

# INTERNATIONAL COLLABORATION FOR IMPROVING INTEGRATED PV SOLUTIONS IN BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE / COLABORACIÓN INTERNACIONAL PARA AVANZAR EN LA INTEGRACIÓN FOTOVOLTAICA EN EDIFICACIÓN E INFRAESTRUCTURAS

Susana Santamaria-Fernandez<sup>1,2</sup>, Nerea Otano-Aramendi<sup>1</sup>,  
Ainhoa Odriozola-Alberdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fundacion Tecnalia Research & Innovation, Azpeitia, Spain, susana.santamaria@tecnalia.com

<sup>2</sup> University of the Basque Country, Donostia-San Sebastian, Spain, ssantamaria016@ikasle.ehu.eus

## Resumen

Los proyectos europeos Seamless-PV y MassIPV abordan el desafío energético actual mediante el desarrollo de soluciones innovadoras para la integración de la fotovoltaica en edificios e infraestructuras urbanas. El objetivo es transformar la fotovoltaica integrada en una realidad segura y sostenible, contribuyendo a la reducción de emisiones en entornos urbanos.

En una colaboración internacional, universidades, centros de investigación e industria del sector trabajan conjuntamente para diseñar y fabricar productos pioneros que faciliten la transición energética. Se han desarrollado nuevos equipos y tecnologías que superan los obstáculos de la industrialización. Además, se ha analizado la normativa existente y se están proponiendo mejoras regulatorias para acelerar la entrada al mercado.

Se han obtenido productos innovadores como sistemas ligeros con fotovoltaica para su uso en fachadas, sistemas fotovoltaicos verticales adaptados para su uso en Greenroofs o pantallas acústicas fotovoltaicas. Su funcionalidad se va a demostrar en edificios reales durante los proyectos.

**Palabras Clave:** Fotovoltaica Integrada (BIPV), Colaboración Internacional, Vacíos Normativos.

## 1. Contexto – Building Integrated Photovoltaics (BIPV)

Los productos Building Integrated Photovoltaics (BIPV) representan la evolución natural en la integración de sistemas energéticos renovables dentro del entorno construido. A diferencia de los sistemas fotovoltaicos tradicionales instalados sobre edificios, los Building Attached Photovoltaics (BAPV), los módulos BIPV forman parte integral de la envolvente del edificio y deben cumplir simultáneamente tanto funciones como requisitos arquitectónicos como eléctricos.

Los módulos BIPV se diseñan como productos activos de la envolvente arquitectónica capaces de generar electricidad mientras desempeñan al menos una función en el edificio, como puede ser garantizar la seguridad de uso mediante una determinada resistencia al impacto o contribuir al ahorro energético garantizando un aislamiento térmico y un factor solar. Esto implica que los productos BIPV deben satisfacer los mismos requisitos que el componente tradicional al que sustituye, como puede ser un lucernario, una fachada ventilada o una barandilla.

Los sistemas BIPV además de cumplir su función como elementos de construcción, permiten generar energía eléctrica in situ, contribuyendo significativamente a la reducción del consumo energético de los edificios y favoreciendo el desarrollo de edificios de energía nula (ZEB – Zero

Energy Buildings) y a la consecución de la descarbonización integral del edificio a lo largo de su ciclo de vida. Esta doble funcionalidad convierte al BIPV en una tecnología clave para reducir el carbono operacional de un edificio y contribuir a la descarbonización del sector de la construcción.

Las principales soluciones de integración fotovoltaica incluyen lucernarios, cubiertas, fachadas ventiladas, muros cortina transparentes y soluciones arquitectónicas exteriores como barandillas o dispositivos de protección solar. Cada una de estas soluciones presenta retos específicos desde el punto de vista técnico, constructivo, eléctrico y normativo.

## **2. Colaboración internacional – Oportunidades**

La colaboración internacional desempeña un papel esencial en el desarrollo, implantación y consolidación de la tecnología BIPV. La complejidad técnica de estos sistemas requiere la participación coordinada de centros de investigación, universidades, fabricantes de sistemas integrados, ingenierías y empresas constructoras.

Los proyectos europeos permiten generar sinergias internacionales orientadas a superar las barreras técnicas y económicas que actualmente limitan la instalación e implantación masiva de soluciones BIPV. Estas iniciativas facilitan la investigación, el desarrollo y la validación de nuevos productos en condiciones reales de operación.

Uno de los principales objetivos de estas iniciativas colaborativas es instalar soluciones BIPV demostradores en distintos edificios reales y en uso para generar confianza en el mercado y avanzar hacia el uso generalizado de estos productos. La validación de las soluciones BIPV en entornos urbanos reales permite evaluar aspectos críticos relacionados con la funcionalidad arquitectónica, la durabilidad de los productos BIPV, la seguridad y la generación de energía eléctrica.

