



Integración arquitectónica de instalaciones de energía renovable: Beneficios añadidos a la producción energética

Autor: Pablo Carbonell Alonso

Institución: Asociación Sostenibilidad y Arquitectura (ASA)

Resumen

El propósito de esta comunicación es dar a conocer estrategias concretas de integración arquitectónica de instalaciones de energía renovable que logran beneficios añadidos para el edificio y sus usuarios más allá de la mera producción de energía limpia, mejorando la eficiencia energética.

Cuestiones como la recogida y reutilización de agua de lluvia, el control de la radiación solar o el aislamiento térmico pueden trabajarse de forma coordinada en el diseño de instalaciones fotovoltaicas integradas en un edificio, de forma que la generación eléctrica de dicha instalación no sea el único beneficio que aporte, facilitando así llegar a lo que la directiva europea de eficiencia energética en edificación llama un edificio de consumo de energía casi nulo.

Palabras claves: integración, arquitectura, renovable, fotovoltaica, eficiencia, edificio, energía, casi, nula, bioclimatismo

1. Introducción:

Las directivas europeas en el cambio de paradigma arquitectónico y energético.

La directiva europea 2010/31/UE de Eficiencia Energética en los Edificios supone un enorme reto en la forma de concebir la arquitectura y los espacios en los que habitamos al definir lo que llama *edificio de consumo de energía casi nulo, EECN (nearly zero energy building, nZEB)*. Dichos edificios, según la directiva, deberán por un lado ser muy eficientes y consumir poca energía, y por otro lado la (poca) energía que necesiten deberá proceder de fuentes renovables. Este reto abre la puerta a un nuevo paradigma arquitectónico en donde los edificios ya no son solamente consumidores de energía, sino también productores mediante fuentes renovables. Esta puerta es en sí una oportunidad para entender el cambio de forma ambiciosa y proponer edificios que no sólo sean productores de energía, sino también acumuladores de agua de lluvia, captadores de viento, recicladores de residuos y en definitiva que sepan integrarse en los flujos naturales del entorno en donde se ubican. Esta concepción de arquitectura ecológica, entendida como la forma de concebir construcciones integradas en los ciclos naturales, es la que esta comunicación pretende defender como una vía hacia el EECN.

Las variables de esta arquitectura ecológica son demasiadas como para ser tratadas en esta comunicación, pero hay un tema fundamental y que tiene mayor peso específico en el caso que plantea la directiva europea, y se trata de la generación de energía en el propio edificio. Como más adelante se ejemplifica, la generación de energía puede y debe entenderse como algo compatible con otras estrategias que conducen a esa arquitectura ecológica, como son la gestión de agua o las medidas bioclimáticas de reducción del consumo energético y el aumento del confort higrotérmico. Esta manera de pensar la generación energética dentro del edificio permite aportar una serie de beneficios añadidos al proyecto que van en pos de los objetivos de la directiva.

Se hace por tanto fundamental definir estrategias de integración arquitectónica de instalaciones de energías renovables a la vista de que cada vez será más habitual contar con ellas en los edificios. A la hora de incorporar estas tecnologías a un edificio existen dos inercias o dos lecturas paralelas: la amortización económica y la integración estética. Estas dos lecturas no suelen cruzarse cuando vienen resueltas desde mundos distintos, como pueden ser el de la ingeniería y el de la arquitectura; lo cual genera una visión simplista del problema y no permite aprovechar la oportunidad que supone la integración de estas instalaciones.

2. Redes distributivas: Barrios de energía casi nula.

No parece una buena estrategia pensar el EECN como un elemento aislado energéticamente del resto de una ciudad. De hecho el concepto en sí mismo podría considerarse que plantea una dificultad casi imposible de resolver, dado que es muy complicado que todos y cada uno de los edificios de una ciudad puedan garantizar las condiciones de alta eficiencia energética. Sin embargo si los pensamos como nodos dentro de una red distributiva podríamos plantear *Barrios de Energía Casi Nula*, en donde exista una sinergia entre diferentes edificios y/o espacios públicos, aportado la energía sobrante de unas instalaciones a los puntos deficitarios donde por cuestiones geográficas o de ubicación relativa (por ejemplo, debido a sombras) no es posible llegar a una

producción adecuada. La creación de estas redes distributivas de energía en las propias ciudades tiene además una doble ventaja, por un lado acercar, por no decir asimilar, el foco de producción al de consumo, reduciendo pérdidas e infraestructuras de transporte, y por otro lado democratizar la producción eléctrica, dando la posibilidad al ciudadano de ser responsable de su propia energía.

