,18	13,16	394,75	5130,00	4340,00
10	Octubre	31	11,77	10,43	11,10	344,10	3560,00	4370,00
11	Noviembre	30	10,40	9,43	9,92	297,50	2250,00	3810,00
12	Diciembre	31	9,40	9,22	9,31	288,56	1690,00	3280,00

A partir de las horas de luz solar en Zaragoza, la aplicación web PVGIS muestra los valores de irradiación diaria tanto para el plano horizontal de cubierta H(0), como para las fachadas, H(90).

	POTENCIA DIA H(0) [W/m ²]	POTENCIA DIA H(90) [W/m ²]	ENERGÍA DIA H(0) [Wh/m ²]	ENERGÍA DIA H(90) [Wh/m ²]	ENERGÍA MES H(0) [Wh/m ²]	ENERGÍA MES H(90) [Wh/m ²]	ENERGÍA MES H(0) [kWh]	ENERGÍA MES H(90) [kWh]
1	199,65	353,55	355,20	408,00	11011,20	12648,00	2477,52	5573,21
2	289,40	413,83	567,95	526,80	15902,60	14750,40	3578,09	6499,62
3	393,02	382,96	867,65	548,40	26897,15	17000,40	6051,86	7491,06
4	413,51	264,17	1019,35	422,40	30580,50	12672,00	6880,61	5583,79
5	453,36	200,81	1215,45	349,20	37678,95	10825,20	8477,76	4770,02
6	487,96	173,70	1361,60	314,40	40848,00	9432,00	9190,80	4156,12
7	518,63	194,49	1420,80	345,60	44044,80	10713,60	9910,08	4720,84
8	542,25	294,06	1224,70	430,80	37965,70	13354,80	8542,28	5884,66
9	389,87	329,83	949,05	520,80	28471,50	15624,00	6406,09	6884,56
10	320,72	393,69	658,60	524,40	20416,60	16256,40	4593,74	7163,22
11	226,89	384,20	416,25	457,20	12487,50	13716,00	2809,69	6043,82
12	181,56	352,37	312,65	393,60	9692,15	12201,60	2180,73	5376,51

Tras esto se calcula tanto la potencia como la energía que generarán los paneles a lo largo de un mes.

	ENERGÍA AÑO [kWh/m ²]	ENERGÍA MES [kWh]	APORTE AEROGENER. [kW]	FACTURACIÓN AÑO 2014 [kWh/h]	APROVECH. SOLO FV. [%]	APROVECH. CON AEROGENER. [%]
1	23.659,20	8.050,73	1.140,00	12.650,00	63,64%	72,65%
2	30.653,00	10.077,70	1.140,00	11.458,00	87,95%	97,90%
3	43.897,55	13.542,92	1.140,00	12.580,00	107,65%	116,72%
4	43.252,50	12.464,40	1.140,00	13.999,00	89,04%	97,18%
5	48.504,15	13.247,78	1.140,00	16.240,00	81,57%	88,59%
6	50.280,00	13.346,92	1.140,00	17.841,00	74,81%	81,20%
7	54.758,40	14.630,92	1.140,00	20.086,00	72,84%	78,52%
8	51.320,50	14.426,94	1.140,00	28.443,00	50,72%	54,73%
9	44.095,50	13.290,65	1.140,00	23.407,00	56,78%	61,65%
10	36.673,00	11.756,96	1.140,00	18.898,00	62,21%	68,25%
11	26.203,50	8.853,51	1.140,00	13.929,00	63,56%	71,75%
12	21.893,75	7.557,25	1.140,00	13.712,00	55,11%	63,43%
	475.191,05	141.246,67	13.680,00	203.243,00	72,16%	79,38%

Para conocer como influye la irradiación sobre los módulos fotovoltaicos es necesaria la facturación de un año completo, así se puede sacar el porcentaje que aportaran al total. Los aerogeneradores minielólicos no se han tenido en cuenta para las simulaciones posteriores, pero hay que destacar que aportarían un 7,22%.

En esta primera simulación se pretende calcular el consumo que tendría el edificio en el caso de no tener ningún aporte energético a través de energía renovables. La potencia contratada a la compañía eléctrica será de 70 kW.

EDIFICIO CIEM CONVENCIONAL Potencia Contratada (70 kW), 0.00% de energía FV.					
ENERGÍA CONSUMIDA CIEM DE LA RED DE COMPAÑÍA					
		Periodo 1 (kW/h)	Periodo 2 (kW/h)	Periodo 3 (kW/h)	Total (kW/h)
1	Enero	2.366,00	8.237,00	2.047,00	12.650,00
2	Febrero	2.148,00	7.426,00	1.884,00	11.458,00
3	Marzo	2.377,00	8.165,00	2.038,00	12.580,00
4	Abril	3.615,00	8.196,00	2.188,00	13.999,00
5	Mayo	4.372,00	9.494,00	2.374,00	16.240,00
6	Junio	4.714,00	10.354,00	2.773,00	17.841,00
7	Julio	5.313,00	11.601,00	3.175,00	20.089,00
8	Agosto	5.652,00	15.320,00	7.471,00	28.443,00
9	Septiembre	6.031,00	13.475,00	3.901,00	23.407,00
10	Octubre	4.665,00	11.335,00	2.898,00	18.898,00
11	Noviembre	2.492,00	9.121,00	2.316,00	13.929,00
12	Diciembre	2.564,00	8.753,00	2.395,00	13.712,00
					203.246,00 kW/h

El CIEM tiene contratada una tarifa 3.0, por lo que las facturas anuales están separadas en 3 periodos dependiendo del consumo horario, de esta manera se obtiene un consumo anual del edificio de 203.246 kW/h.

PEAJES POR POTENCIA (70 kW)			PEAJES POR ENERGÍA		
Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
40,728885	24,437330	16,291555	0,018762	0,012575	0,00467
2.851,02 €	1.710,61 €	1.140,41 €			

	PEAJES POR POTENCIA			PEAJES POR ENERGÍA			€ por peajes
1	237,59	142,55	95,03	44,39	103,58	9,56	632,70
2	237,59	142,55	95,03	40,30	93,38	8,80	617,65
3	237,59	142,55	95,03	44,60	102,67	9,52	631,96
4	237,59	142,55	95,03	67,82	103,06	10,22	656,28
5	237,59	142,55	95,03	82,03	119,39	11,09	687,67
6	237,59	142,55	95,03	88,44	130,20	12,95	706,77
7	237,59	142,55	95,03	99,68	145,88	14,83	735,56
8	237,59	142,55	95,03	106,04	192,65	34,89	808,75
9	237,59	142,55	95,03	113,15	169,45	18,22	775,99
10	237,59	142,55	95,03	87,52	142,54	13,53	718,77
11	237,59	142,55	95,03	46,75	114,70	10,82	647,44
12	237,59	142,55	95,03	48,11	110,07	11,18	644,53
							8.264,06 €

Una vez obtenido el consumo anual, el siguiente paso es saber como influye a nivel económico, para ello hay que realizar una serie de cálculos, en esta tabla se muestran los peajes por la potencia contratada (70 kW).

PEAJES POR ENERGÍA		
Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
0,120701	0,096176	0,067028

Precios sacados de precios reales de una tarifa 3.0

	PRECIO DE LA ENERGÍA			€ por energía	Impuesto eléctrico	TOTAL SIN IVA	IVA	FINAL FACTURA PRECIOS 2015
1	285,58	792,20	137,21	1214,99	94,47	1942,15	407,85	2350,01
2	259,27	714,20	126,28	1099,75	87,81	1805,21	379,09	2184,30
3	286,91	785,28	136,60	1208,79	94,11	1934,86	406,32	2341,18
4	436,33	788,26	146,66	1371,25	103,66	2131,19	447,55	2578,74
5	527,70	913,09	159,12	1599,92	116,96	2404,55	504,96	2909,51
6	568,98	995,81	185,87	1750,66	125,64	2583,07	542,44	3125,51
7	641,28	1115,74	212,81	1969,84	138,32	2843,72	597,18	3440,90
8	682,20	1473,42	500,77	2656,38	177,16	3642,30	764,88	4407,18
9	727,95	1295,97	261,48	2285,40	156,52	3217,90	675,76	3893,66
10	563,07	1090,15	194,25	1847,47	131,20	2697,44	566,46	3263,91
11	300,79	877,22	155,24	1333,25	101,27	2081,95	437,21	2519,16
12	309,48	841,83	160,53	1311,84	100,02	2056,39	431,84	2488,23
								35.502,28 €

Por otro lado esta la energía consumida, que tendrá unos precios diferentes para cada periodo de facturación, y aplicando el impuesto eléctrico correspondiente a cada mes, se puede obtener un coste anual de energía de 35.502,28 €.

En esta segunda simulación se pretende calcular el consumo que tendría el edificio en el caso de tener un aporte fotovoltaico del 72,16%, calculado anteriormente. La potencia contratada a la compañía eléctrica será de 70 kW para cubrir las necesidades restantes.

LEY 24/2013 Potencia Contratada (70 kW), 72,16% de energía FV.					
ENERGÍA CONSUMIDA CIEM DE LA RED DE COMPAÑÍA					
		Periodo 1 (kW/h)	Periodo 2 (kW/h)	Periodo 3 (kW/h)	Total (kW/h)
1	Enero	658,72	2293,28	569,91	3521,91
2	Febrero	598,03	2067,49	524,53	3190,04
3	Marzo	661,78	2273,23	567,40	3502,42
4	Abril	1006,46	2281,86	609,16	3897,49
5	Mayo	1217,22	2643,24	660,95	4521,41
6	Junio	1312,43	2882,68	772,04	4967,14
7	Julio	1479,20	3229,85	883,96	5593,01
8	Agosto	1573,58	4265,27	2080,01	7918,87
9	Septiembre	1679,10	3751,60	1086,08	6516,78
10	Octubre	1298,79	3155,80	806,84	5261,43
11	Noviembre	693,80	2539,39	644,80	3878,00
12	Diciembre	713,85	2436,94	666,80	3817,58
					56.586,08 kW/h

El CIEM tiene contratada una tarifa 3.0, por lo que las facturas anuales están separadas en 3 periodos dependiendo del consumo horario, de esta manera se obtiene un consumo anual del edificio de 55.586 kW/h.

PEAJES POR POTENCIA (70 kW)			PEAJES POR ENERGÍA		
Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
40,728885	24,437330	16,291555	0,018762	0,012575	0,00467
2.851,02 €	1.710,61 €	1.140,41 €			

	PEAJES POR POTENCIA			PEAJES POR ENERGÍA			€ por peajes
1	237,59	142,55	95,03	12,36	28,84	2,66	519,03
2	237,59	142,55	95,03	11,22	26,00	2,45	514,84
3	237,59	142,55	95,03	12,42	28,59	2,65	518,82
4	237,59	142,55	95,03	18,88	28,69	2,84	525,59
5	237,59	142,55	95,03	22,84	33,24	3,09	534,33
6	237,59	142,55	95,03	24,62	36,25	3,61	539,65
7	237,59	142,55	95,03	27,75	40,62	4,13	547,67
8	237,59	142,55	95,03	29,52	53,64	9,71	568,04
9	237,59	142,55	95,03	31,50	47,18	5,07	558,92
10	237,59	142,55	95,03	24,37	39,68	3,77	542,99
11	237,59	142,55	95,03	13,02	31,93	3,01	523,13
12	237,59	142,55	95,03	13,39	30,64	3,11	522,32
							6.415,34 €

Una vez obtenido el consumo anual, el siguiente paso es saber como influye a nivel económico, para ello hay que realizar una serie de cálculos, en esta tabla se muestran los peajes por la potencia contratada (70 kW), pero en el caso de la energía, se hará en relación al 27,84% que no aporta la fotovoltaica.

PEAJES POR ENERGÍA		
Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
0,120701	0,096176	0,067028

Precios sacados de precios reales de una tarifa 3.0

	PRECIO DE LA ENERGÍA			€ por energía	Impuesto eléctrico	TOTAL SIN IVA	IVA	FINAL FACTURA PRECIOS 2015
1	79,51	220,56	38,20	338,27	43,83	901,13	189,24	1090,36
2	72,18	198,84	35,16	306,18	41,98	863,00	181,23	1044,23
3	79,88	218,63	38,03	336,54	43,73	899,09	188,81	1087,90
4	121,48	219,46	40,83	381,77	46,39	953,76	200,29	1154,04
5	146,92	254,22	44,30	445,44	50,09	1029,86	216,27	1246,13
6	158,41	277,24	51,75	487,40	52,51	1079,56	226,71	1306,27
7	178,54	310,63	59,25	548,43	56,04	1152,13	241,95	1394,08
8	189,93	410,22	139,42	739,57	66,85	1374,47	288,64	1663,10
9	202,67	360,81	72,80	636,28	61,11	1256,31	263,83	1520,14
10	156,77	303,51	54,08	514,36	54,06	1111,41	233,40	1344,80
11	83,74	244,23	43,22	371,19	45,72	940,05	197,41	1137,46
12	86,16	234,37	44,69	365,23	45,38	932,93	195,92	1128,85

15.117,37 €

Por otro lado esta la energía consumida, que tendrá unos precios diferentes para cada periodo de facturación, y aplicando el impuesto eléctrico correspondiente a cada mes, se puede obtener un coste anual de energía de 15.117,37 €.

Se aprecia un descenso en el precio final de más del doble con respecto al edificio convencional.

En esta tercera simulación se pretende calcular el consumo que tendría el edificio en el caso de tener un aporte fotovoltaico del 72,16%, calculado anteriormente. La potencia contratada a la compañía eléctrica será de 70 kW para cubrir las necesidades restantes. En este caso se realizará con la normativa actual, el RD 900/2015.

REAL DECRETO 900/2015, Potencia Contratada (70 kW), 72,16% de energía FV.					
ENERGÍA CONSUMIDA CIEM DE LA RED DE COMPAÑÍA					
		Periodo 1 (kW/h)	Periodo 2 (kW/h)	Periodo 3 (kW/h)	Total (kW/h)
1	Enero	658,72	2293,28	569,91	3521,91
2	Febrero	598,03	2067,49	524,53	3190,04
3	Marzo	661,78	2273,23	567,40	3502,42
4	Abril	1006,46	2281,86	609,16	3897,49
5	Mayo	1217,22	2643,24	660,95	4521,41
6	Junio	1312,43	2882,68	772,04	4967,14
7	Julio	1479,20	3229,85	883,96	5593,01
8	Agosto	1573,58	4265,27	2080,01	7918,87
9	Septiembre	1679,10	3751,60	1086,08	6516,78
10	Octubre	1298,79	3155,80	806,84	5261,43
11	Noviembre	693,80	2539,39	644,80	3878,00
12	Diciembre	713,85	2436,94	666,80	3817,58
					56.586,08 kW/h

El CIEM tiene contratada una tarifa 3.0, por lo que las facturas anuales están separadas en 3 periodos dependiendo del consumo horario, de esta manera se obtiene un consumo anual del edificio de 55.586 kW/h.

PEAJES POR POTENCIA (70 kW)			PEAJES POR ENERGÍA		
Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
40,728885	24,437330	16,291555	0,018762	0,012575	0,00467
2.851,02 €	1.710,61 €	1.140,41 €			

	PEAJES POR POTENCIA			PEAJES POR ENERGÍA			€ por peajes
1	237,59	142,55	95,03	12,36	28,84	2,66	519,03
2	237,59	142,55	95,03	11,22	26,00	2,45	514,84
3	237,59	142,55	95,03	12,42	28,59	2,65	518,82
4	237,59	142,55	95,03	18,88	28,69	2,84	525,59
5	237,59	142,55	95,03	22,84	33,24	3,09	534,33
6	237,59	142,55	95,03	24,62	36,25	3,61	539,65
7	237,59	142,55	95,03	27,75	40,62	4,13	547,67
8	237,59	142,55	95,03	29,52	53,64	9,71	568,04
9	237,59	142,55	95,03	31,50	47,18	5,07	558,92
10	237,59	142,55	95,03	24,37	39,68	3,77	542,99
11	237,59	142,55	95,03	13,02	31,93	3,01	523,13
12	237,59	142,55	95,03	13,39	30,64	3,11	522,32
							6.415,34 €

Una vez obtenido el consumo anual, el siguiente paso es saber como influye a nivel económico, para ello hay que realizar una serie de cálculos, en esta tabla se muestran los peajes por la potencia contratada (70 kW), pero en el caso de la energía, se hará en relación al 27,84% que no aporta la fotovoltaica.