Las convocatorias europeas HORIZON-CL5 han impulsado el desarrollo de soluciones avanzadas de integración fotovoltaica, promoviendo proyectos con alto nivel de madurez tecnológica (TRL 7). Estas convocatorias exigen consorcios multidisciplinares con participación industrial activa y un enfoque orientado a la demostración y explotación de resultados. Como ejemplo, se van a explicar los desarrollos realizados dentro de los proyectos Seamless-PV y MASS-IPV.

## **3. Justificación – Carencias en estandarización**

A pesar del crecimiento del mercado BIPV, persisten importantes carencias normativas y regulatorias que dificultan su implantación generalizada. Actualmente, el marco normativo europeo se encuentra fragmentado entre el sector fotovoltaico y el sector de la construcción.

Por un lado, los requisitos eléctricos y de seguridad fotovoltaica se desarrollan principalmente bajo el marco de la Directiva de Baja Tensión (LVD) [1] y las normas IEC [2]. Por otro lado, los requisitos constructivos se regulan mediante el Reglamento Europeo de Productos de Construcción (CPR) [3]. Esta separación genera vacíos regulatorios y dificultades para evaluar productos BIPV de forma integral.

Las normas existentes, como la EN 50583 [4, 5], IEC 63092 [6] o ISO 18178 [7], representan avances importantes, pero todavía no resuelven completamente las necesidades específicas del sector. Los productos BIPV presentan particularidades técnicas derivadas de la presencia de elementos activos, como células fotovoltaicas, cajas de conexión y cableado, que afectan simultáneamente a las prestaciones constructivas y eléctricas.

Resulta necesario desarrollar un marco normativo específico que permita evaluar conjuntamente el comportamiento eléctrico y las propiedades mecánicas, de seguridad, de ahorro de energía, de aislamiento acústico, de comportamiento frente a incendio, de los sistemas BIPV. Esto facilitaría el mercado CE de aquellos productos BIPV que tengan marcado CE obligatorio o potenciaría el marcado CE voluntario de los que no tengan obligatoriedad, incrementando la confianza del mercado en estos productos y garantizando niveles adecuados de seguridad y fiabilidad para los fabricantes, los instaladores y los usuarios finales.

#### **4. Colaboración internacional – Seamless-PV**

El proyecto europeo Seamless-PV constituye un ejemplo destacado de colaboración internacional orientada a acelerar la integración fotovoltaica en edificios e infraestructuras. El proyecto incluye diversos demostradores reales distribuidos en distintos países europeos.

Entre los casos de estudio se encuentran dos soluciones de fachada ventilada fotovoltaica uno en un edificio de oficina y otro en un edificio residencial. También se ha implementado una solución *Veture kit* fotovoltaica en un edificio de oficinas y una cubierta con tejas ligeras en una vivienda unifamiliar. Ya ampliando la integración fuera de la envolvente del edificio se ha desarrollado una barrera acústica fotovoltaica para carretera y una cubierta fotovoltaica para invernaderos.

En el proyecto se han validado las soluciones de las distintas demos, basando esta validación en los requisitos constructivos y eléctricos existentes, pero focalizando la validación en aquellos aspectos donde se detectan carencias como en el comportamiento mecánico de las soluciones por el hecho de tener elementos activos o las prestaciones frente al fuego de un producto con elementos adicionales a los que están presentes en el producto homólogo no activo.

#### **5. Abordando carencias normativas: Adaptación del ensayo SBI para productos BIPV**

Dado que la reacción al fuego es una medida de protección pasiva destinada a limitar la ignición del material y la propagación de la llama en la fase inicial de un incendio, es fundamental que los métodos de ensayo reflejen con precisión el comportamiento de los productos BIPV innovadores.

Actualmente, el ensayo de SBI (Single burning Item definido por EN 13823:2021+A1:2023 - Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción. Productos de construcción, excluyendo revestimientos de suelos, expuestos al ataque térmico provocado por un único objeto ardiendo) [8] es el método principal según la clasificación EN 13501-1:2019 - Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego [9]. No obstante, este ensayo fue diseñado originalmente para escenarios de incendio en interiores, a pesar de que la normativa actual lo hace obligatorio para productos aplicados en el exterior del edificio, y no contempla los nuevos riesgos asociados a productos innovadores.

En este contexto, se ha identificado que las normas vigentes no contemplan las variables específicas de los sistemas BIPV ni las realidades de su proceso de fabricación. Existe un vacío normativo crítico respecto a los componentes eléctricos y electrónicos como las cajas de conexiones y cableado, ya que, aunque se ensayan bajo normas individuales, no se define cómo deben probarse conjuntamente en condiciones de uso real una vez integrados en el producto final.