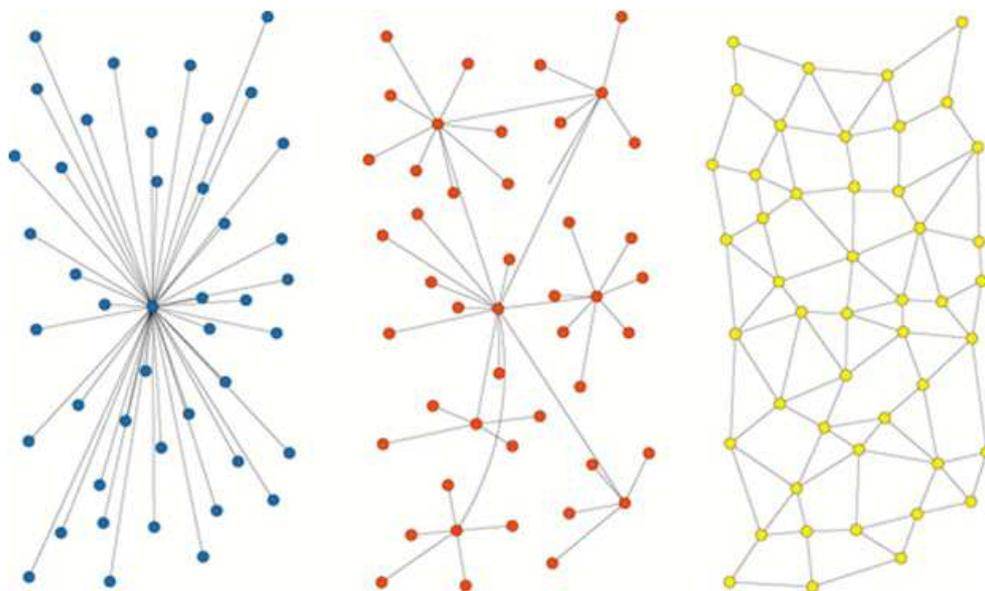


Figura 1. Tipologías de red: Centralizada, descentralizada y distributiva (fuente Wikipedia).

3. Las instalaciones fotovoltaicas: Versatilidad.

A la hora de buscar una instalación de energía renovable integrada en un edificio lo cierto es que las fotovoltaicas son las que permiten una mejor incorporación al diseño arquitectónico. Además pueden integrarse perfectamente en ciertas estrategias bioclimáticas que mejoran los indicadores de sostenibilidad de un edificio, logrando aunar medidas de ahorro con medidas de producción energética. Esto es importante desde el punto de vista de la directiva de eficiencia energética, dado que para conseguir este objetivo deben implementarse ambas estrategias: ahorro y producción. Por otro lado la incorporación de estrategias bioclimáticas hace que la amortización económica de estas instalaciones sea más rápida que con la mera generación energética, y esto es un dato aún más importante después del Real Decreto Ley 1/2012 que elimina las primas a las renovables.

Los distintos formatos de módulos fotovoltaicos que presenta el mercado van desde el panel opaco hasta el vidrio-vidrio, pasando por diversos formatos de capa fina. Esta versatilidad ayuda mucho a la integración en las diferentes envolventes de un edificio posibilitando diversas soluciones ante la incidencia de luz natural, de viento o de lluvia. De esta forma el proyectista puede conferir nuevas funciones a los módulos que van más allá de la producción energética.



Figura 2. Diferentes paneles FV: Capa fina de telurio de cadmio, células de silicio en vidrio-vidrio, panel convencional de silicio policristalino y vidrio con silicio impreso (Fotografía Pablo Carbonell).