PEAJES POR ENERGÍA FV PRODUCIDA

Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
0,02527	0,017212	0,011127

PEAJES POR POTENCIA de autoconsumo

Tp [€/kW año]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
32,174358	6,403250	14,266872
592,01 €	117,82 €	262,51 €

	PEAJES POR ENERGÍA FV PRODUCIDA			Peajes [€]	POT. SOLAR – POT. CONTRAT. [kW]	PEAJES POR POTENCIA			Peajes [€]
1	43,14	102,30	16,44	161,88	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
2	39,17	92,23	15,13	146,53	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
3	43,34	101,41	16,36	161,12	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
4	65,92	101,79	17,57	185,28	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
5	79,72	117,92	19,06	216,70	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
6	85,96	128,60	22,26	236,82	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
7	96,88	144,08	25,49	266,46	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
8	103,06	190,27	59,99	353,32	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
9	109,97	167,36	31,32	308,65	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
10	85,06	140,78	23,27	249,11	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
11	45,44	113,28	18,60	177,32	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
12	46,75	108,71	19,23	174,70	18,40	49,33	9,82	21,88	81,03
				2.637,88 €					972,34 €

Esta tabla muestra los nuevos peajes con respecto a la Ley 24/2013, el ya nombrado impuesto al sol, en los que se deberá abonar unos nuevos peajes por la energía fotovoltaica producida, y de la misma manera, otros por la energía consumida de esta misma fuente.

PRECIO POR ENERGÍA FV CONSUMIDA

Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
0,120701	0,096176	0,067028

Precios sacados de precios reales de una tarifa 3.0

	PRECIO DE LA ENERGÍA			€ TOTALES POR PEAJES	€ por energía	€ SIN IMPUESTOS	Impuesto eléctrico	TOTAL SIN IVA	IVA	FINAL FACTURA PRECIOS 2015 [€]
1	79,51	220,56	38,20	761,94	338,27	1100,21	56,25	1156,46	242,86	1399,31
2	72,18	198,84	35,16	742,39	306,18	1048,58	53,61	1102,19	231,46	1333,65
3	79,88	218,63	38,03	760,97	336,54	1097,51	56,11	1153,62	242,26	1395,88
4	121,48	219,46	40,83	791,90	381,77	1173,67	60,01	1233,68	259,07	1492,75
5	146,92	254,22	44,30	832,06	445,44	1277,50	65,31	1342,81	281,99	1624,80
6	158,41	277,24	51,75	857,50	487,40	1344,90	68,76	1413,66	296,87	1710,53
7	178,54	310,63	59,25	895,15	548,43	1443,58	73,81	1517,38	318,65	1836,03
8	189,93	410,22	139,42	1002,39	739,57	1741,96	89,06	1831,02	384,51	2215,54
9	202,67	360,81	72,80	948,60	636,28	1584,88	81,03	1665,91	349,84	2015,76
10	156,77	303,51	54,08	873,13	514,36	1387,49	70,94	1458,43	306,27	1764,70
11	83,74	244,23	43,22	781,48	371,19	1152,67	58,93	1211,60	254,44	1466,04
12	86,16	234,37	44,69	778,05	365,23	1143,28	58,45	1201,73	252,36	1454,09
										19.709,07 €

Por otro lado esta la energía consumida, que tendrá unos precios diferentes para cada periodo de facturación, y aplicando el impuesto eléctrico correspondiente a cada mes, se puede obtener un coste anual de energía de 19.709,07 €.

Se puede apreciar un aumento considerable (30,07%) sobre la normativa anterior.

Por último se pretende calcular el consumo que tendría el edificio en el caso de tener un aporte fotovoltaico del 72,16%, calculado anteriormente. La potencia contratada a la compañía eléctrica será de 70 kW para cubrir las necesidades restantes. Pero en este caso se realizará una simulación promocionando el consumo de energías renovables, quitando los peajes al consumo eléctrico fotovoltaico.

SIN PAGAR PEAJES DE FOTOVOLTAICA, Potencia Contratada (70 kW), 72,16% de energía FV.

ENERGÍA CONSUMIDA CIEM DE LA RED DE COMPAÑÍA

		Periodo 1 (kW/h)	Periodo 2 (kW/h)	Periodo 3 (kW/h)	Total (kW/h)
1	Enero	658,72	2293,28	569,91	3521,91
2	Febrero	598,03	2067,49	524,53	3190,04
3	Marzo	661,78	2273,23	567,40	3502,42
4	Abril	1006,46	2281,86	609,16	3897,49
5	Mayo	1217,22	2643,24	660,95	4521,41
6	Junio	1312,43	2882,68	772,04	4967,14
7	Julio	1479,20	3229,85	883,96	5593,01
8	Agosto	1573,58	4265,27	2080,01	7918,87
9	Septiembre	1679,10	3751,60	1086,08	6516,78
10	Octubre	1298,79	3155,80	806,84	5261,43
11	Noviembre	693,80	2539,39	644,80	3878,00
12	Diciembre	713,85	2436,94	666,80	3817,58
					56.586,08 kW/h

El CIEM tiene contratada una tarifa 3.0, por lo que las facturas anuales están separadas en 3 periodos dependiendo del consumo horario, de esta manera se obtiene un consumo anual del edificio de 55.586 kW/h.

PEAJES POR POTENCIA (70 kW)			PEAJES POR ENERGÍA		
Tp [€/kW año]			Te [€/kWh]		
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
40,728885	24,437330	16,291555	0,018762	0,012575	0,00467
2.851,02 €	1.710,61 €	1.140,41 €			

	PEAJES POR POTENCIA			PEAJES POR ENERGÍA			€ por peajes
1	237,59	142,55	95,03	12,36	28,84	2,66	519,03
2	237,59	142,55	95,03	11,22	26,00	2,45	514,84
3	237,59	142,55	95,03	12,42	28,59	2,65	518,82
4	237,59	142,55	95,03	18,88	28,69	2,84	525,59
5	237,59	142,55	95,03	22,84	33,24	3,09	534,33
6	237,59	142,55	95,03	24,62	36,25	3,61	539,65
7	237,59	142,55	95,03	27,75	40,62	4,13	547,67
8	237,59	142,55	95,03	29,52	53,64	9,71	568,04
9	237,59	142,55	95,03	31,50	47,18	5,07	558,92
10	237,59	142,55	95,03	24,37	39,68	3,77	542,99
11	237,59	142,55	95,03	13,02	31,93	3,01	523,13
12	237,59	142,55	95,03	13,39	30,64	3,11	522,32
							6.415,34 €

Una vez obtenido el consumo anual, el siguiente paso es saber como influye a nivel económico, para ello hay que realizar una serie de cálculos, en esta tabla se muestran los peajes por la potencia contratada (70 kW), pero en el caso de la energía, se hará en relación al 27,84% que no aporta la fotovoltaica.

PRECIO POR ENERGÍA FV CONSUMIDA			Precios sacados de precios reales de una tarifa 3.0
Te [€/kWh]			
Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	
0,120701	0,096176	0,067028	

	PRECIO DE LA ENERGÍA			€ TOTALES POR PEAJES	€ por energía	€ SIN IMPUESTOS	Impuesto eléctrico	TOTAL SIN IVA	IVA	FINAL FACTURA PRECIOS 2015
1	0,00	0,00	0,00	519,03	0,00	519,03	26,54	545,57	114,57	660,13
2	0,00	0,00	0,00	514,84	0,00	514,84	26,32	541,16	113,64	654,80
3	0,00	0,00	0,00	518,82	0,00	518,82	26,53	545,35	114,52	659,87
4	0,00	0,00	0,00	525,59	0,00	525,59	26,87	552,46	116,02	668,48
5	0,00	0,00	0,00	534,33	0,00	534,33	27,32	561,65	117,95	679,60
6	0,00	0,00	0,00	539,65	0,00	539,65	27,59	567,24	119,12	686,36
7	0,00	0,00	0,00	547,67	0,00	547,67	28,00	575,67	120,89	696,56
8	0,00	0,00	0,00	568,04	0,00	568,04	29,04	597,09	125,39	722,47
9	0,00	0,00	0,00	558,92	0,00	558,92	28,58	587,50	123,37	710,87
10	0,00	0,00	0,00	542,99	0,00	542,99	27,76	570,75	119,86	690,61
11	0,00	0,00	0,00	523,13	0,00	523,13	26,75	549,88	115,47	665,35
12	0,00	0,00	0,00	522,32	0,00	522,32	26,70	549,03	115,30	664,32
										8.159,44 €

En este caso particular y ficticio, se eliminan las tasas al consumo eléctrico fotovoltaico, y se puede apreciar como el resultado es mucho mejor en el computo anual, teniendo una factura de 8.159,44€.

A modo de conclusión se aprecia como gran parte de las facturas eléctricas están destinadas a los peajes y no tanto a la energía consumida por el propietario.



Representación gráfica de la influencia del coste eléctrico sobre un edificio con las diferentes normativas. Se supone un coste del edificio convencional de un 10% inferior al fotovoltaico. Se ha planteado una subida anual del combustible del 5%. La amortización media estaría en los 23 años.



Representación gráfica de la influencia del coste eléctrico sobre un edificio con las diferentes normativas. Se supone un coste del edificio convencional de un 10% inferior al fotovoltaico. Se ha planteado una subida anual del combustible del 5%. La amortización media estaría en los 12 años.

4.3.6. Reportaje fotográfico.



Atrio 01.



Atrio 02.



Atrio 03.



Bloques de termoarcilla.



Difusores de luz en lucernario.



Envolvente desde el interior.



Energía geotérmica con tubos canadienses.



Cubierta de módulos fotovoltaicos.

La transformación arquitectónica como consecuencia del cambio climático.

Existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por la sociedad.

¿Qué consecuencias tiene el aumento de concentraciones de CO₂ en la atmosfera?

Las temperaturas medias en la superficie terrestre se van a ver incrementadas entre 1 y 5°C durante el siglo XXI. Este cambio aumentará tanto la propagación de enfermedades infecciosas como la frecuencia de las catástrofes naturales. Así como el desplazamiento de especies animales hacia latitudes en las que el clima sea como el que conocen, esto derivará en la extinción de muchas de ellas. De la misma manera el nivel del mar aumentará entre 9 y 88 cm.

Según Hans Bruyninckx, director ejecutivo de la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente). *“Incluso en el contexto de la recesión económica de los últimos años, las políticas y las medidas adoptadas están funcionando y, de hecho, han sido vitales para lograr este resultado provisional. Sin embargo, no hay margen para la autocomplacencia; los análisis que publicamos hoy señalan que también hay países y sectores en los que los avances han sido menores de lo previsto”.*

En relación a la reducción de emisiones de CO₂, que son directamente proporcionales a la utilización de energías de origen fósil, España, Alemania, Luxemburgo, Polonia, Austria, Bélgica, Finlandia e Irlanda *“no están bien encaminados para cumplir sus objetivos”* de 2020 por lo que deberán hacer un esfuerzo y aplicar nuevas medidas para lograr el objetivo que marca la Unión Europea.

Esto sucede porque cada país marca sus propias legislaciones y las exigencias a los productores pueden ser demasiado grandes.

Todas las medidas que se han de tomar influyen en la manera de hacer arquitectura y en el diseño de los edificios, ahora bien, eso no es sinónimo de que se tenga que realizar una mala arquitectura, se han mostrado suficientes ejemplos de buena arquitectura sostenible como para entender que estamos en el camino correcto hacia el futuro. Los edificios que se aproximen a cero emisiones sin duda pueden ser ejemplos de buena arquitectura por lo que se puede concluir que estamos en la mejor dirección posible. La transformación arquitectónica es posible.

El polémico “impuesto al sol” dentro del RD 900/2015.

Este nuevo RD es un problema para todos y cada uno de los edificios que tengan una instalación fotovoltaica, los costes anualmente se ven incrementados viendo así reducida la rentabilidad de estas instalaciones, que por otro lado no son nada baratas, *(entre un 5 y un 15% de incremento de un edificio convencional).*

Desde un punto de vista personal, es una medida que va totalmente en contra de lo que marca Europa, ya que no se incentiva el uso del modelo del autoconsumo, cobrando por la energía producida por una instalación solar, sino todo lo contrario, las compañías eléctricas son las únicas beneficiadas, ya que además se les va a tener que pagar unos peajes, se utilicen o no.

Los números quizá si salgan a la hora de rentabilizar un edificio de estas características, pero para nada son alentadores, muy lejos de lo que debería promocionarse. Se puede cuidar el planeta y vivir en los mismos niveles energéticos a los que estamos acostumbrados, solo tenemos que adaptarnos a los cambios de la mejor manera posible, y no poner trabas al avance tecnológico.

La energía fotovoltaica como solución integradora.

De todas las energías renovables presentes en la arquitectura se puede afirmar que la fotovoltaica es la que más posibilidades de integración posee, el tamaño de los módulos y la facilidad de la instalación la convierte en una opción a la hora de realizar cualquier tipo de proyecto, tanto de obra nueva, como de rehabilitación. La sustitución de carpinterías con vidrios normales, a carpinterías con vidrios CIS fotovoltaicos es un ejemplo de ello. Este hecho la convierte es una solución integradora y eficaz frente al resto de energías renovables que requieren de una mayor mano de obra y espacio.

Ha quedado demostrado como la envolvente de los edificios a los que les llegue suficiente irradiación solar, pueden transformarse en un generador de energía capaz de abastecer la práctica totalidad de las necesidades. El caso particular de los atrios acristalados, como el del edificio LUCIA, demuestran como la arquitectura y módulos fotovoltaicos pueden ir juntos en la misma dirección.

Con el paso de los años, la tendencia es la de ir a mayores rendimientos a la vez que disminuyen los costes, de esta manera se puede pensar en que con los años los edificios se puedan autoabastecer de una manera limpia y eficaz.

Además no solo dan energía, bien utilizados sirven también para conseguir un mayor confort en los edificios, aclimatando el aire que pasa por su cara posterior, ya que en épocas invernales se consigue reducir la demanda energética del edificio solo con una correcta instalación.

El Sol existe aproximadamente desde hace 4.650 millones de años, y hoy en día hay tecnología suficiente como para beneficiarnos de la energía que genera, así que es lógico que se potencie el uso de la energía fotovoltaica, e integrarla en los edificios es una manera de conseguirlo a la vez que se hace arquitectura.

Edificaciones de nueva planta vs rehabilitaciones.

Las energías renovables no son solo aplicables a edificios de nueva planta, el modelo económico que ha llevado España durante los años anteriores da a entender que la creación de nuevos edificios será complejo por lo que habrá que centrarse en las rehabilitaciones, y existen casos brillantes de edificios convirtiéndolos en edificios sostenibles, Cesar Luis Larrea, ha realizado una rehabilitación en el *Instituto Nacional de Estadística* (INE). Las fachadas las cubre de placas solares a modo de pequeñas marquesinas, y con ellas hace funcionar el sistema de refrigeración.



[5.01] [5.02] Instituto Nacional de Estadística.

El ciclo de vida de los módulos fotovoltaicos como limitación.

Las instalaciones solares poseen una vida útil de 25 años, llegado ese momento su rendimiento se ve reducido un 20% del que tenían el primer día. Esto es algo a tener en cuenta ya que normalmente se considera que tienen un vida útil limitada, y a partir de ese momento se deberían cambiar, esto podría alargarse unos años más a pesar del decrecimiento de rendimiento.

Cuando se decida cambiar la instalación o bien parte de la misma por cualquier tipo de avería, la sustitución puede ser inmediata ya que los módulos son independientes. En caso de llegar a la obsolescencia del sistema, será posible instalar nuevos módulos, pudiendo ser los existentes en el

mercado en ese momento, beneficiándose así de mejores rendimientos derivados de la mejora continua de la tecnología.

Teniendo en cuenta que la vida útil de un edificio esta entre los 50 y los 100 años, es evidente que existe un problema de compatibilidades entre los mismos. Habría que realizar una sustitución completa de la instalación de 2 a, en el peor de los casos, 4 veces, por lo que se presenta un problema a mejorar de cara al futuro, aproximar las vidas útiles es algo necesario.

El CIEM como ejemplo integrador.

El CIEM es un edificio que integra las energías renovables para ser un edificio casi cero emisiones, en su diseño se planteo como edificio cero emisiones, si bien su uso actual no es el que fue previsto anteriormente. En su diseño se plantearon 24 despachos para albergar a 2 personas en cada uno, actualmente todos ellos están ocupados con una media de 5 personas. De la misma manera se plantearon unos usos en los que los consumos estaban de cierta manera limitados. En la actualidad algunos necesitan de gran aporte energético para el correcto su funcionamiento, como puede ser el caso de instalaciones de servidores informáticos.

Otro de los problemas que plantean este tipo de construcciones es que la gente que habite en él han de estar concienciadas en como se utilizan las soluciones que aporta el edificio, es primordial la concienciación de los habitantes. Si éstas son utilizadas de manera incorrecta, el funcionamiento del edificio se vera comprometido. Y esto es complicado en un vivero de empresas en donde cada día pueden variar los usuarios.

Aun así las soluciones que se plantean son totalmente necesarias hoy en día, es preferible vivir en un edificio que produce alrededor del 70% de la energía que necesita, en contra de los edificios convencionales, que no producen absolutamente nada de energía.