En consecuencia, el objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología validada para ensayar productos BIPV que especifique la posición de las cajas de conexiones y los cables en el ensayo de SBI, creando una propuesta para el anexo a la norma EN 50583-1 [4].

Para alcanzar este objetivo, se ha definido la siguiente hoja de ruta: Caracterización del ensayo SBI; Análisis del impacto de las cajas de conexiones y cables; Evaluación del posicionamiento de dichos elementos; Desarrollo de la metodología y Validación.

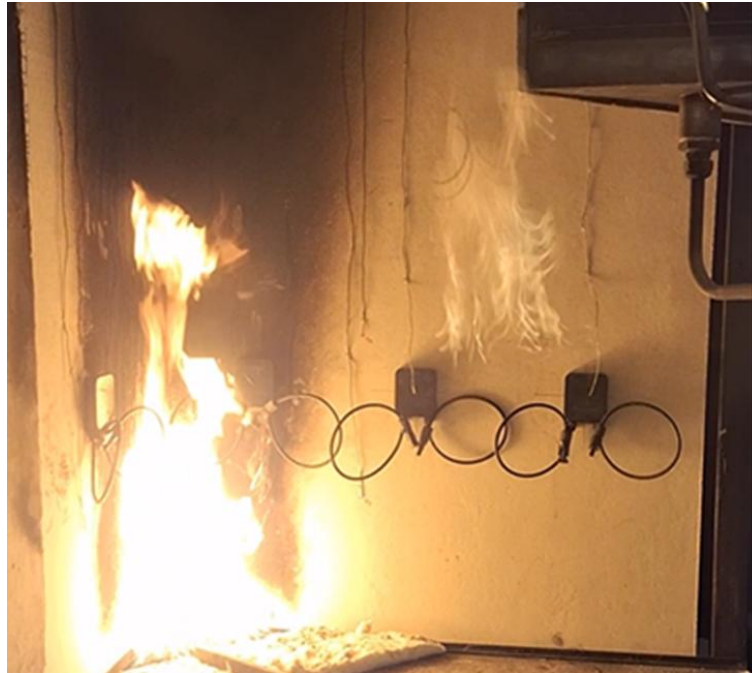


Figura 1. Las cajas de conexiones y los cables en el ensayo SBI (Single Burning Item)

## 6. Colaboración internacional – MASS-IPV

El proyecto MASS-IPV continúa avanzando en la integración fotovoltaica mediante demostradores reales y el desarrollo de nuevas metodologías de seguridad y evaluación de riesgos.

Los demostradores abarcan múltiples aplicaciones, incluyendo una fachada opaca fotovoltaica en un edificio industrial, una barrera acústica fotovoltaica para entorno ferroviario, una cubierta vegetal con lamas fotovoltaicas, una ventana fotovoltaica en un edificio público multiuso y una fachada ventilada fotovoltaica en un edificio industrial.

Al igual que en el proyecto Seamless-PV se han explorado tanto el ámbito de generación de energía como las prestaciones constructivas de los productos BIPV desarrollados. Se han estudiado prestaciones mecánicas como el comportamiento frente a impacto de granizo o las prestaciones de reacción al fuego de elementos activos.

## 7. Abordando carencias normativas - Evaluación de riesgos de incendio en instalaciones fotovoltaicas por arcos eléctricos

Los sistemas BIPV presentan peculiaridades técnicas que los diferencian sustancialmente de los materiales de construcción tradicionales. Su naturaleza activa introduce riesgos inherentes, inexistentes en la edificación convencional y que, hasta la fecha, no han sido plenamente contemplados en las normativas de seguridad, siendo el caso más crítico la generación de arcos eléctricos en los conectores de los sistemas fotovoltaicos.

Este riesgo específico no se encuentra integrado en el marco del ensayo BROOF (CEN/TS 1187:2013 - Métodos de ensayo para cubiertas expuestas a fuego exterior) [10], el cual forma parte de la normativa europea EN 13501-5:2019 (Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 5: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de cubiertas ante la acción de un fuego exterior) [11]. Si bien dicha norma evalúa la capacidad de respuesta de las cubiertas frente a un incendio externo, omite el riesgo derivado de una fuente de ignición originada internamente en la propia cubierta fotovoltaica.

En consecuencia, el núcleo de esta investigación consiste en analizar cómo un arco eléctrico puede actuar como detonante de un incendio en los sistemas de cubierta. Se ha identificado una carencia normativa crítica: la ausencia de una metodología estandarizada que permita simular el escenario térmico provocado por un arco eléctrico para evaluar la respuesta integral del producto BIPV.