4. El proyecto de la Imprenta Regional de Murcia: Ejemplo de integración arquitectónica de energías renovables.

Un ejemplo concreto que puede ilustrar esta forma de entender la integración de energías renovables es la ampliación y reforma de la Imprenta Regional de Murcia: Este proyecto fue desarrollado por el estudio Ecoprojecta y ha recibido varios reconocimientos a nivel tanto regional como nacional, destacando tres de ellos: El Premio Eurosolar 2010, la Mención Especial en los Premios Endesa a la Promoción Inmobiliaria más Sostenible 2011, o la Mención en los XVI Premios de Arquitectura de la Región de Murcia.

En este caso la integración de una instalación fotovoltaica de 100 kW supuso la oportunidad de incorporar una serie de estrategias bioclimáticas que fueron desde la recogida de agua de lluvia para reutilizarla en riego y en enfriamiento adiabático; la filtración solar para evitar el exceso de radiación en ciertas fachadas de vidrio, o la simulación de una cámara ventilada en cubierta que reducía la radiación solar directa y por tanto el sobrecalentamiento. Además la instalación de una pérgola fotovoltaica en el patio interior ayudó a crear un microclima adecuado para la plantación de un jardín de especies autóctonas de ribera mediterránea.

La sede de la Imprenta Regional, lugar donde se publica el Boletín Oficial de la Región de Murcia (BORM), se terminó de construir en el 2001, siguiendo el proyecto y la dirección del arquitecto Enrique Carbonell. Se encuentra en una zona industrial, cerca de Monteagudo, rodeada de una peculiar mezcla de huerta, naves semi-abandonadas, almacenes de chatarra y modernas oficinas. Años más tarde, surgió la necesidad de remodelar la distribución de puestos de trabajo y ampliar espacio de oficinas. Fruto de esa necesidad surge este proyecto que aprovecha el momento para dar respuesta a una serie de carencias bioclimáticas que tenía el edificio desde su origen (fundamentalmente por limitación presupuestaria) y también a una política de inversión en energías renovables para convertir la sede del BORM en un edificio más sostenible.

El conjunto de actuaciones que a nivel bioclimático han servido para transformar el edificio se resumen en los siguientes puntos (5, 6, 7 y 8) de esta comunicación.

5. Energía renovable: Integración como suma de beneficios añadidos.

Una instalación fotovoltaica junto a un edificio es un reto de integración, sobre todo cuando se trata de una de gran potencia relativa, como es ésta de 100 kW. Sin embargo, lejos de ser un problema, se ha aprovechado esta oportunidad para sumar una serie de beneficios añadidos, más allá de la energía obtenida, y que mejoran los indicadores de sostenibilidad del edificio. Además, esto hace que la amortización económica real de la instalación sea en menos tiempo, ya que a la producción energética hay que sumar ahorros en climatización y en agua para riego y limpieza.

Se han realizado tres tipos de instalaciones, todas ellas conectadas a red: Una en el aparcamiento trasero, otra en la cubierta del edificio y la última cubriendo el patio interior. Todas ellas tienen una producción anual media en torno a los 160.000 kWh.

5.1 Parking fotovoltaico pluvial

En la explanada donde aparcen los vehículos se localiza la instalación más potente del conjunto. Básicamente está formada por tres faldones inclinados hacia el sur, apoyados en una estructura tubular de acero. A diferencia de otras pérgolas convencionales esta estructura se pensó para que pudiera cubrir tanto las plazas de aparcamiento como las calles, aumentando así la superficie de captación solar. Dicha estructura está concebida para generar un espacio diáfano bajo ella, reduciendo al mínimo el número de pilares que puedan obstaculizar las maniobras de aparcamiento.

El primer valor añadido de esta instalación es obvio: la creación de un espacio en sombra. Además, esta pérgola está diseñada para recoger el agua de lluvia, agua que se almacenará en un depósito y podrá ser reutilizada para el riego de las zonas ajardinadas exteriores. De ahí el doble adjetivo de fotovoltaico y pluvial.



