

EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA INTEGRACIÓN DE FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS EN ESPAÑA

Nuria Martín Chivelet^{1*}

¹ Doctora en Ciencias Físicas. Científica titular del CIEMAT.

* E-mail: nuria.martin@ciemat.es

La integración de fotovoltaica en edificios

Si un edificio produce energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico y, además, los módulos fotovoltaicos de ese sistema realizan una función constructiva, estamos hablando de integración de fotovoltaica en edificios (en inglés, *Building Integrated Photovoltaics*, BIPV). Es decir, la BIPV no es instalar módulos fotovoltaicos sobre los edificios (*Building Added Photovoltaics*, BAPV), sino integrarlos como elementos de su envolvente, de forma que realicen una función constructiva como las indicadas en el *Reglamento Europeo de Productos de Construcción (CPR) 305/2011* [1].

Así, los llamados módulos BIPV se diferencian de los módulos fotovoltaicos convencionales en que se fabrican con diseños y materiales que buscan que las propiedades mecánicas, térmicas, ópticas, y estéticas permitan una correcta integración en aplicaciones como fachadas ventiladas, muros cortina, cubiertas ciegas o acristaladas, marquesinas o parasoles. La mayoría tiene al menos una lámina de vidrio y frecuentemente dos, conformando el laminado fotovoltaico de doble vidrio, con las células fotovoltaicas encapsuladas en su interior. Este laminado puede ser opaco o presentar distintos grados de transparencia, según sea la densidad de células. También puede presentar una gran variedad de tonos y acabados para una mejor integración visual con el edificio y el entorno. Los métodos de coloreado de los módulos son diversos, y pueden afectar a la célula, el encapsulante o alguna de las láminas de vidrio [2]. La estructura final del módulo puede ser de doble o triple acristalamiento, lo que mejoraría su aislamiento térmico, objetivo frecuente en muros cortina y cubiertas acristaladas.

En el ejemplo del demostrador de fachada ventilada instalado en el CIEMAT (figura 1) se aprecian nueve módulos BIPV de doble vidrio y sin marco en tres colores diferentes. Las células, que apenas se reconocen tras el serigrafado y esmaltado que da color al vidrio, son de silicio multicristalino. El rendimiento eléctrico de los módulos varía entre 12,8 % y 15,1 %, según el color, valores algo inferiores a los de módulos estándar de igual tecnología de célula, debido a la menor transparencia del vidrio delantero y también al perímetro añadido libre de células que incluyen estos módulos BIPV para evitar su sombreado por los sistemas de fijación (el rendimiento se define como la potencia generada por unidad de superficie del módulo, incluido ese perímetro). Puede consultarse una interesante colección de ejemplos internacionales de proyectos BIPV en [3].

Breve historia de la BIPV en España

La tecnología BIPV en España se ha desarrollado apoyada en programas y regulaciones nacionales y

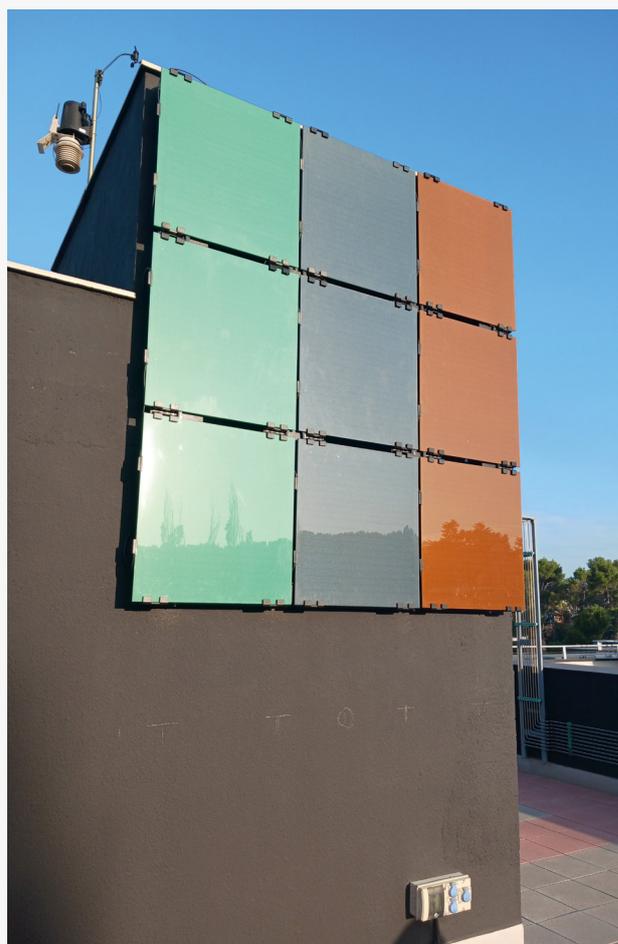


Figura 1. Módulos fotovoltaicos de tres colores recién integrados en una estructura demostrativa de fachada ventilada en el CIEMAT. Proyecto RINGS-BIPV. Módulos: Ertex.