Quando se diseño el edificio se pretendía vender todas la energía que generaba, consumiendo la de la red, teniendo beneficios anuales. Los cambios normativos hicieron que tan solo lleven dos meses de producción fotovoltaica, no habiendo podido contrastar los cálculos realizados por lo que son meramente intuitivos según cada normativa.

“El ser humano sólo aprovecha el 3% de la energía que produce, el resto lo despilfarra. La energía es uno de los parámetros fundamentales en la arquitectura”. Cesar Ruiz Larrea.

Referencias.

1. <http://www.aec.es/web/guest>
2. <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/27/pdfs/BOE-A-2013-13645.pdf>
3. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/10/pdfs/BOE-A-2015-10927.pdf>
4. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=es&map=europe>
5. <http://www.doe2.com/equest/>

Libros y revistas.

- MARTÍN CHIVELET, N. FERNÁNDEZ SOLLA, I. (2007). *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura, criterios de diseño y aplicaciones*. Barcelona: Editorial Reverte.
- MARTÍN CHIVELET, N. (2011). *Integración de la energía fotovoltaica en edificios*. Sevilla: Progenisa.
- GONZALEZ LEZCANO, R.A. et al. (2012). *Abecé de las Instalaciones*. Madrid: Munilla-Lería.
- WASSOUF, M. (2015). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus, la arquitectura pasiva en climas cálidos*. Madrid: GG.
- HEYWOOD, H. (2015). *101 reglas básicas para una arquitectura de bajo consumo energético*. Madrid: GG.
- D. K. CHING, F. (2015). *Arquitectura ecológica. Un manual ilustrado*. Madrid: GG.
- GONZÁLEZ TOY, E. (2008). *Sistema fotovoltaico en mínimo almacenamiento de energía en el enlace CD*. Tesis. Universidad de Cuernavaca.
- PERPIÑAN LAMINGUEIRO, O. (2011). *Energía solar fotovoltaica*. Tesis.
- *NAN Arquitectura y construcción, especial premios NAN*. (2010), nº58, diciembre 2010. Madrid: Impresos y Revista S.A.
- *NAN Arquitectura y construcción, feria de la sostenibilidad Genera*. (2012), nº72, mayo 2012. Madrid: Impresos y Revista S.A.
- *NAN Arquitectura y construcción, diseño y vanguardia*. (2012), nº73, junio 2012. Madrid: Impresos y Revista S.A.
- *NAN Arquitectura y construcción, especial aislamiento e impermeabilización*. (2012), nº74, julio 2012. Madrid: Impresos y Revista S.A.
- *NAN Arquitectura y construcción, especial cerramientos*. (2012), nº75, septiembre 2012. Madrid: Impresos y Revista S.A.

WEB.

Información acerca de las energías renovables.

- <http://solar-energia.net>

Consejo construcción verde España, edificios certificados.

- <http://www.spaingbc.org/edificios-certificados.php>

Página oficial de César Ruiz Larrea.

- <http://www.ruizlarrea.com>

Información acerca del edificio LUCIA.

- <http://edificio-lucia.blogspot.com/es/>
- <http://blog.is-arquitectura.es/2013/03/18/edificio-lucia-arquitectura-sustentable-de-energia-nula/>

Funcionamiento de un panel fotovoltaico.

- <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com>

Obtención de datos de irradiación en Zaragoza provincia.

- <https://elbauldelporvenir.wordpress.com/tag/irradiancia-solar/>

Páginas de productos.

- <http://www.technal.es>
- <http://www.onyxosolar.com/es/index.html>
- <http://www.solarinnova.net/es/>
- <http://www.solarbox.es/ENERGIA-SOLAR/Integracion-Arquitectonica/desktop/>

Noticias.

- <https://menoswatios.wordpress.com/2015/07/08/la-comision-europea-alienta-el-autoconsumo-energetico/>
- <http://www.20minutos.es/noticia/2488992/0/autoconsumo/electricidad/gobierno/>
- http://www.techinsider.io/transparent-solar-cells-could-turn-your-windows-into-power-sources-2015-10?utm_content=buffer2b89a&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer-ti

Legislación fotovoltaica en España.

- <http://unef.es/legislacion-fotovoltaica/>

Imágenes.

- [1.01] Fuente: http://138.4.46.62:8080/ies/ficheros/1_31_CONAMA_SolarDecathlonUPM_pp.pdf
- [1.02] Fuente: DORÉ, GUSTAVE. "Cuevas gitanas, Sacro Monte, Granada, España"
- [1.03] Fuente: <http://www.marveldesarrollos.com/europa-objetivo-20-20-20/>
- [1.04] Fuente: <http://www.revitalizaperu.com/LEED.html>
- [1.05] Fuente: <http://www.efizity.com/wp-content/uploads/2014/06/02-Certificación-LEED-01-348x195.png>
- [1.06] Fuente: <http://inhabitat.com/madrids-districto-c-self-shading-office/>
- [1.07] Fuente: http://www.climasol.pt/images-content/img_20120130_070335.jpg
- [1.08] Fuente: http://www.edfsolar.es/images/energia_solar_termica.jpg
- [1.09] Fuente: <https://www.construible.es/articulos/sede-de-acciona-solar>
- [1.10] Fuente: <https://www.construible.es/articulos/sede-de-acciona-solar>
- [1.11] Fuente: <https://www.construible.es/articulos/sede-de-acciona-solar>
- [1.12] Fuente: <https://www.construible.es/articulos/sede-de-acciona-solar>
- [2.01] Fuente: Perpiñán Lamigueiro, O. (2011). Energía solar fotovoltaica.
- [2.02] Fuente: http://c1cleantechnicacom.wpengine.netdna-cdn.com/files/2013/08/3tier_solar_irradiance.jpg
- [2.03] Fuente: Perpiñán Lamigueiro, O. (2011). Energía solar fotovoltaica.
- [2.04] Fuente: Perpiñán Lamigueiro, O. (2011). Energía solar fotovoltaica.
- [2.05] Fuente: Elaboración propia según datos de "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [2.06] Fuente: Elaboración propia según datos de "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [2.07] Fuente: <http://www.juntadeandalucia.es/index.html>
- [2.08] Fuente: Elaboración propia según datos de "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [2.09] Fuente: <http://www.construccion-sustentable.cl/?p=3550>
- [2.10] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [2.11] Fuente: Elaboración propia según datos de "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.01] Fuente: Elaboración propia.
- [3.02] Fuente: <http://enersave.es/medicion-neta/energia-solar>
- [3.03] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.04] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.05] Fuente: <https://www.construible.es/productos/modulos-fv-de-integracion-arquitectonica>
- [3.06] Fuente: <http://www.archiexpo.es/prod/global-solar-energy/product-72171-675310.html>
- [3.07] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.08] Fuente: <http://bibliotecavirtual.diba.cat>
- [3.09] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.10] Fuente: Elaboración propia.
- [3.11] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.12] Fuente: <http://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/schuco-italia-orientati-verso-il-futuro/>
- [3.13] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.14] Fuente: <http://vicpts.ugr.es/pages/02-menu-desarrollo-del-pts/centrogenyo?lang=en>
- [3.15] Fuente: Elaboración propia según datos de "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.16] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.17] Fuente: <https://www.construible.es/articulos/fachadas-termicas-schuco>
- [3.18] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.19] Fuente: <http://www.bestbuildings.co.uk/public/north-manchester-sixth-form-college-and-north-city-public-library/>
- [3.20] Fuente: <http://www.bestbuildings.co.uk/public/north-manchester-sixth-form-college-and-north-city-public-library/>
- [3.21] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.22] Fuente: <http://www.europapress.es/andalucia/malaga-00356/noticia-ruiz-espejo-tacha-decepcionante-situacion-isofoton-muestra-preocupado-trabajadores-20140105131136.html>
- [3.23] Fuente: <http://wonderfulengineering.com/worlds-first-skyscraper-that-is-covered-with-solar-panels/>
- [3.24] Fuente: <http://wonderfulengineering.com/worlds-first-skyscraper-that-is-covered-with-solar-panels/>
- [3.25] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.26] Fuente: http://www.energiaestrategica.com/wp-content/uploads/2014/09/seminario_manual.pdf
- [3.27] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.28] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.29] Fuente: <http://www.etsav.upc.edu/unitats/cisol/2005.html>
- [3.30] Fuente: <http://www.etsav.upc.edu/unitats/cisol/2005.html>
- [3.31] Fuente: <http://www.cbu.edu/barcelona-exchange-program>
- [3.32] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.33] Fuente: http://www.vidrioperfil.com/es/23388_Reynaers-presenta-dos-sistemas-de-fachadas-modulares.htm
- [3.34] Fuente: http://www.construccion.com/espanol#.Vk0CJ4RqD_o
- [3.35] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.36] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.37] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".
- [3.38] Fuente: <http://flickrhivemind.net/Tags/abstract,biblioteca/Interesting>
- [3.39] Fuente: <http://flickrhivemind.net/Tags/abstract,biblioteca/Interesting>
- [3.40] Fuente: "La envolvente fotovoltaica en la arquitectura".

- [3.41] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.42] Fuente: <http://blog.deltoroantunez.com/2013/05/integracion-arquitectonica-de.html>
- [3.43] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.44] Fuente: <http://certificatecei.blogspot.com.es/2013/09/rascacielos-solares-torre-garena-alcala.html>
- [3.45] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.46] Fuente: <http://ingcaba.blogspot.com.es/2007/09/ecobox-sede-de-fundacin-metrpoli.html>
- [3.47] Fuente: <http://www.revistaexclama.com/arquitectura/el-centro-es-l-a/>
- [3.48] Fuente: <http://www.revistaexclama.com/arquitectura/el-centro-es-l-a/>
- [3.49] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.50] Fuente: <http://www.onyxosolar.com/es/>
- [3.51] Fuente: <http://www.ekilor.com/noticias.php>
- [3.52] Fuente: <http://eraikal.blog.euskadi.net/>
- [3.53] Fuente: Elaboración propia.
- [3.54] Fuente: Elaboración propia.
- [3.55] Fuente: Fuente: <http://www.onyxosolar.com/>
- [3.56] Fuente: <http://www.onyxosolar.com/>
- [3.57] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.58] Fuente: *"La envolvente fotovoltaica en la arquitectura"*.
- [3.59] Fuente: Rolland Halbe, fotógrafo.
- [3.60] Fuente: <http://www.sbp.de/en/project/training-academy-mont-cenis-herne/>
- [4.01] Fuente: Elaboración propia.
- [4.02] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/img/noticia/05.jpg>
- [4.03] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.04] Fuente: <http://estudiohcn.blogspot.com.es/p/actualidad-y-cultura.html>
- [4.05] Fuente: Elaboración propia.
- [4.06] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.07] Fuente: <http://www.cener.com/es/index.asp>
- [4.08] Fuente: <http://www.cener.com/es/index.asp>
- [4.09] Fuente: <http://www.cener.com/es/index.asp>
- [4.10] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.11] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.12] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.13] Fuente: <http://www.cener.com/es/index.asp>
- [4.14] Fuente: <http://www.ruizlarrea.com/project.php?proid=15>
- [4.15] Fuente: Elaboración propia.
- [4.16] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.17] Fuente: Europa Press.
- [4.18] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.19] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.20] Fuente: http://s344941351.mialojamiento.es/Imagenes_Web/LUCIA2.jpg
- [4.21] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.22] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.23] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.24] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.25] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.26] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.27] Fuente: <http://edificio-lucia.blogspot.com.es>
- [4.28] Fuente: Elaboración propia.
- [4.29] Fuente: Elaboración propia.
- [4.30] Fuente: Elaboración propia.
- [4.31] Fuente: Elaboración propia.
- [4.32] Fuente: Elaboración propia.
- [4.33] Fuente: Elaboración propia.
- [4.34] Fuente: Octavio Cabello.
- [4.35] Fuente: Octavio Cabello.
- [4.36] Fuente: Elaboración propia.
- [4.37] Fuente: Octavio Cabello.
- [4.38] Fuente: Octavio Cabello.
- [5.01] Fuente: Octavio Cabello.
- [5.02] Fuente: Octavio Cabello.

Las 10 claves del RD 900/2015 de Autoconsumo.

1. Este RD no impulsa como debería las energías renovables.

“Este real decreto busca impulsar en primer lugar la generación distribuida, y en segundo lugar es un nuevo impulso a la utilización de las energías renovables”, José Manuel Soria, ministro de Industria, Energía y Turismo.

2. El RD es de aplicación a todas las modalidades de autoconsumo, salvo instalaciones aisladas de la red.

El artículo 2 deja muy claro que *“lo dispuesto en este real decreto es de aplicación a las instalaciones conectadas en el interior de una red, aún cuando no viertan energía a las redes de transporte y distribución en ningún instante...”*, y por lo tanto será de aplicación aún cuando se disponga de dispositivos de inyección 0 que evitan el vertido de excedentes de producción a la red eléctrica.

3. Existen dos modalidades de autoconsumo.

- Tipo 1.

- o Consumidor único en un solo punto de suministro con una o varias instalaciones generadoras de energía.
- o La instalación generadora puede no estar dada de alta como instalación de producción eléctrica.
- o La potencia máxima instalada (potencia de módulos solares) no superará la potencia contratada.
- o Es obligatorio instalar un contador homologado que mida la energía generada.
- o Los excedentes de generación que no se consuman y se viertan a la red no serán remunerados.

- Tipo 2.

- o Consumidor único en un solo punto de suministro con una o varias instalaciones generadoras de energía.
- o La instalación generadora tendrá que ser dada de alta como instalación de producción eléctrica.
- o No existe límite de potencia contratada.
- o La potencia máxima instalada (potencia de módulos solares) no superará la potencia contratada.
- o Se podrán vender los excedentes de producción al precio que cotice el mercado en cada hora.

4. Se permite el uso de baterías.

El artículo 5 dice *“podrán instalarse elementos de acumulación en las instalaciones de autoconsumo reguladas por este Real Decreto”*.

5. En caso de no cumplir este RD, pueden cortarnos el suministro eléctrico.

Así mismo el mismo artículo nos indica que *“cuando por incumplimiento de requisitos técnicos existan instalaciones peligrosas o cuando se haya manipulado el equipo de medida, la empresa distribuidora podrá proceder a la interrupción del suministro”*.

6. El famoso impuesto al Sol.

Toda instalación fotovoltaica deberá pagar un impuesto por la energía generada y autoconsumida sin que ésta esté en ningún momento en la red de distribución.

- o Cargos asociados a los costes del sistema eléctrico (artículo 17).
- o Cargos por otros servicios del sistema (artículo 18).
- o Término fijo de potencia
- o Pagos por capacidad.
- o Término variable sobre el autoconsumo horario.

7. El RD incumple el artículo 9 de la Ley 24/2013 del Sector eléctrico.

“Todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico”.

8. Verificación por parte de la empresa distribuidora.

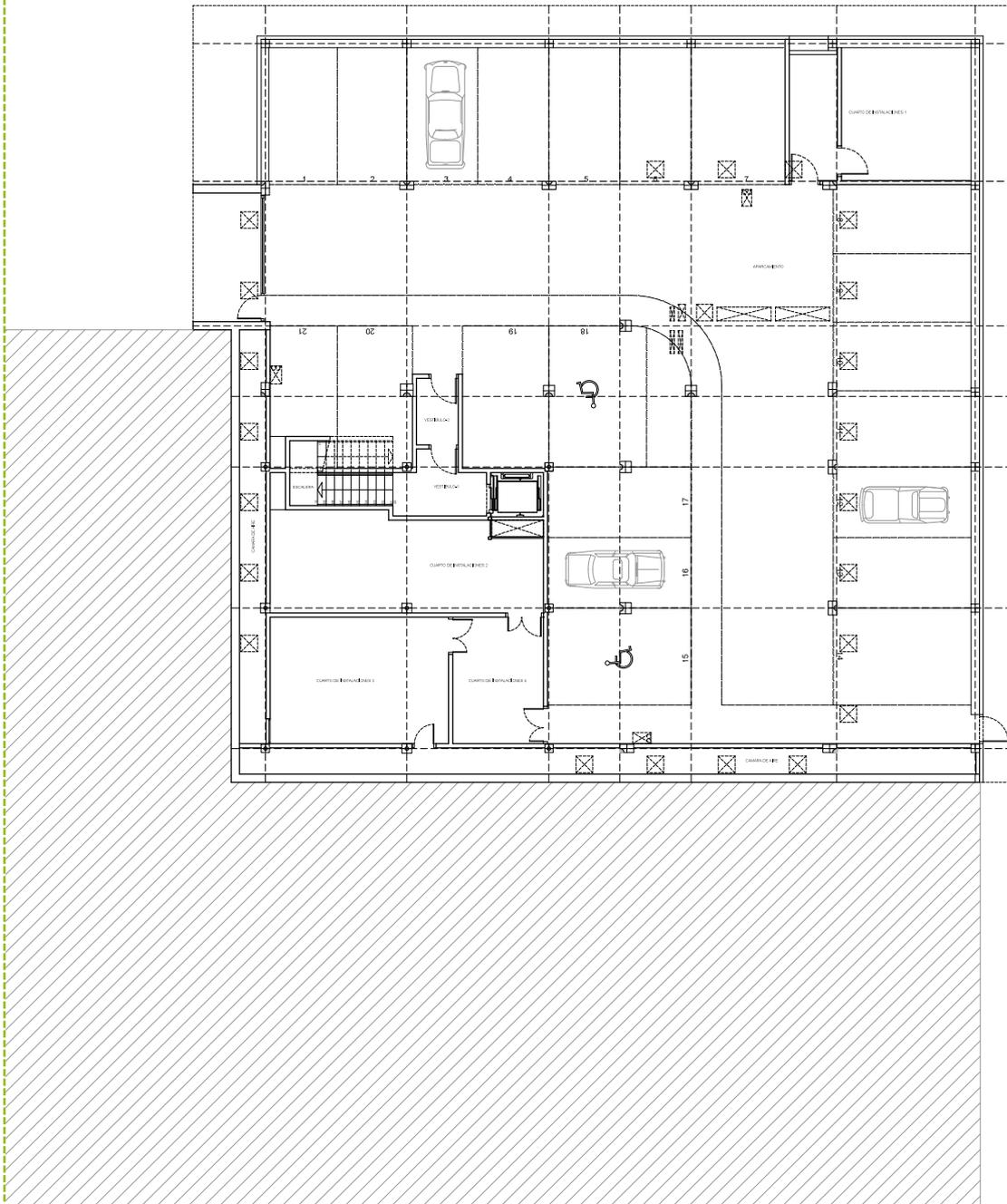
9. Sanciones muy graves en el caso de no registrar las instalaciones en el Registro de Autoconsumo.