Figura 3. Parking fotovoltaico pluvial en la zona trasera de la parcela (Fotografía David Frutos).

5.2 Paneles fotovoltaicos en cubierta

Esta es la ubicación más convencional para una instalación fotovoltaica en un edificio. La peculiaridad en este caso es que se ha diseñado de manera que los paneles son casi horizontales y además están algo retranqueados del perímetro del edificio. De esta manera prácticamente no se perciben desde la calle y la configuración arquitectónica exterior del edificio no se ve distorsionada.



Figura 4. Cubierta del edificio de oficinas del BORM (Fotografía de David Frutos).

Pero esto tiene otro valor añadido: Al colocar así los paneles, estos pueden estar muy juntos y dar una sombra continua a toda la cubierta. Esta estrategia consigue convertir una cubierta convencional en una cubierta ventilada, con las ventajas que conlleva en un clima como el mediterráneo y caluroso como el de Murcia, es decir, la reducción de radiación solar directa sobre la cubierta y por tanto la disminución de las cargas de refrigeración en verano. No hay que olvidar que las cubiertas son las superficies donde más energía pierde un edificio y que las cargas de refrigeración en Murcia suelen ser mayores que las de calefacción. En este caso las ventajas se notan en la reducción del consumo de energía en los periodos de más calor y en un mayor confort para los trabajadores en la planta superior.

5.3 Cubierta ligera para el patio interior

Esta es la instalación más destacable de todo el conjunto por ser la menos convencional. Se ha utilizado un tipo de paneles llamado vidrio-vidrio (células fotovoltaicas laminadas en vidrio) sobre una estructura que cubre el patio interior del edificio administrativo.

Dicha estructura está diseñada siguiendo la modulación de la estructura original del edificio y sin ningún pilar en medio del patio, de manera que queda integrada en el espacio diseñado originalmente. Pero además, tiene varios valores añadidos, entre los que destacan los siguientes:

En primer lugar, la piel de paneles vidrio-vidrio filtra la cantidad de luz que incide al interior del patio y también a los despachos que dan a esa fachada interior. Se calcula una reducción en torno al 60%, lo cual va a mejorar las condiciones de trabajo que actualmente se tenían, puesto que existía un exceso de radiación solar directa.

En segundo lugar, al igual que la pérgola del parking, esta estructura está preparada para recoger el agua de lluvia y acumularla en un depósito enterrado, y así disponer de agua para riego. Siguiendo los cálculos de precipitaciones en Murcia se ha incluido un depósito de 20 m³, suficiente para abastecer los requerimientos de agua del jardín interior.

En tercer lugar, el diseño de esta piel fotovoltaica está íntimamente relacionado con el tipo de jardín proyectado para el patio y el microclima generado en él: Un jardín de especies autóctonas de ribera mediterránea, que necesitan humedad y que están acostumbradas a una iluminación natural filtrada.

Para concluir, los beneficios añadidos que aporta una instalación son el resultado de la integración de ésta en su contexto inmediato. Queda claro que no hablamos de un concepto de integración reducido a sus aspectos puramente estéticos, sino al entendimiento de que el diseño de una instalación debe estar pensado para que funcione conjuntamente con la estructura a la que va unida, sea ésta un edificio, una infraestructura para vehículos o un espacio urbano. De esta manera, la instalación no se pondera exclusivamente en términos de amortización de la inversión limitada a resultados de venta de energía, y sino que busca relaciones más complejas y beneficiosas que se encuentran potencialmente en la integración de las nuevas instalaciones de energía.