europas, aunque estas se han dirigido a las renovables en general o a la fotovoltaica en particular. Los primeros prototipos de módulos BIPV fueron desarrollados por empresas fotovoltaicas que participaron en distintos proyectos de investigación, innovación y demostración. A modo de ejemplo, el europeo BIPV PV-MOBI, coordinado por CIEMAT de 1997 a 2000, involucró a la entonces puntera empresa ISOFOTON, que desarrolló unos prototipos de módulos BIPV semitransparentes que luego evolucionarían para su uso en marquesinas fotovoltaicas.

Al mismo tiempo, empresas de productos de la construcción desarrollaron módulos BIPV para las primeras fachadas fotovoltaicas, como fue la empresa TFM para la biblioteca Pompeu Fabra de Mataró. Una década más tarde se fundó Onyx Solar, una pyme dedicada en su totalidad al desarrollo de productos y proyectos BIPV, actualmente una de las empresas de BIPV más sobresalientes también a escala internacional. Existen otras compañías más recientes que también han desarrollado productos constructivos con propiedades fotovoltaicas añadidas.

De todos los cambios regulatorios sucedidos desde aquellos primeros años, la aprobación en 2006 del *Código Técnico de la Edificación (CTE)* fue, indirectamente,

el hecho más relevante para la BIPV. El motivo fue que el documento básico HE5 exigía la instalación de sistemas fotovoltaicos en las nuevas construcciones o rehabilitaciones integrales de edificios terciarios, y solo era posible cumplir las limitaciones de pérdidas por orientación e inclinación en fachadas si los módulos se integraban arquitectónicamente [4]. Esto derivó en un interés creciente por las fachadas BIPV y el desarrollo asociado de acristalamientos fotovoltaicos (figura 2).

Una noticia positiva es que la última modificación del CTE en 2022 ha ampliado el ámbito de aplicación a edificios residenciales, y esto puede impulsar el incipiente mercado de tejados BIPV.

Análisis del sistema de innovación tecnológica de la BIPV

Con el fin de fomentar el desarrollo de la BIPV, la Agencia Internacional de la Energía promueve desde hace unos años la colaboración internacional en el marco de la Tarea 15 (*IEA-PVPS-Task 15*). Un trabajo reciente publicado por dicha organización ha analizado el estado y la evolución de la BIPV en España [5]. En él, se identifican los principales actores que han jugado o pueden jugar un papel relevante en el desarrollo de esta tecnología, hasta ahora principalmente algunos arquitectos, el fabricante actual de BIPV, los centros de investigación y tecnológicos, y las universidades. Las conexiones entre estos y otros agentes incluyen las redes nacionales y



Figura 2. Cubierta acristalada fotovoltaica incluida en la rehabilitación en 2011 del mercado de San Antón, en Madrid. Arquitectos: Estudios ALTARIA, Módulos: Onyx Solar.

europas de apoyo a las energías renovables, las plataformas tecnológicas, los foros sectoriales, etc., aunque, en general, en ningún caso es frecuente que se considere de forma específica la BIPV, sino la fotovoltaica de forma más amplia, por ejemplo, en lo que se refiere al autoconsumo, o a la electrificación con renovables.

Por otro lado, la percepción social de la BIPV es en general positiva, aunque los costes asociados no siempre consideran el ahorro en el material constructivo y la inversión con rentabilidad a medio plazo. Otro aspecto importante es que la regulación es escasa y poco clara; la industria espera que se aprueben normas armonizadas para desarrollar sus productos, lo que impulsaría el mercado. Algo que resultaría también de mucha ayuda sería incluir la BIPV explícitamente en el CTE, aunque fuera al menos a título informativo.

Para el análisis del sistema de innovación tecnológica de la BIPV se consideran también funciones que se describen con detalle en el informe y que abordan distintos aspectos del estado de esta tecnología. Los resultados muestran que el conocimiento tecnológico y de mercado es aún escaso en España, aunque hay un apreciable conocimiento científico que se refleja en el número de publicaciones relacionadas con la BIPV y en la participación española en proyectos de investigación. Pero los arquitectos, y en general los agentes del sector de la construcción, reclaman más información a los desarrolladores de productos y más difusión de soluciones y ejemplos. Es necesario potenciar la comunicación entre sectores, especialmente entre el fotovoltaico y el de la construcción. También se necesitan más recursos y apoyos específicos para la BIPV, y más inversión en formación especializada para conseguir un aumento significativo del número de técnicos cualificados.