Según el artículo 19, las instalaciones deben inscribirse en el registro correspondiente:

- o Instalaciones Tipo 1 de hasta 10 kW, en la sección 1ª.
- o Resto de instalaciones Tipo 1 y Tipo 2, en la sección 2ª.

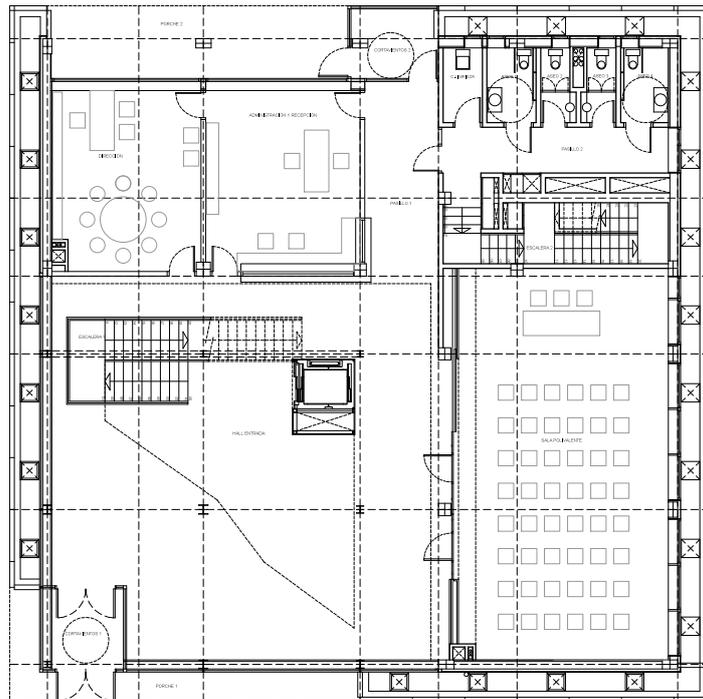
10. Toda instalación existente tiene 6 meses para adaptarse al nuevo RD.

PLANTA SÓTANO

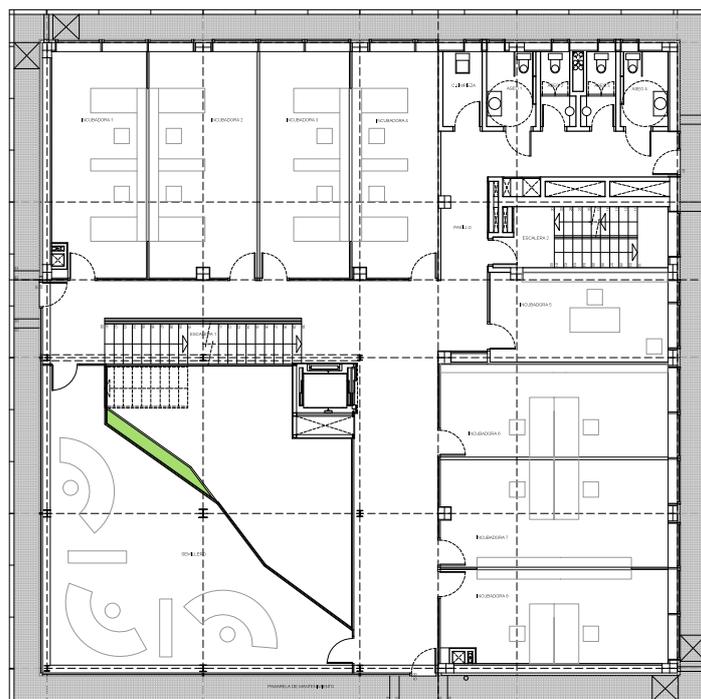


Planta sótano/garaje, e=1:250.

PLANTA BAJA

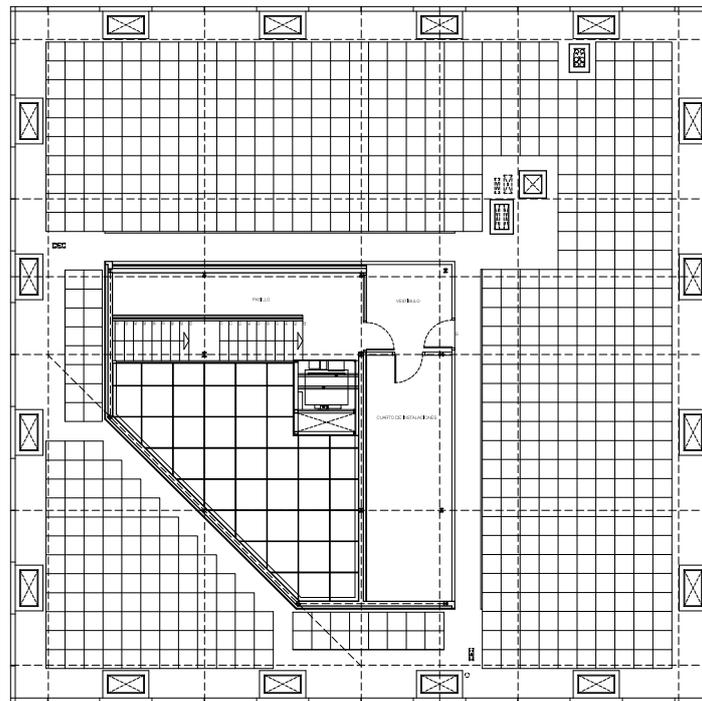


PLANTA TIPO

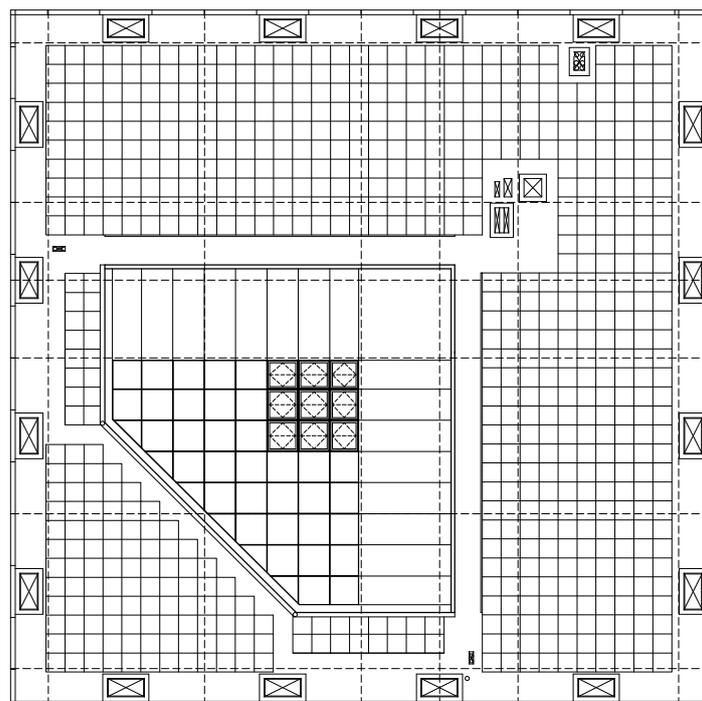


Plantas baja y tipo, e=1:250.

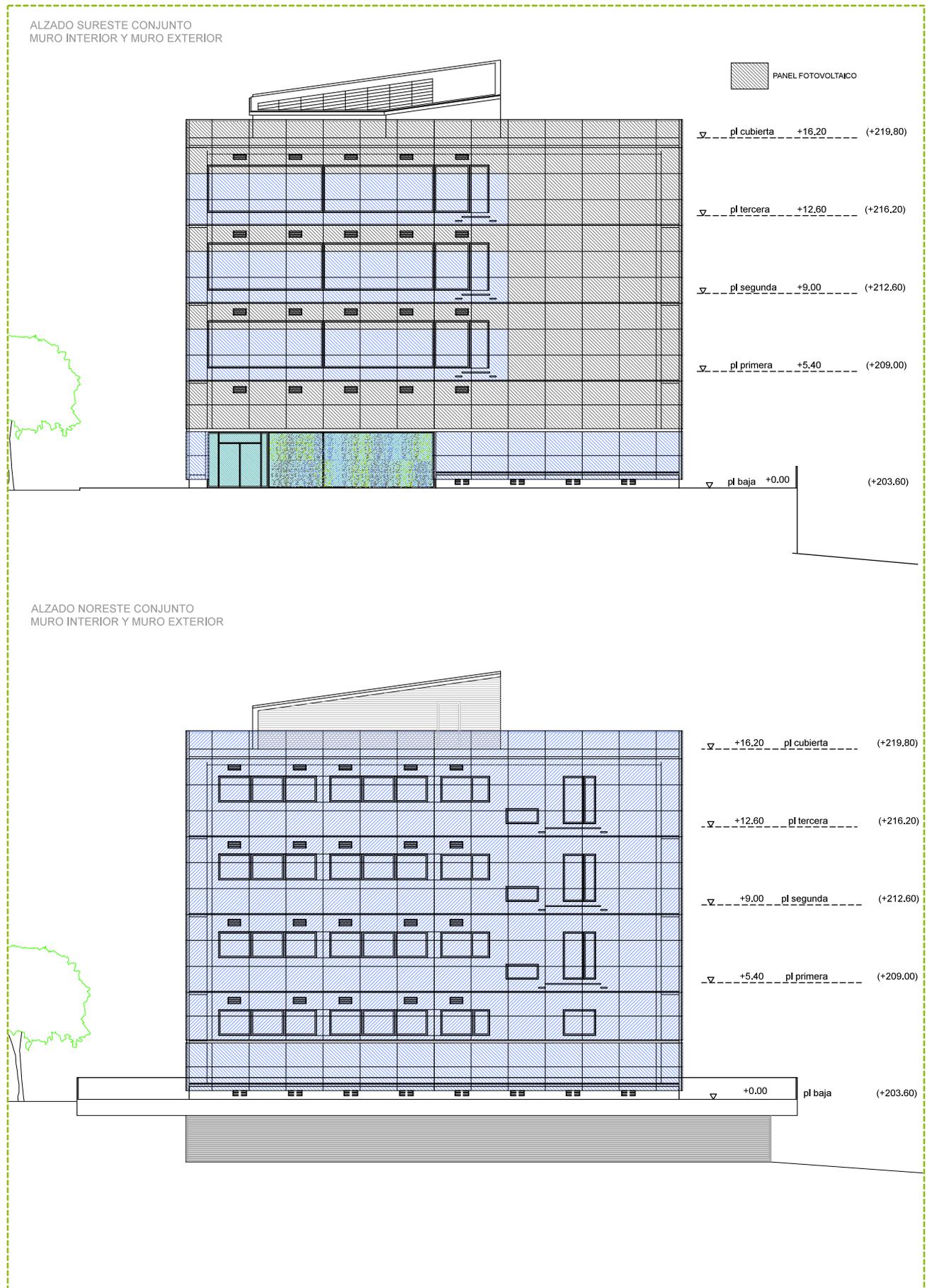
PLANTA CUBIERTA



PLANTA TORREÓN

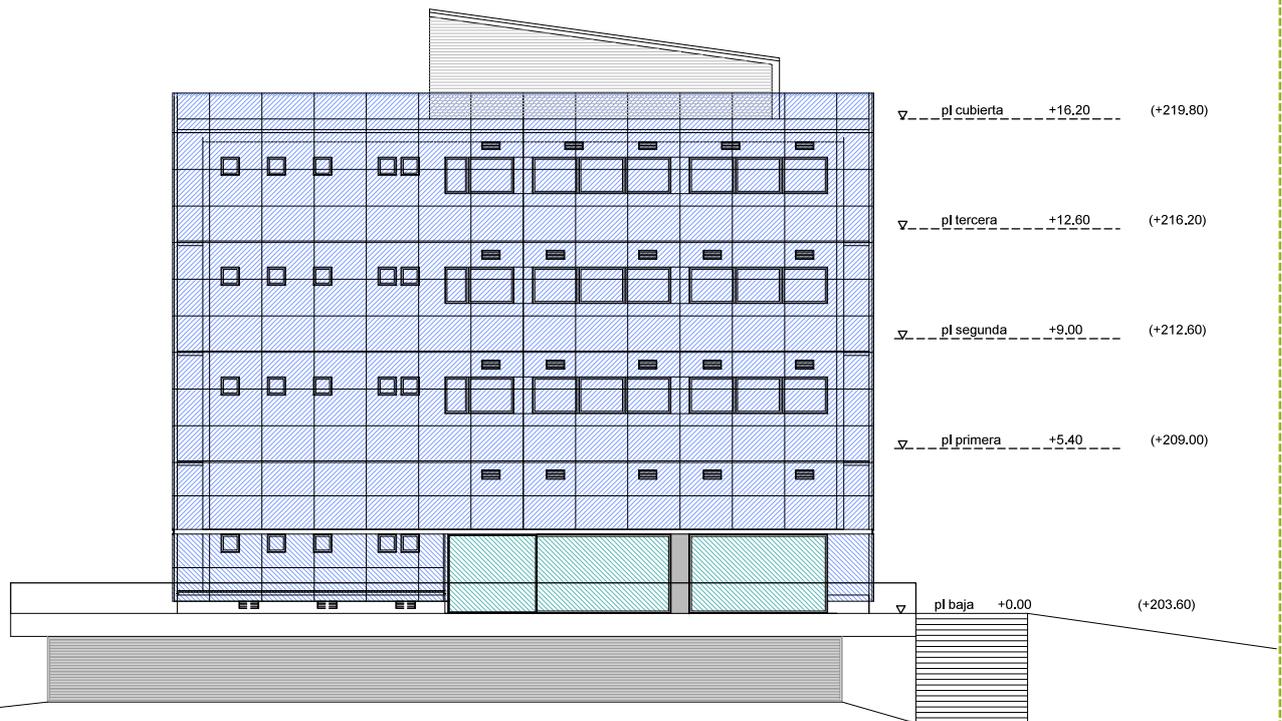


Plantas cubierta y torreón, e=1:250.