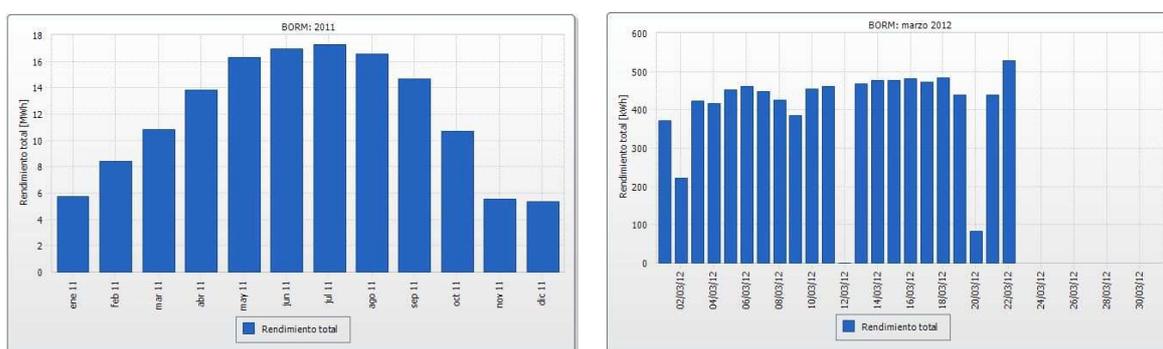


Figura 5. Producción de energía en el BORM. Gráfico mensual de 2011 y diario de marzo 2012 (Fuente Sol Sureste).

6. Gestión del agua:

Objetivo de consumo cero para el agua no potable.

La escasez de agua dulce es cada vez un problema mayor en el mundo, y más en concreto en el sureste español. En este proyecto se ha intentado que toda la demanda de agua no potable se cubra sin aportación del suministro.

Para ello, como se ha explicado antes, las pérgolas de la instalación fotovoltaica se han diseñado de manera que recojan el agua de lluvia y la acumulen en depósitos enterrados, pensados para cubrir los largos periodos sin lluvia de la Región de Murcia.

Junto al riego también hay dos demandas más de agua en este patio, la de unos nebulizadores que refrescan mediante evaporación en verano y la de unos irrigadores que limpian las placas fotovoltaicas. Estas dos demandas se cubren con el agua recogida de la condensación del aire acondicionado, que se acumula en un depósito separado y también enterrado en el patio. Hay que recordar que el agua de suministro en Murcia es muy dura, y sin embargo la que recogemos en este caso, al no contener cal, mejora las condiciones de mantenimiento de la instalación.

7. Eficiencia Energética:

Una óptima utilización del recurso del sol.

El sol nos da la iluminación y el calor que necesitamos, pero un edificio sostenible debe saber gestionar su aportación en función de la época del año y el momento del día. El edificio del BORM presentaba mucha superficie acristalada en sus fachadas, lo cual creaba espacios iluminados y con vistas, pero con los inconvenientes climáticos del efecto invernadero, así como incomodidad por reflejos y exceso de radiación para los puestos de trabajo.

Estos problemas se han solucionado creando filtros solares: por un lado se ha cubierto la fachada de la planta superior, orientada a noroeste y a noreste, con unas lamas de aluminio motorizadas orientables. Por otro, la pérgola que cubre el patio, como se ha explicado antes, además de generar electricidad, filtra la luz solar reduciendo el exceso de radiación que recibían los despachos en esa zona. Esta operación además sirve para volcar las vistas hacia el patio interior y cerrarse más hacia un exterior ruidoso y degradado.



Figura 6. Exterior del edificio del BORM. Ampliación y actuación en fachada (Fotografía David Frutos).

8. Calidad ambiental: Un microclima para el patio interior

El patio interior se ha potenciado como corazón revitalizador del BORM, creando un jardín cuyo diseño está íntimamente relacionado con el microclima que la nueva piel fotovoltaica va a crear. Un microclima de menor radiación solar y mayor capacidad para retener agua y humedad, es decir, las características ideales para el bosque de ribera. Este es un ecosistema endémico de las cuencas fluviales mediterráneas y que lamentablemente casi se ha perdido, pero que en la Imprenta se pretende recuperar. Será por tanto un jardín frondoso pero autóctono y sin consumo de agua aportada.

Como consecuencia de lo anterior el BORM disfruta de un patio interior que aumenta la calidad ambiental del edificio, tanto visual como físicamente. Este jardín generado gracias a las nuevas condiciones medioambientales de la piel fotovoltaica y los nebulizadores, mejorará las condiciones del aire, ayudará a regular la temperatura y humedad, y servirá para crear un entorno de trabajo más agradable.