Un futuro prometedor

Aunque el mercado BIPV en España es aún incipiente, presenta un potencial importante para los próximos años, especialmente por su relación directa con el autoconsumo fotovoltaico, que tan alto crecimiento está experimentando, y por su aportación a los proyectos de edificios de consumo casi nulo, y versatilidad en el desarrollo de soluciones constructivas para la rehabilitación de edificios.

Las políticas nacionales que promueven la mejora de la eficiencia energética de los edificios y el uso de energías renovables están creando un marco favorable para el crecimiento de la BIPV y para su uso en las rehabilitaciones energéticas. Un ejemplo claro son las actuaciones de fachada ventilada para rehabilitaciones de envolventes térmicas en las que los elementos de la capa de revestimiento pueden ser módulos fotovoltaicos (figura 2). Los módulos fotovoltaicos pueden presentar muy distintos tamaños y aspectos, de forma que la integración visual se pueda conseguir con éxito.

La sustitución de los materiales habitualmente utilizados en la edificación por módulos fotovoltaicos no siempre supone un gasto significativo, incluso a veces los costes son equiparables o menores. En cualquier caso, el coste neto debe considerar el ahorro del material sustituido.

Muchos aspectos de la rehabilitación energética de edificios con BIPV se abordan en el proyecto RINGS-BIPV: *Soluciones globales innovadoras de rehabilitación con integración de fotovoltaica en edificios* (RINGS-BIPV). Se trata de un proyecto coordinado de la Convocatoria 2021 «Proyectos de Generación de Conocimiento», del Ministerio de Ciencia e Innovación, cofinanciado con fondos europeos, cuyo principal objetivo general es fomentar los proyectos de rehabilitación energética de edificios con BIPV [6]. El proyecto, coordinado por el CIEMAT, lo conforman a su vez dos proyectos, uno realizado por la Unidad de Fotovoltaica del CIEMAT y otro por dos departamentos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Mientras que la actividad del grupo multidisciplinar de la UPM se dirige hacia el análisis del consumo y necesidades de rehabilitación de los edificios por distritos, para después evaluar el efecto de las soluciones BIPV propuestas, el proyecto del CIEMAT se centra en la modelización y predicción del comportamiento energético de los módulos y sistemas BIPV. Aparte de contribuir al diseño de las soluciones, se busca avanzar en la caracterización y modelización de estos sistemas, así como en la predicción de la radiación solar recibida por la envolvente de los edificios en entornos urbanos. Todo ello con el fin de mejorar la simulación y pronóstico del comportamiento energético de los edificios que integren sistemas fotovoltaicos.

Frente a las plantas fotovoltaicas, la fotovoltaica en edificios no necesita terreno adicional y permite la generación cercana al punto de consumo, lo que evita mayores impactos ambientales y paisajísticos. Adicionalmente, la BIPV aporta beneficios respecto de la BAPV, por ahorrar en el uso de materiales de la construcción habituales, facilitar la integración arquitectónica desde un punto de vista constructivo y estético, y aumentar el potencial para combinar las rehabilitaciones energéticas integrales con la generación de energía renovable (figura 3).

En definitiva, la BIPV es una tecnología que puede aportar mucho en la consecución de ciudades más respetuosas con el medioambiente y resilientes, y por ello, invertir en su desarrollo desde cualquiera de los ángulos posibles es apostar seguro. Los retos se irán resolviendo a medida que seamos conscientes de ello.

Referencias

[1] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2011). *Reglamento (UE) No 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo*, Vol. L88, pp. 5–43.

[2] Eder, G., et al. (2019). Coloured BIPV Market, research and development IEA PVPS Task 15, Report IEA-PVPS T15-07: 2019. <http://iea-pvps.org/index.php?id=task15>

[3] Reijenga, T., et al. (2020). *Successful Building Integration of Photovoltaics - A collection of International Projects*. International Energy Agency. <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2021/03/IEA-PVPS-Task-15-An-international-collection-of-BIPV-projects-compr.pdf>

[4] Ministerio de Vivienda (2006). *Documento Básico HE Ahorro de Energía*. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>, p. 129.



Figura 3. Integración de módulos fotovoltaicos en fachada ventilada. Rehabilitación energética en 2015 de la sede de la División de Energías Renovables del CIEMAT en Madrid. Arquitecto: Juan Carlos Gutiérrez. Módulos: Sunpower.

[5] Martín Chivelet, N., García, L., Caamaño Martín, E., y Racero, D. (2022). Analysis of the Technological Innovation System for BIPV in Spain. Report IEA-PVPS T15-13:2022. <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=task15>

[6] RINGS-BIPV (2023). <https://rings-bipv.com/> (accedido: 15 de julio 2023).