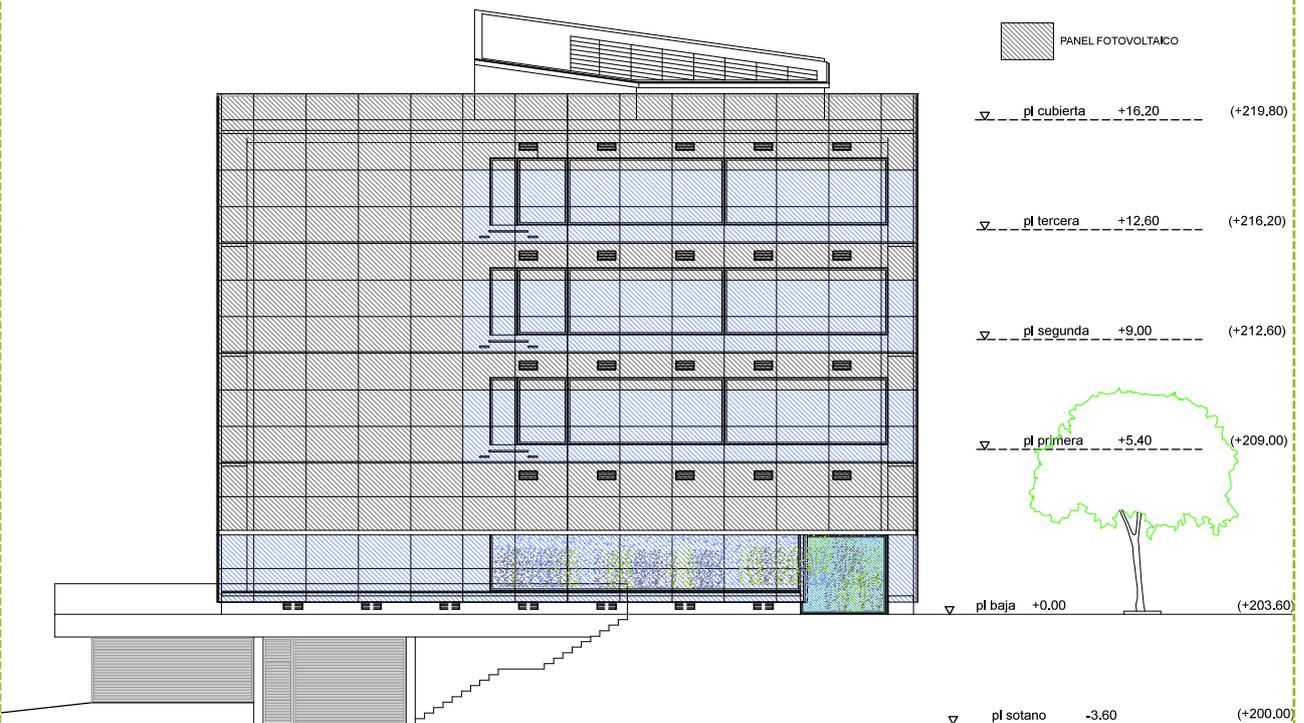


Alzados Sureste y Noroeste, e=1:250.

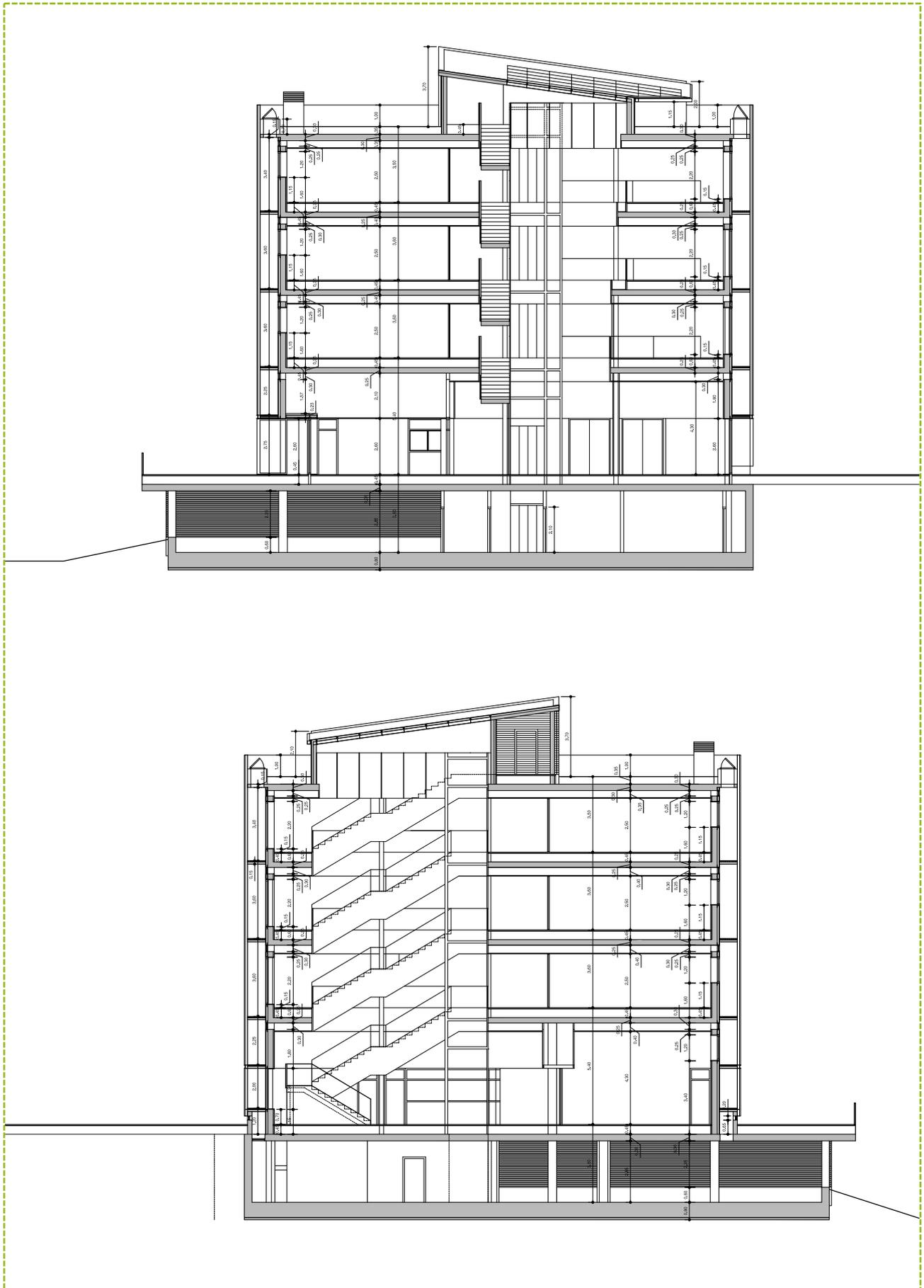
ALZADO NOROESTE CONJUNTO MURO INTERIOR Y MURO EXTERIOR



ALZADO SUROESTE CONJUNTO MURO INTERIOR Y MURO EXTERIOR



Alzados Noreste y Suroeste, e=1:250.

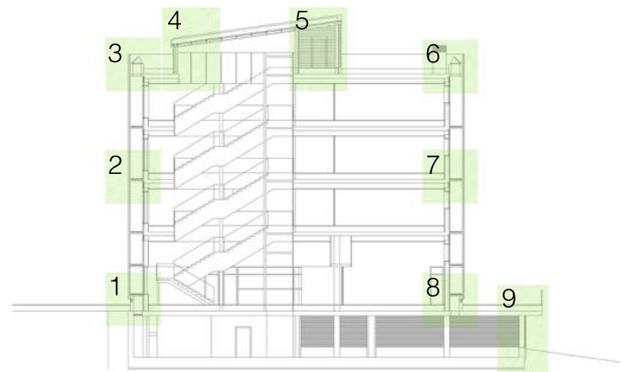


Secciones longitudinal y transversal por el lucernario, e=1:250.

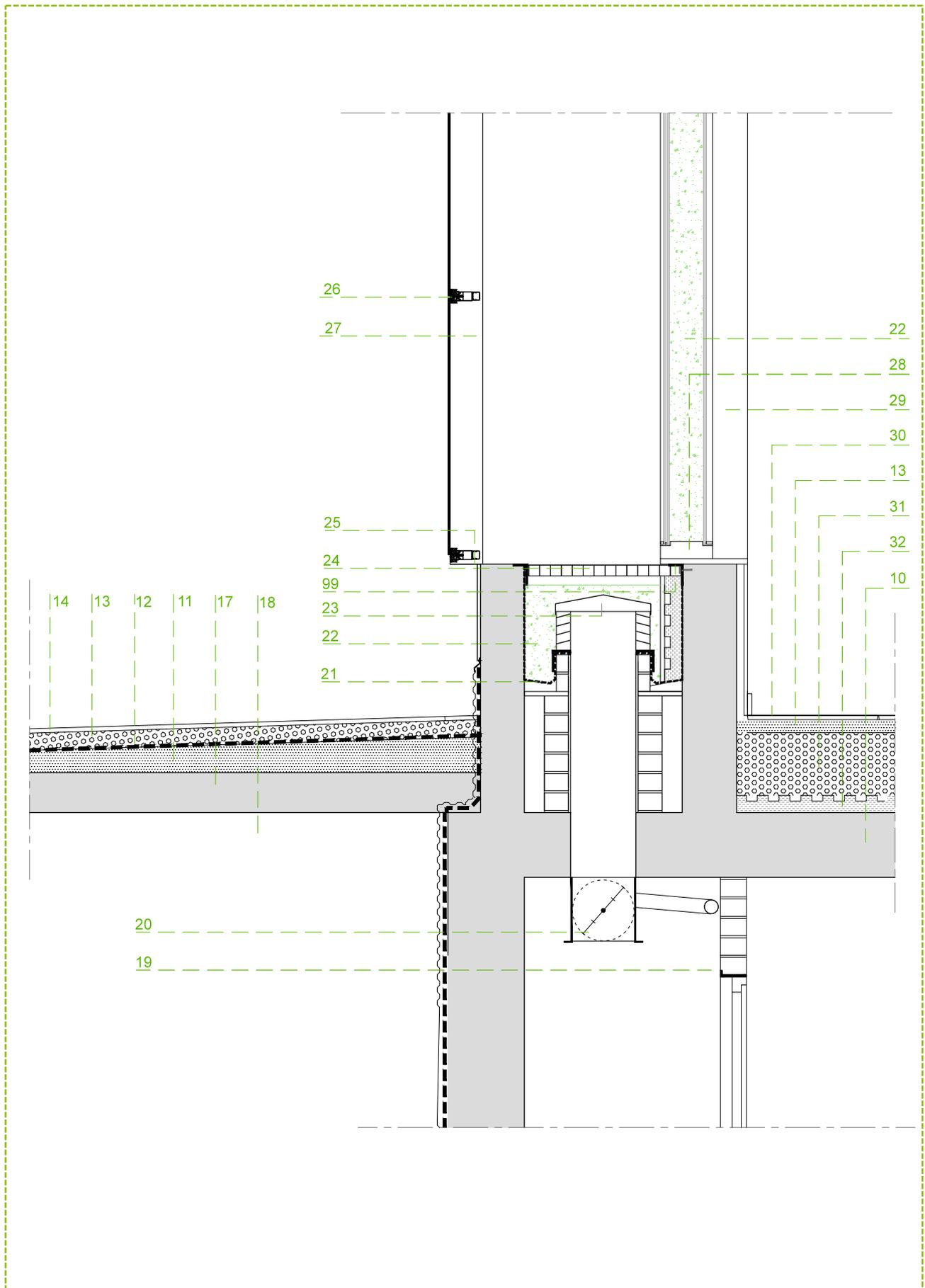
Leyenda detalles constructivos.

00. Hormigón de limpieza.
01. Losa de cimentación.
02. Junta hidroexpansiva en unión losa-muros.
03. Muro de contención de hormigón armado.
04. Tubo de drenaje D150.
05. Relleno de material filtrante.
06. Lámina drenante.
07. Lámina simple impermeabilización de muros 3kg/m².
08. Remate en z de lámina drenante.
09. Celosía de lamas fijas metálica.
10. Losa de hormigón forjado techo P. Sótano 30 cm.
11. Formación de pendientes de mortero.
12. Impermeabilización con doble lámina asfáltica de 3kg/m².
13. Mortero de regulación.
14. Pavimento exterior antideslizante tomado con mortero cola.
15. Barandilla perimetral exterior en P. Baja.
16. Placa de anclaje a losa de forjado para barandilla.
17. Solera de hormigón H-20 urbanización.
18. Relleno compactado de zahorras proctor modificado 98.
19. Desagüe sistema climatización evaporativo fachada.
20. Compuerta motorizada impulsión de aire a cámaras de fachada.
21. Lámina impermeabilizante 3 kg autoprotegida.
22. Relleno vidrio de reciclaje varios colores.
23. Sombrerete sistema de impulsión fachadas.
24. Tramex en cámara de fachada para mantenimiento.
25. Remate inferior de muro cortina con chapa de aluminio plegada.
26. Travesaño horizontal del muro cortina.
27. Montante vertical del muro cortina.
28. Carpintería de madera en fachada interior.
29. Recercado de huecos de piel interior tabla madera maciza.
30. Pavimento porcelánico con rodapié.
31. Relleno de hormigón aligerado aislante de arlita.
32. Aislamiento térmico tipo XPS 80 mm.
33. Sumidero con rejilla paragravas.
34. Ménsula perfil metálico galvanizado.
35. Muro de hormigón en fachada interior.
36. Trasdosado interior de placas de cartón yeso sobre subestructura portante.
37. Carpintería fachada interior de madera.
38. Vidrio con cámara de la fachada interior 6/16/4, fachada norte y sur 6+6/16/6+6.
39. Vidrio de muro cortina 5+5.
40. Aplacado porcelánico fachada con grapas ocultas.
41. Aislamiento termo-acústico con lana de roca 80 mm.
42. Difusor de desplazamiento en pared.
43. Suelo radiante frío/calor.
44. Plenum impulsión de aire para climatización.
45. Suelo técnico tipo Green Premium acabado en gres porcelánico.
46. Difusor de desplazamiento de suelo.
47. Falso techo de bandejas metálicas microperforadas con fieltro acústico desmontable.
48. Falso techo continuo de placas de carón yeso suspendido de estructura portante.
49. Pieza remate superior de muro cortina en chapa aluminio lacado.
50. Refuerzo interior en muro cortina en peto cubierta.
51. Ventana tipo lucernario con apertura motorizada y cámara de aire entre fachada P. Cubierta.
52. Pieza remate interior del peto del muro cortina en chapa de aluminio lacado.
53. Pavimento flotante con 60 mm de aislamiento tipo filtron.
54. Losa de hormigón de 25 cm de espesor, forjado/P.alzadas.
55. Doble lámina impermeabilizante en cubierta, 4kg/m².
56. Aislamiento térmico tipo XPS de 20 mm.
57. Pavimento flotante fotovoltaico tipo filtrón solar i35.
58. Fabrica de ladrillo perforado de hormigón de ½ pie.
59. Canalón de recogida de agua del lucernario.
60. Remate del lucernario con chapa de aluminio lacado.
61. Estructura portante del lucernario, cuadradillo metálico.
62. Estructura del lucernario de aluminio lacado.
63. Ventana motorizada en lucernario.
64. Remate de chapa aluminio entre lucernario y techo P. Cubierta.
65. Losa armada en techo cubierta, espesor 20 cm.
66. Aislamiento térmico tipo XPS, 50 mm.
67. Mortero de regularización sobre aislamiento.
68. Impermeabilización con lámina fotovoltaica tipo internaer solar evalón.
69. Celosía de láminas fijas metálica.
70. Fábrica de ½ pie de ladrillo perforado de hormigón en cambio de pavimento.
71. Barrera acústica de 1 pie de ladrillo perforado de hormigón.
72. Forrado de pilar con panel de 19 mm laminado.
73. Tabique móvil en cierre de sala polivalente.
74. Perfil metálico para anclaje guía del tabique móvil.
75. Subestructura a base de omegas galvanizadas para cuelgue tabica de cartón yeso.
76. Aislamiento acústico de fibra de vidrio de 80 mm tipo arena.
77. Panel acústico tipo pladurtec R15 N8.
78. Compuerta de impulsión en plenum del suelo técnico.
79. Mampara acristalada en frentes de despachos.
80. Compuerta de retorno en plenum de falso techo.
81. Plenum en falso techo.
82. Barrera acústica en falso techo.
83. Colector de zona de suelo radiante.
84. Bastidor agarre de sistema de barandilla perimetral atrio.
85. Tablón de madera de iroko soporte de la barandilla atrio.
86. Vidrio laminar compuesto por dos vidrios templados de 8 mm para la barandilla.
87. Botón de acero inoxidable para unión vidrio – madera en barandilla.
88. Peldaño de escalera.
89. Peldaño huella-tabica de gras porcelánico.
90. Enlucido y pintado de fabrica de ladrillo.
91. Entramado de panel de madera difusor luz colgado de estructura de lucernario.
92. Doble lámina 3kg/m² impermeabilización autoprotegida.
93. Claraboya de apertura manual 100x100 cm.
94. Desagüe al terreno filtrante.
95. Escalera de pates.
96. Cuadro eléctrico conexión bomba de aspiración.
97. Tubos canadienses.
98. Bomba de aspiración de agua de freático.
99. Angular 60x60 sujeción carpinterías.
100. Tabica de cierre cartón yeso en zanca escalera.