Para potenciar la idea de patio como corazón del edificio se han volcado todos los puestos de trabajo hacia el interior, huyendo de un exterior poco amable, y se ha acondicionado el patio eliminando los obstáculos que antes lo hacían inhabitable, como las máquinas de aire acondicionado, que antes estaban dando al patio y ahora se han trasladado a la cubierta de los talleres. La nueva sala ampliada en planta baja se ha revestido de U-glass hacia la calle y de vidrio transparente hacia el patio. Mientras que en la planta superior se ha reorganizado el espacio para que haya una circulación continua en torno al patio.

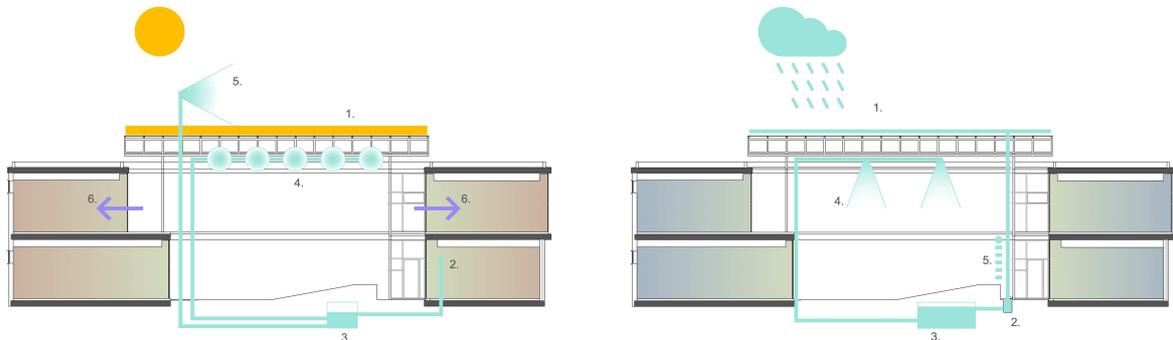


Figura 6. Esquemas bioclimáticos de funcionamiento del patio en condiciones de día soleado y de lluvia.

9. Conclusión

Como se puede comprobar, y para concluir, los valores añadidos que aporta esta instalación fotovoltaica son el resultado de su integración en el edificio. Queda claro que no hablamos de un concepto de integración reducido a sus aspectos puramente estéticos, sino al entendimiento de que el diseño de una instalación debe estar pensado para que funcione conjuntamente con la estructura a la que se adosa, sea ésta un edificio, una infraestructura para vehículos o un espacio urbano. Se debe por tanto dejar de pensar en términos de amortización de la inversión limitados a resultados de venta de energía, y buscar relaciones más complejas y beneficiosas que se encuentran potencialmente en la integración de las nuevas instalaciones de energía en los futuros edificios de consumo de energía casi nulo.



Figura 7. Imagen del patio interior, espacio donde convergen gran parte de las estrategias bioclimáticas y de integración arquitectónica de la instalación FV (Fotografía David Frutos).

Referencias

Daniels, Klaus (1997): "The technology of Ecological Buildings". Birkhäuser.
Falcón, Antonio (2007): "Espacios verdes para una ciudad sostenible". Ed. Gustavo Gili.
Olgyay, Víctor (1963): "Arquitectura y clima". Ed. Gustavo Gili.

Agradecimientos

Gracias al Boletín Oficial de la Región de Murcia por su apuesta por un entorno arquitectónico de calidad para sus trabajadores, a Sol Sureste SL, por entender que las instalaciones de energías renovables son algo más que una inversión económica y a Juan Miguel Martínez Saura por su apoyo como arquitecto técnico de la administración en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Por último gracias a mi padre, Enrique Carbonell, por todo lo que me enseñó y me seguirá enseñando.

En Murcia, a 21 de octubre de 2012.

Pablo Carbonell Alonso, arquitecto de Ecoprojecta
pablo@ecoprojecta.es
www.ecoprojecta.es