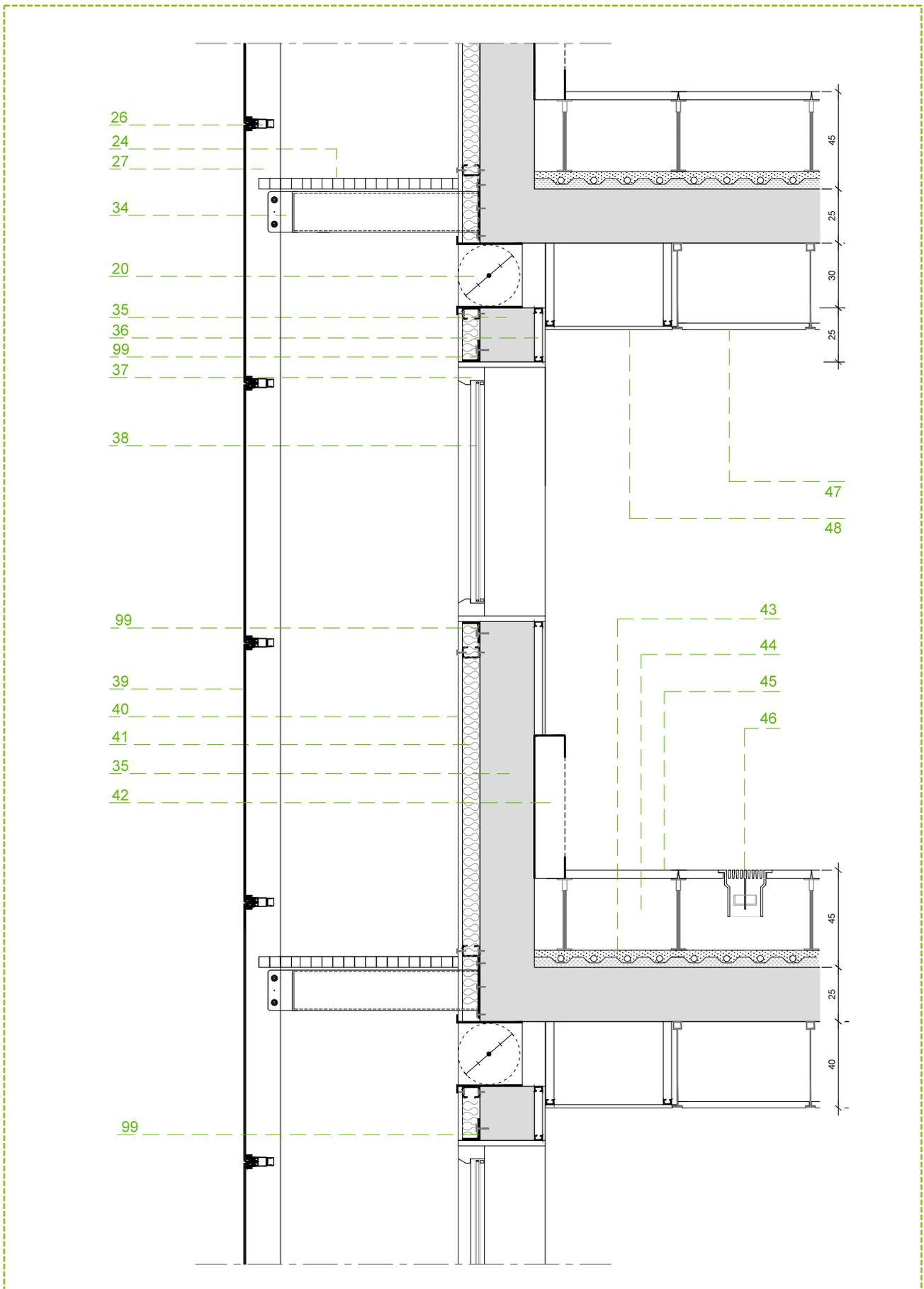
Secciones constructivas.



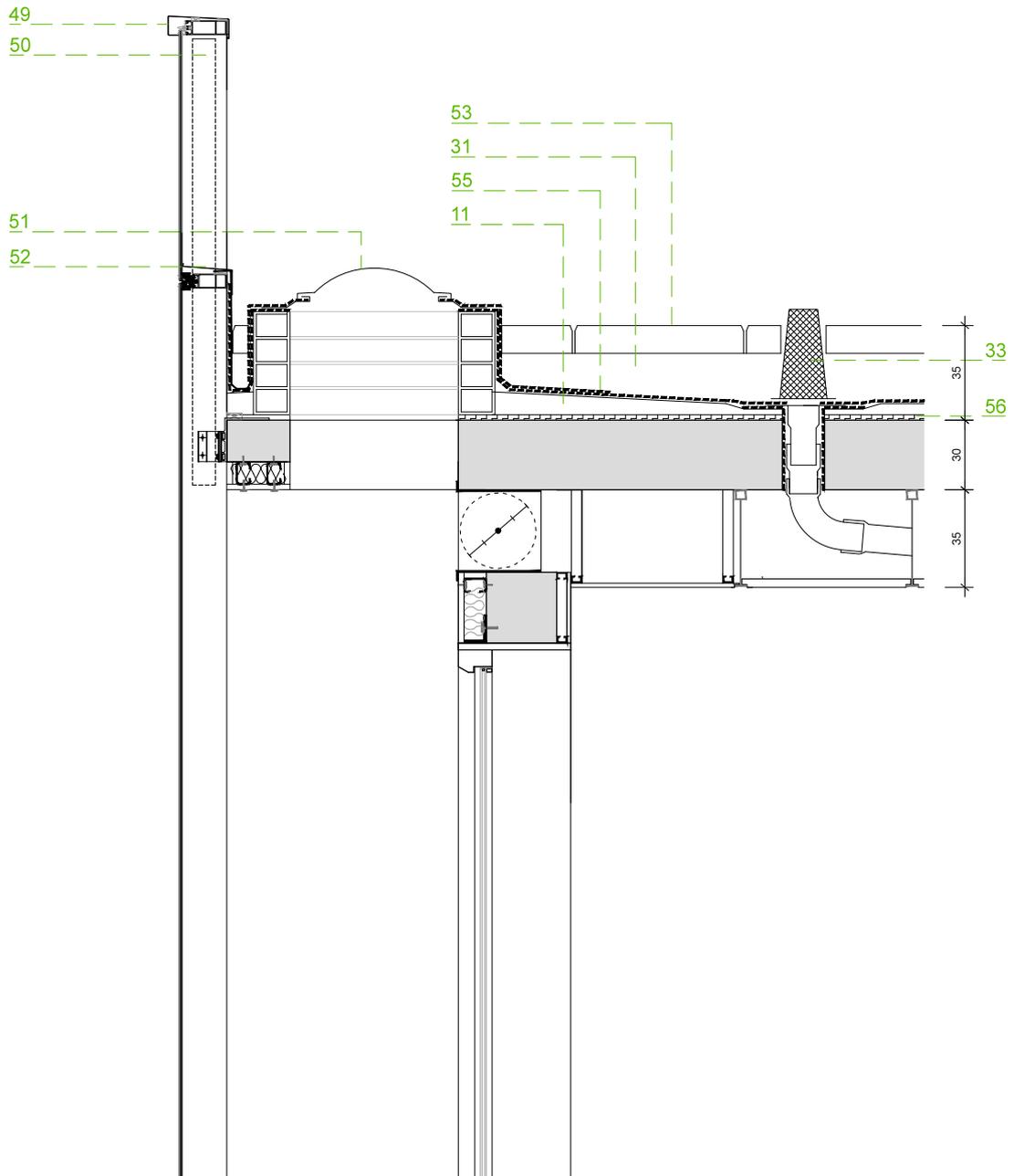
Sección representativa de detalles constructivos.



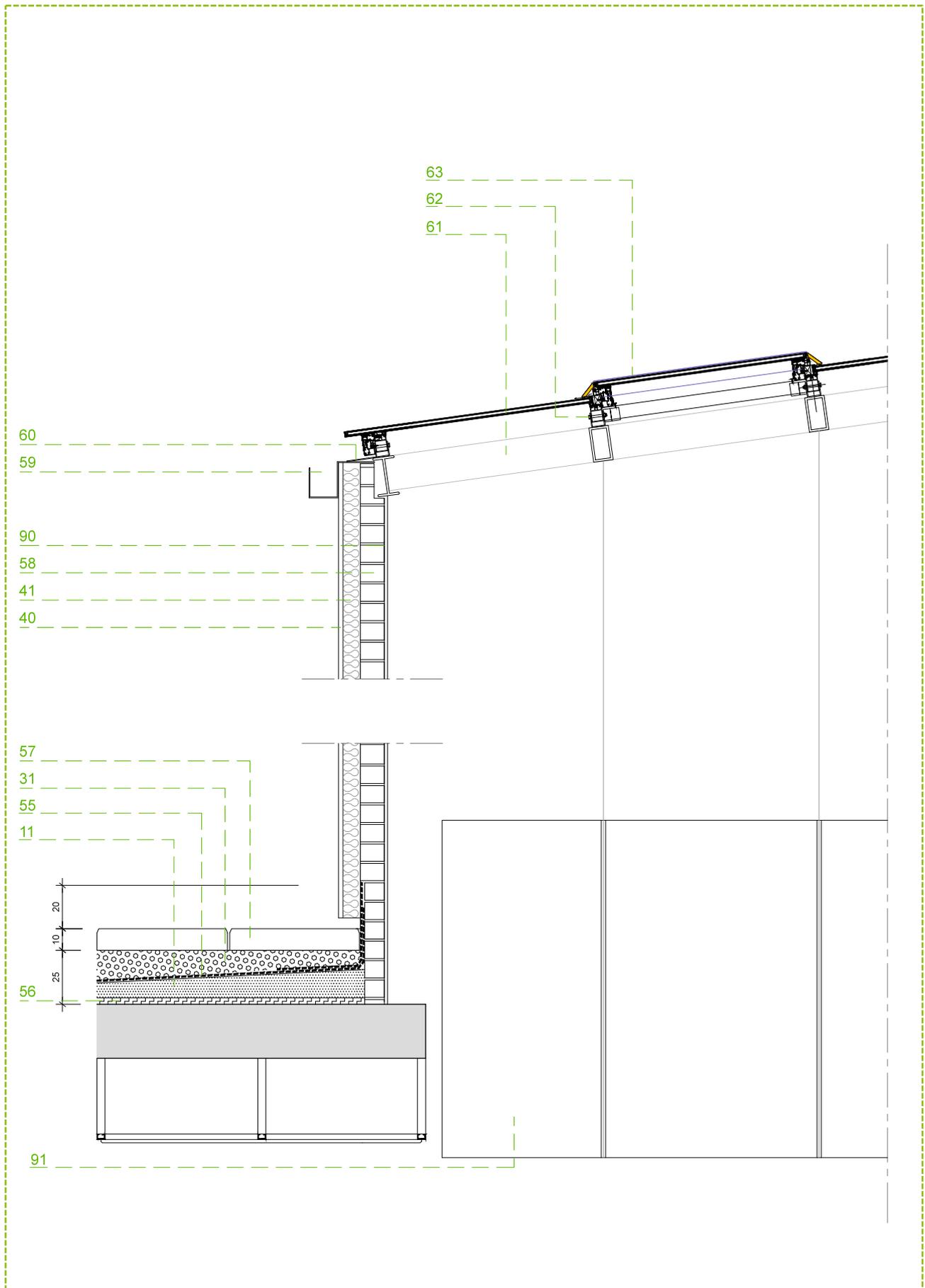
Detalle 01, encuentro de forjado planta baja con doble fachada, e=1:25.



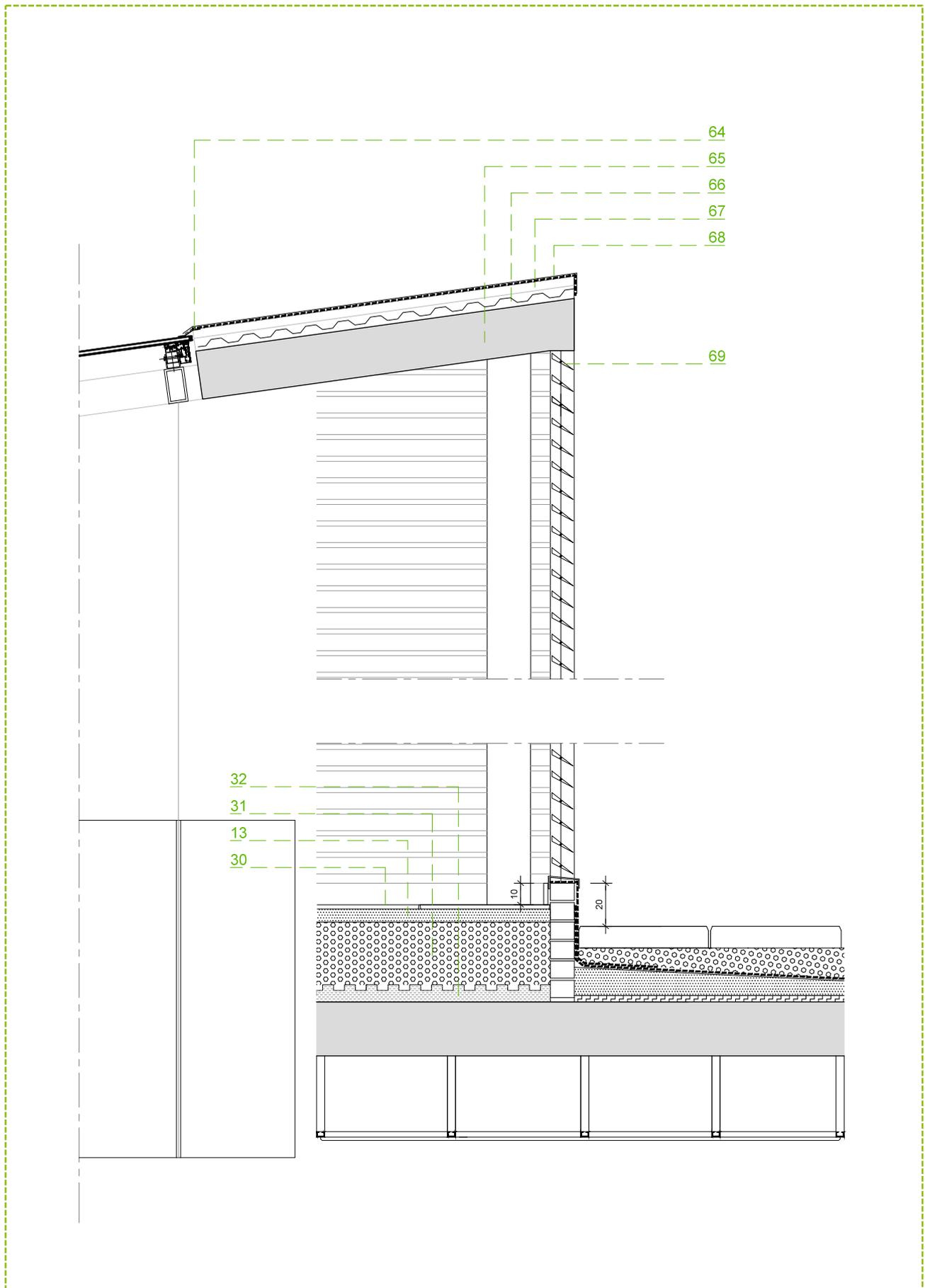
Detalle 02, encuentro de forjado planta intermedia con doble fachada, e=1:25.



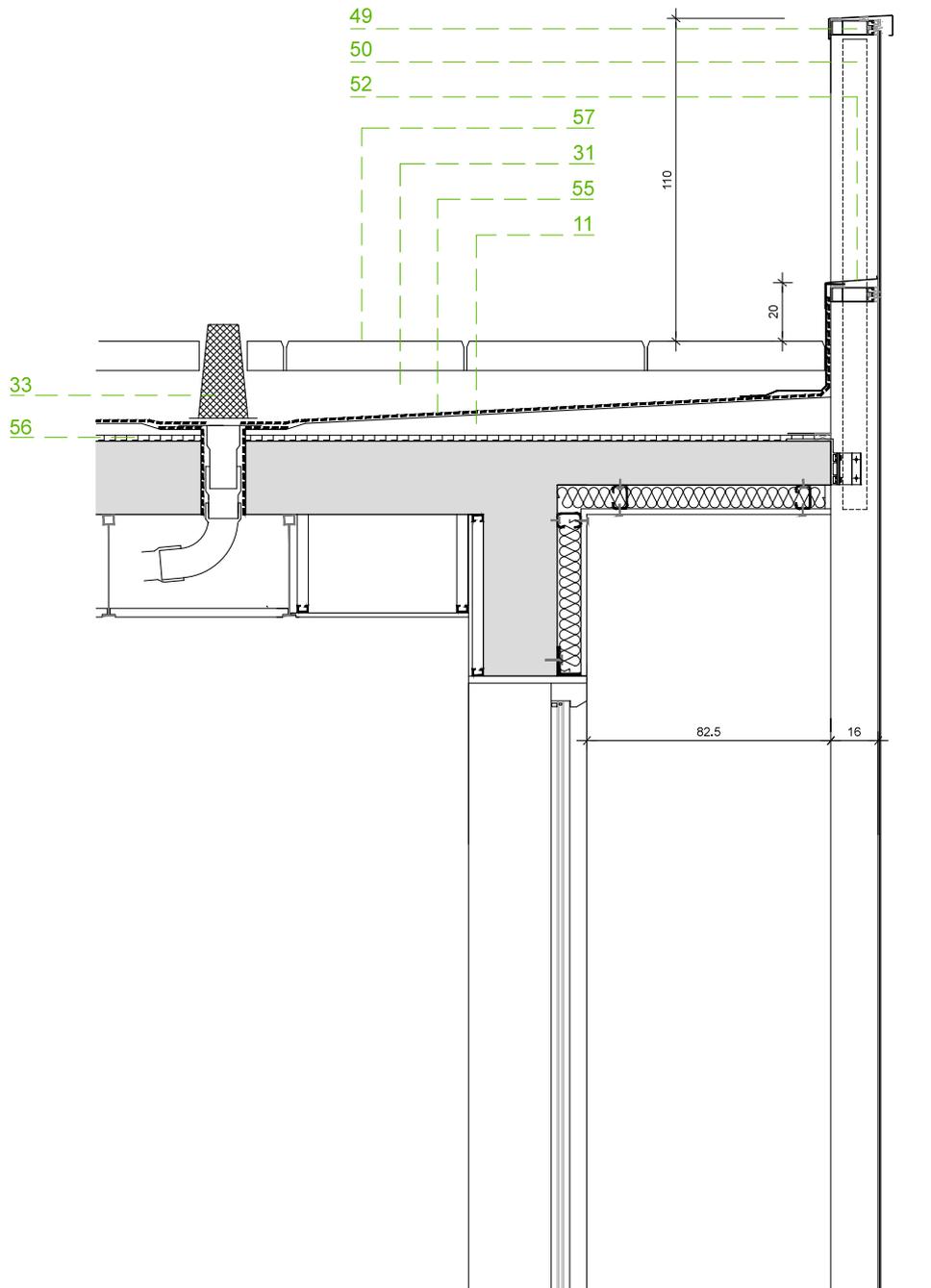
Detalle 03, encuentro de forjado cubierta con chimenea de ventilación lado Sur, e=1:25.



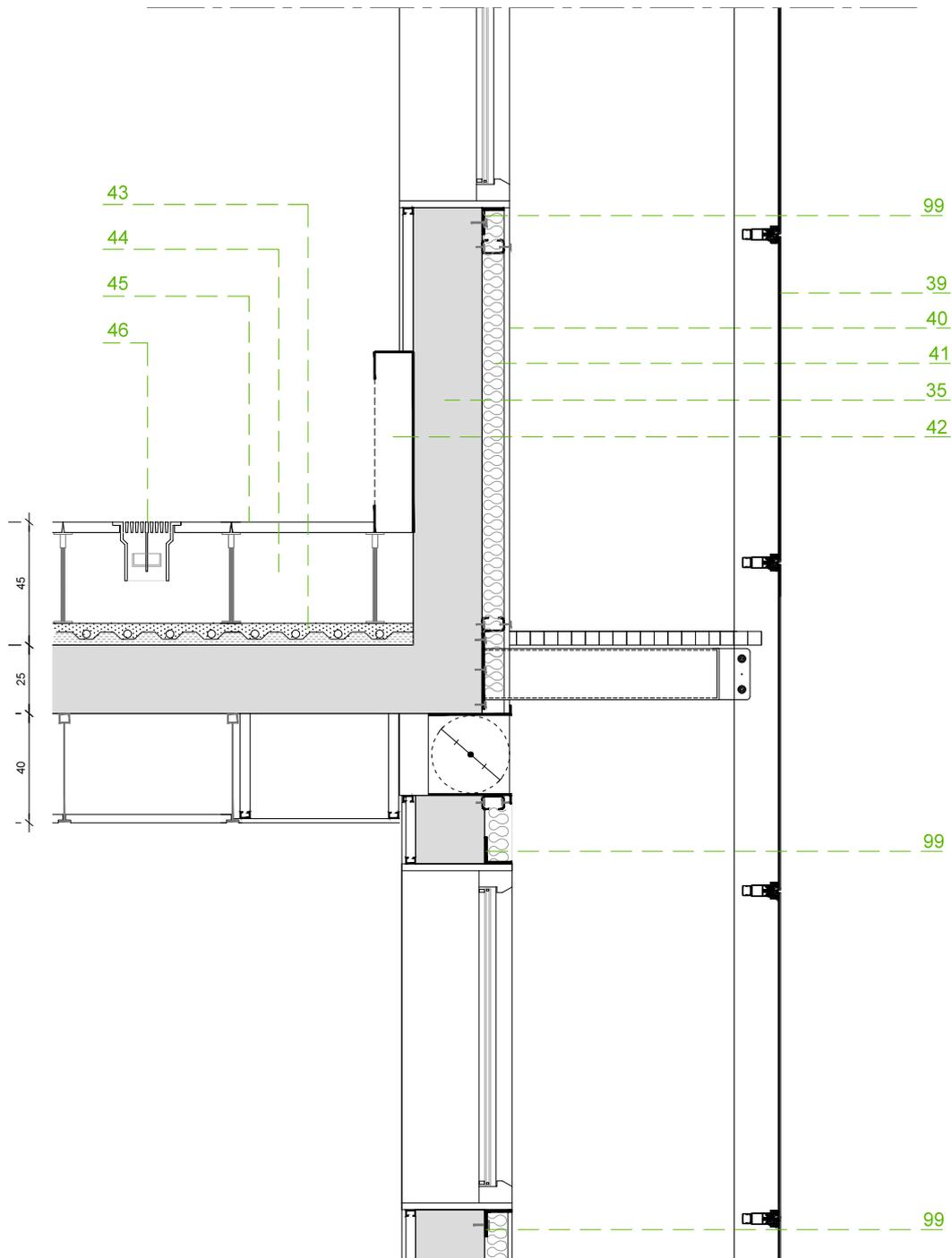
Detalle 04, encuentro de forjado de cubierta con lucernario, e=1:25.



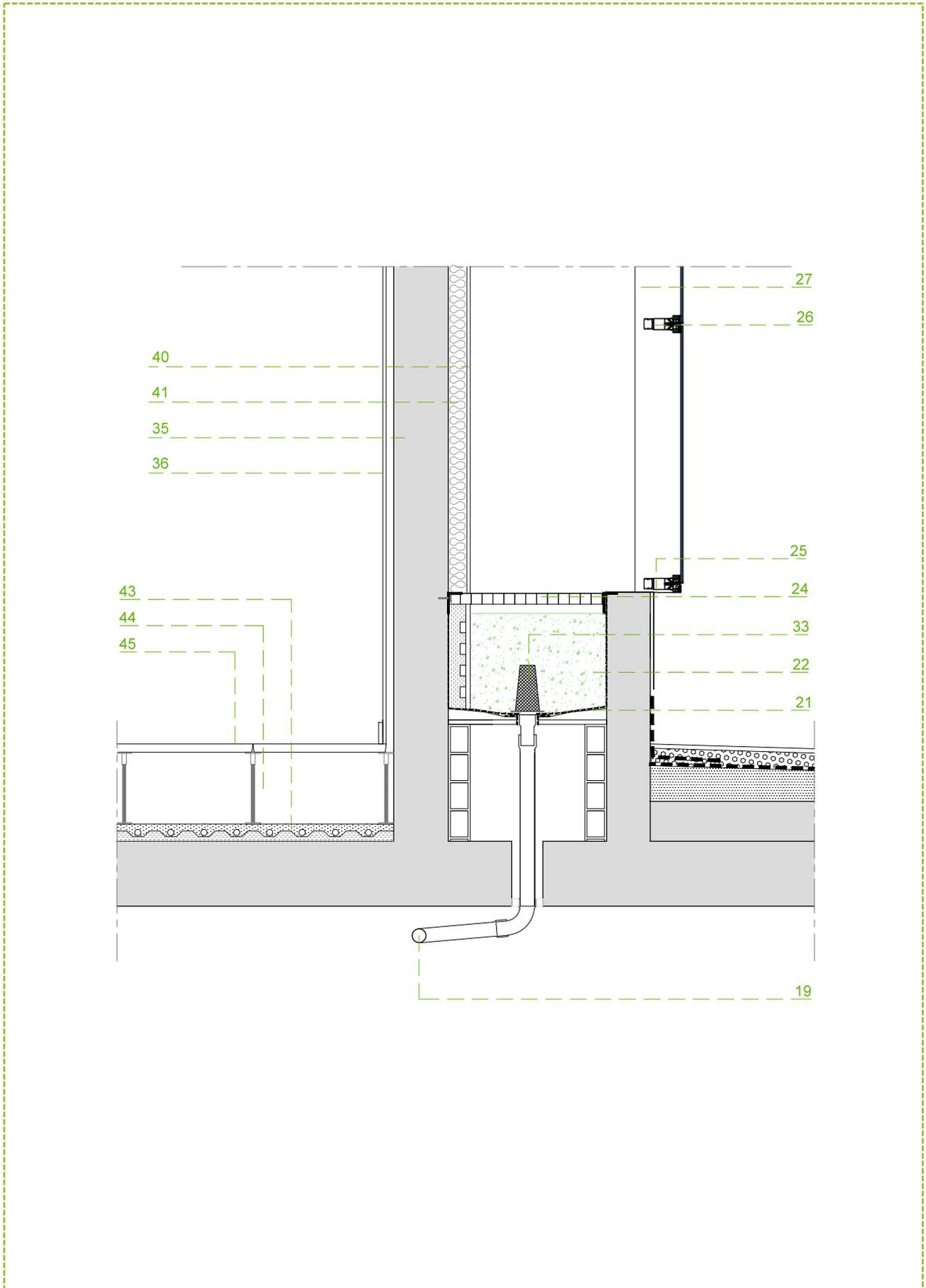
Detalle 05, terminación de forjado de cubierta con lucernario, e=1:25.



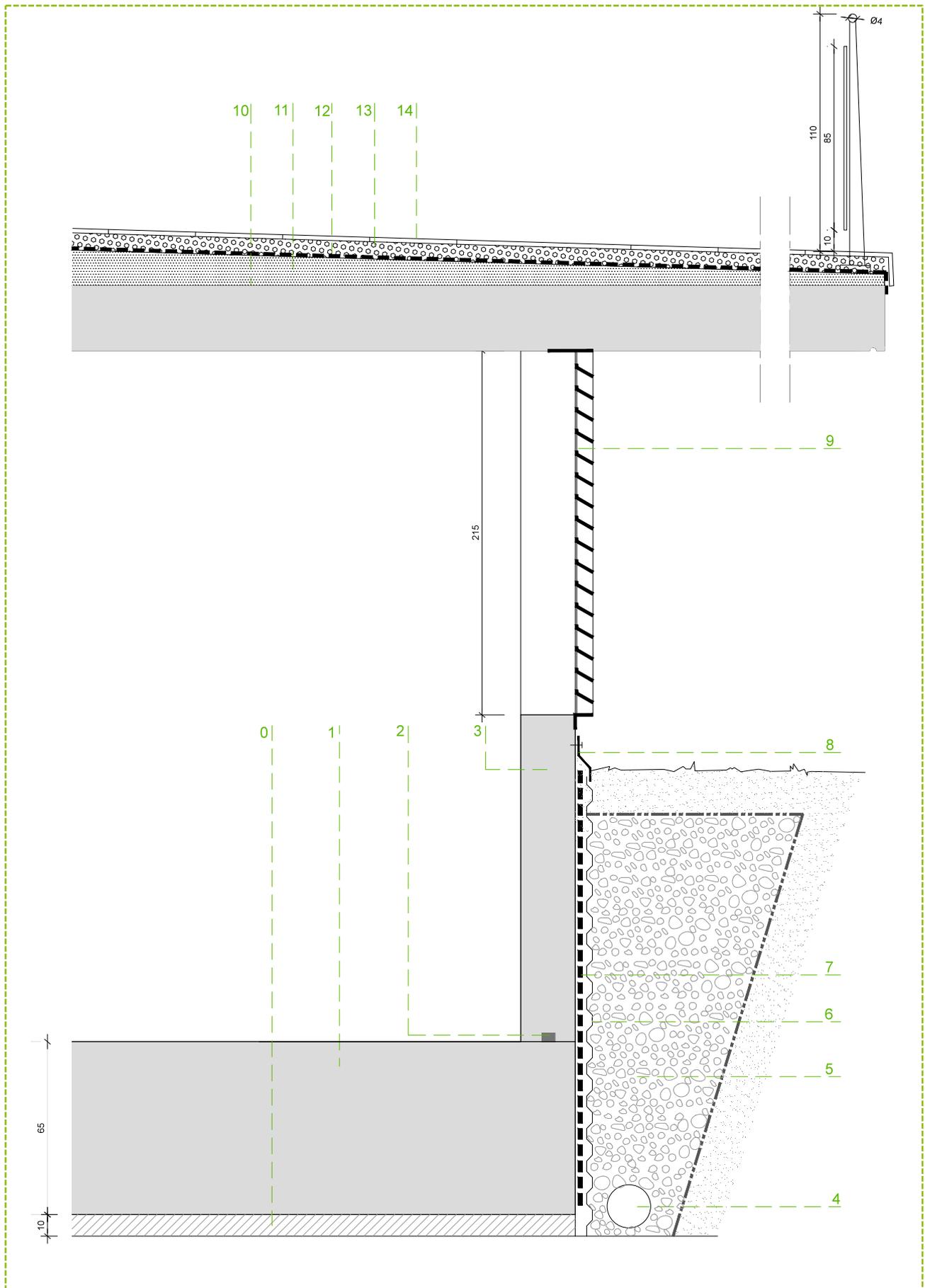
Detalle 06, encuentro de forjado cubierta con chimenea de ventilación lado Norte, e=1:25.



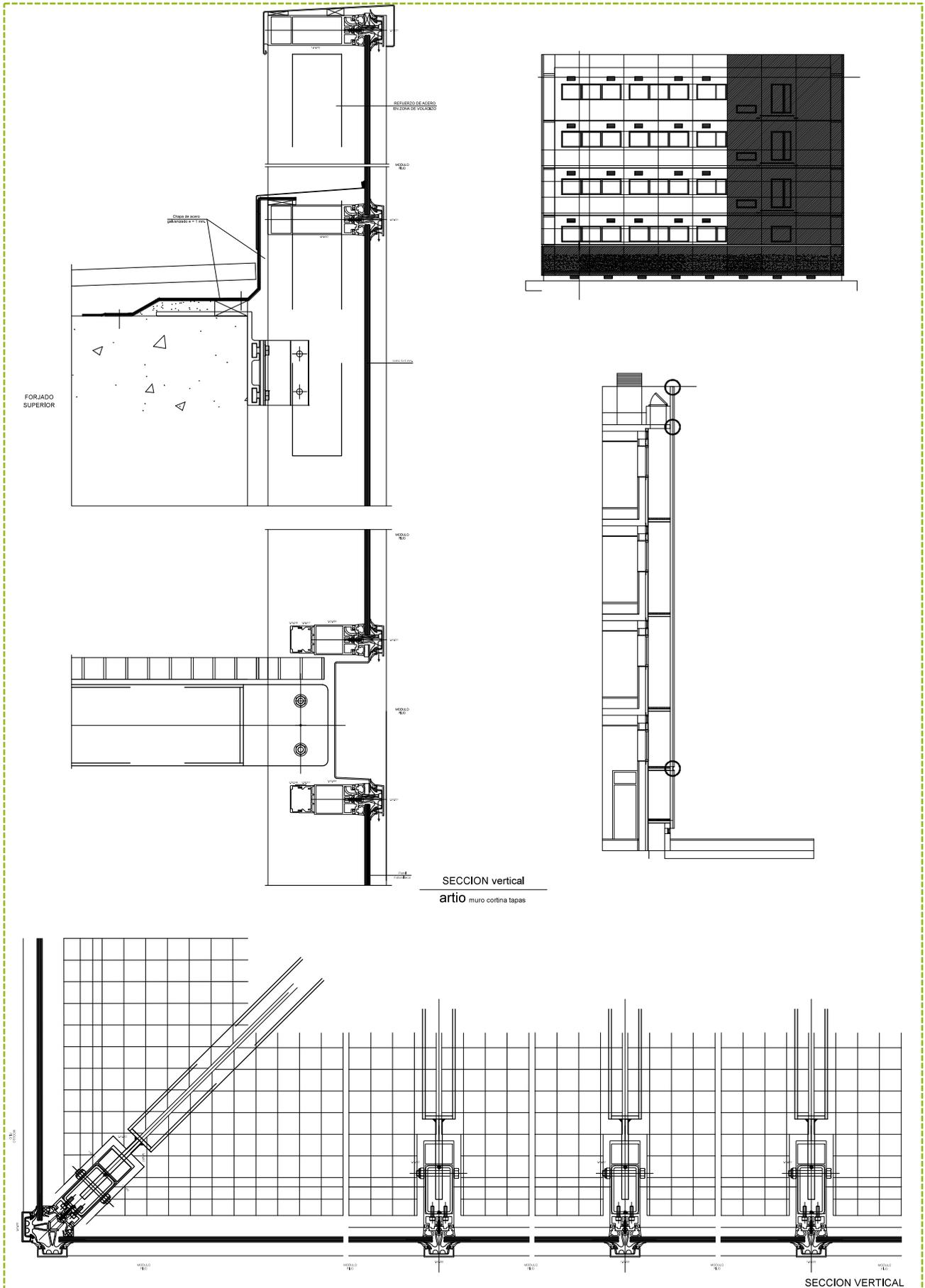
Detalle 07, encuentro de forjado de planta intermedia con fachada Norte, e=1:25.



Detalle 08, encuentro de forjado de planta baja, garaje con fachada norte, e=1:25.



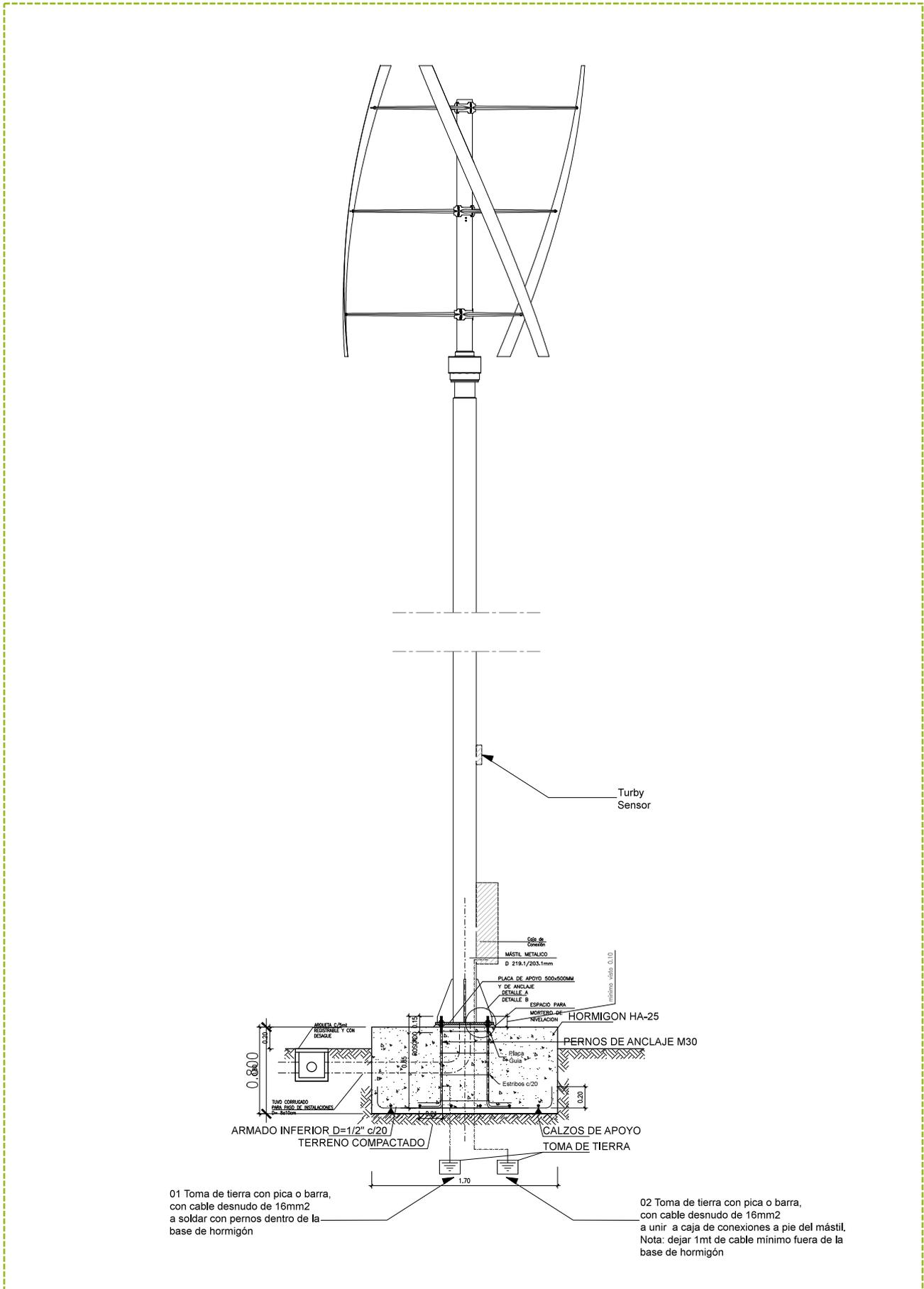
Detalle 09, encuentro de garaje ventilado con terreno natural, e=1:25.



SECCION vertical
artio muro cortina tapas

SECCION VERTICAL

Detalle pasarela tramex, e=s/e.



01 Toma de tierra con pica o barra, con cable desnudo de 16mm² a soldar con pernos dentro de la base de hormigón

02 Toma de tierra con pica o barra, con cable desnudo de 16mm² a unir a caja de conexiones a pie del mástil. Nota: dejar 1mt de cable mínimo fuera de la base de hormigón

Detalle minieólica, e=1:50.



Módulo solar GeneCIS 80W

WSG0036E080

CARACTERÍSTICAS

- Módulo solar GeneCIS para conexión en serie
- Rendimiento energético óptimo gracias a un excelente comportamiento a altas temperaturas y con poca luz
- Diseño atractivo gracias a la superficie negra homogénea
- Alta protección contra agentes atmosféricos gracias a la construcción vidrio-vidrio
- Marco de aluminio negro anodizado
- Garantía de rendimiento de 20 años
- Made in Germany (Würth Solar)

DATOS TÉCNICOS

Datos eléctricos en STC	
Potencia nominal a STC	80 W
Tensión MPP (Umpp)	35 V
Corriente a máxima potencia (Impp)	2,29 A
Tensión en circuito abierto (Uoc)	44 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	2,5 A

Datos eléctricos en NOCT	
NOCT	47 (+/- 3) °C

Datos del sistema	
Tensión de sistema máxima	1.000 V
Tolerancia de potencia	-2 / +5 %
Resistencia a la corriente inversa	3 x Isc
SysUoc, tensión en circuito abierto (Uoc) a -10 °C	48,5 V
Tensión MPP (Umpp) a +70 °C	29,5 V
Coefficiente de temperatura de (Pmpp)	-0,36 % / °C
Coefficiente de temperatura de (Voc)	-0,29 % / °C
Coefficiente de temperatura de (Isc)	0,05 % / °C
Material de las células	CIS
Tecnología de las células	CIS
Estructura mecánica	Módulo de vidrio-vidrio con marco de aluminio negro anodizado
Altura del marco	35 mm
Torsión máxima	1,2 °
Presión máx. de la superficie	2.400 N/m²
Conexión CC	Conexión de enchufe MC4
Temperatura del ambiente (de funcionamiento)	-40 ... +85 °C
Peso	12,71 kg
Dimensiones (An x Al x Prof)	605 x 1.205 x 35 mm



Würth Solar GmbH & Co. KG
 Pol. Ind. Los Pontones // pclas. 40, 41 y 42
 ES-45224 Seseña Nuevo (Toledo)
 Tel. +34 902 104 876 · Fax +34 902 104 854

Würth Solar GmbH & Co. KG
 Alfred-Leikam-Straße 25 · D-74523 Schwäbisch Hall
 Tel. +49 (0) 791 946 00-0 · Fax +49 (0) 791 946 00-119
 wuerth-solar@we-online.de · www.wuerth-solar.com

06.06.2008 ES&by Würth Solar/DB

Módulo solar de fachada.

SUNPOWER

MORE ENERGY. FOR LIFE.™

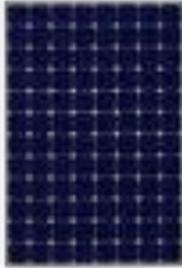
PANELES SOLARES DE LA SERIE X



RENDIMIENTO, FIABILIDAD Y ESTÉTICA SIN IGUAL



X21 - 300 PANEL



X21 - 345 PANEL

SERIE



MÁXIMA EFICIENCIA¹

Generan más energía por metro cuadrado

Los paneles de uso residencial de la serie X convierten más luz solar en electricidad, con lo que se produce un 44% más de potencia por panel,¹ y un 75% más de energía por metro cuadrado a lo largo de 25 años.^{2,3}

MÁXIMA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA⁴

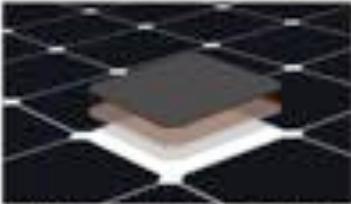
Producen más energía por vatio nominal

El alto rendimiento durante el primer año ofrece un 8-10% más de energía por vatio nominal.² Esta ventaja aumenta con el tiempo, con lo que se produce un 21% más de energía a lo largo de los primeros 25 años para satisfacer sus necesidades.⁴

• Eficiencia del 21,5%
Ideal para cubiertas en las que escasea el espacio o que podrían requerir una futura ampliación.

• Máximo rendimiento
Diseñados para ofrecer el máximo de energía en condiciones reales y difíciles, con sombra parcial y altas temperaturas en la cubierta.^{1,2,3}

• Estética de primer nivel
Los paneles negros de la serie X de SunPower® se integran de forma armónica en la cubierta; la opción más elegante para su hogar.

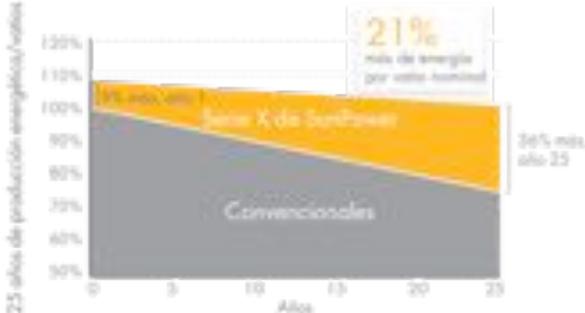


Células solares Maxeon®: básicamente mejores.
Diseño que ofrece mayor rendimiento y durabilidad.

Diseño que asegura la tranquilidad
Su diseño les permite ofrecer energía de forma sistemática y sin problemas durante su dilatada vida útil.^{4,5}

Diseño que garantiza la durabilidad
La célula solar Maxeon de SunPower es la única célula fabricada sobre una sólida base de cobre. Es prácticamente inmune a la corrosión y a las grietas que degradan los paneles convencionales.^{4,5}

Ofrecen la misma durabilidad excelente que los paneles de la serie E.
Primer puesto en la prueba de durabilidad de Fraunhofer.¹⁰
100% de potencia conservada en la exhaustiva prueba de durabilidad de paneles fotovoltaicos de Atlas 25.¹¹



25 años de producción energética/vatio

120%
110%
100%
90%
80%
70%
60%
50%

0 5 10 15 20 25

Años

21% más de energía por vatio nominal

26% más año 25



10%
8%
6%
4%
2%
0%

Ventaja energética/vatio del primer año

- Alta potencia con altas temperaturas
- Sin degradación inducida por la luz
- Promedio de vatio elevado
- Mejor respuesta espectral y con nivel bajo de luz
- Cristal anti-reflexivo de alto rendimiento



Colaboración
Fraunhofer ISE
y SunPower
en el ISE
Solar Energy

sunpowercorp.es

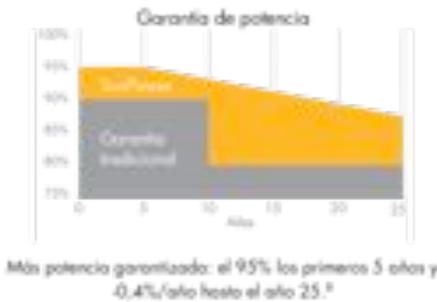
Módulo solar de cubierta.

SUNPOWER

MORE ENERGY. FOR LIFE.™

PANELES SOLARES DE LA SERIE X

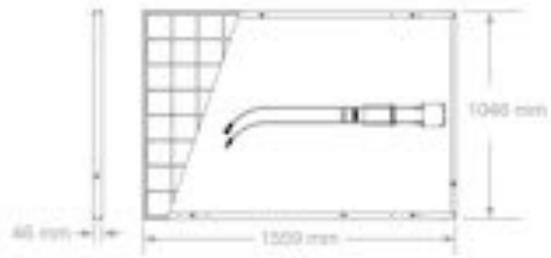
SUNPOWER OFRECE LA MEJOR GARANTÍA COMBINADA DE POTENCIA Y PRODUCTO



DATOS ELÉCTRICOS		
	X21-300-6LK	X21-345
Potencia nominal ⁽¹⁾ [P _{nom}]	300 W	345 W
Tolerancia de potencia	+5/-0%	+5/-0%
Eficiencia media de panel ⁽³⁾	18,5 %	21,5%
Tensión en el punto de máxima potencia [V _{mpp}]	57,3 V	57,3 V
Corriente en el punto de máxima potencia [I _{mpp}]	5,85 A	6,02 A
Tensión de circuito abierto [V _{oc}]	67,9 V	68,2 V
Corriente de cortocircuito [I _{sc}]	6,23 A	6,39 A
Tensión máxima del sistema	1000 V IEC & 600 V UL	
Fusible máxima por serie	20 A	
Coefficiente de temperatura de potencia	-0,30% / °C	
Coefficiente de temperatura de voltaje	-167,4 mV / °C	
Coefficiente de temperatura de corriente	3,5 mA / °C	

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y DATOS MECÁNICOS	
Temperatura	- 40°C to +85°C
Carga máxima	Viento: 2400 Pa, 245 kg/m ² frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² frontal
Resistencia al impacto	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Aspecto	Clase A+
Células solares	96 células monocristalinas Maxeon III generación
Cristal templado	Templado antirreflecente de alta transmisión
Cojo de conexiones	Clasificación IP65
Conectores	MC4
Bastidor	Negro anodizado de Clase 1, la clasificación más alta de la AAMA
Peso	18,6 kg

PRUEBAS Y CERTIFICACIONES	
Pruebas estándar	IEC 61215, IEC 61730, UL1703
Pruebas de calidad	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
Conformidad con	RoHS, OHSAS 18001:2007, sin plomo, EHS, PV Cycle
Prueba de armonización	IEC 62716
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máximo nivel superado)
Prueba PID	Sin degradación inducida potencial: 1000 V ⁽⁸⁾
Certificaciones	TUV, MCS, UL, CEC



- REFERENCIAS:**
1. Todos las comparaciones realizadas entre SPW-X21-345 y un panel convencional representativo: 240W, aprox. 1.6m², eficiencia del 15%.
 2. Estudio "SunPower Shading Study" de PV Evolution Labs (febrero de 2013).
 3. Normalmente 8-10% más de energía por vatio; informe "SunPower Yield Report" de BEW/ENVI Engineering (enero de 2013). Con cálculo del coeficiente de temperatura según el informe T2063 de CPV Solar Test Lab (enero de 2013).
 4. SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Comparo, E. et al. Documento técnico de SunPower "SunPower Module Degradation Rate" (febrero de 2013); Jordan, Dirk: "SunPower Test Report", NREL (octubre de 2012).
 5. Documento técnico de SunPower "SunPower Module 40-Year Useful Life" (febrero de 2013). La vida útil corresponde a 99 de 100 paneles funcionando a más del 70% de la potencia nominal.
 6. Valor más alto que en la Serie E, el cual es el valor más alto de los 2600 paneles de la lista de Photon Int'l, febrero de 2012.
 7. Un 1% más de energía que los paneles de la serie E y un 8% más de energía que la media de los 10 principales empresas sometidos a pruebas en 2012 (151 paneles, 102 empresas); Photon International (marzo de 2013).
 8. En comparación con los 13 fabricantes principales, SunPower Warranty Review (febrero de 2013).
 9. Se aplican algunas exclusiones. Consulte la garantía para obtener detalles.
 10. Igual que en la serie E: 5 de los principales 8 fabricantes de paneles fueron sometidos a pruebas por Fraunhofer ISE; informe "PV Module Durability Initiative Public Report" (febrero de 2013).
 11. En comparación con el panel de control no sometido a pruebas de resistencia. La serie X tiene las mismas características que la serie E, sometido a pruebas en el informe "Durability Test Report" de Atlas 23+ (febrero de 2013).
 12. En condiciones de prueba estándar (irradiancia de 1000 W/m², AM 1.5, 25 °C).
 13. De acuerdo con el promedio de valores de potencia medidos durante la producción.

Consulte <http://www.sunpowercorp.com/facts> para obtener más información de referencia. Para obtener detalles adicionales, consulte la ficha técnica ampliada: www.sunpowercorp.es/datasheets. Lea las instrucciones de seguridad e instalación antes de utilizar este producto. ©2013 SunPower Corporation. Todos los derechos reservados. SUNPOWER, el logotipo de SUNPOWER, MORE ENERGY FOR LIFE Y SIGNATURE son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de SunPower Corporation. Las especificaciones que se incluyen en esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso.

sunpowercorp.es
Documento n° 201311-04-01-01

Módulo solar de cubierta.