Por tanto, el objetivo central de este trabajo es la generación de un escenario de incendio representativo de la falla de un conector, evaluando así la resistencia del producto completo. Para lograrlo, se propone el desarrollo de un método de ensayo que sustituya la fuente de ignición estándar por una fuente de calor equivalente y repetible que simule con precisión la energía de un arco eléctrico.

Para alcanzar este objetivo, se ha definido la siguiente hoja de ruta: Análisis de causas de incendios en cubiertas FV; Caracterización del arco eléctrico en serie en conectores y del incendio resultante; Identificación y validación de una fuente de calor equivalente y repetible; Desarrollo de la metodología de ensayo y Validación.

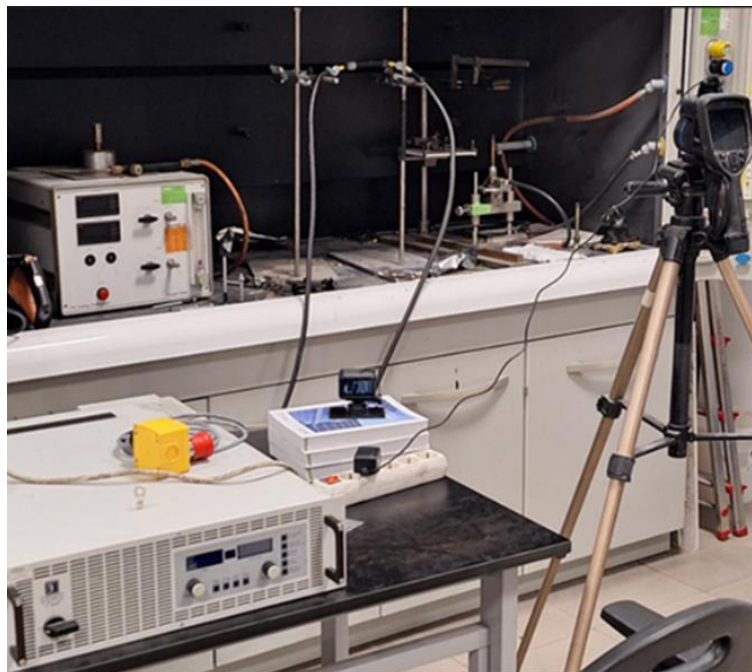


Figura 2. Ensayo de arco eléctrico en un conector

## 8. Agradecimientos

Este trabajo ha recibido financiación del programa Horizon Europe de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención N°1011352996 (MASS-IPV) y N°101096126 (SEAMLESS-PV) y del Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI). Además, los autores agradecen a Fabio Parolini sus aportaciones técnicas y discusiones científicas, que contribuyeron significativamente al desarrollo de este estudio.

## 9. Conclusiones

La integración fotovoltaica en edificios e infraestructuras representa una oportunidad estratégica para acelerar la transición energética y avanzar hacia modelos constructivos más sostenibles y eficientes.

Sin embargo, el desarrollo del sector requiere superar importantes retos tecnológicos, regulatorios y de estandarización. La colaboración internacional entre centros tecnológicos, industria y organismos de investigación resulta fundamental para impulsar soluciones innovadoras y facilitar su llegada al mercado.

Los proyectos europeos Seamless-PV y MASS-IPV muestran cómo la investigación aplicada y la validación en demostradores reales pueden contribuir al desarrollo de nuevos productos, metodologías de ensayo y marcos normativos adaptados a las necesidades específicas del BIPV.

En los próximos años será clave consolidar un marco regulatorio propio que permita evaluar de manera conjunta los requisitos eléctricos y constructivos de estas soluciones, garantizando así la seguridad, la calidad y la competitividad de la tecnología BIPV.

## 3 Referencias

- [1] Unión Europea (2014). Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, relativa a la comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión (Directiva de Baja Tensión – LVD). Bruselas, Bélgica: Comisión Europea.
- [2] International Electrotechnical Commission (IEC) (s.f.). Normas IEC internacionales para sistemas eléctricos y electrónicos. Ginebra, Suiza: International Electrotechnical Commission (IEC).
- [3] Unión Europea (2011). Reglamento (UE) n° 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción (CPR). Bruselas, Bélgica: Comisión Europea.
- [4] CENELEC (2016). EN 50583-1: Sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV). Parte 1: Módulos. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).
- [5] CENELEC (2016). EN 50583-2: Sistemas fotovoltaicos integrados en edificios (BIPV). Parte 2: Sistemas. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).
- [6] International Electrotechnical Commission (IEC) (2020). IEC 63092: Photovoltaics in buildings – Building-integrated photovoltaic modules (BIPV) – Requirements and test methods. Ginebra, Suiza: International Electrotechnical Commission (IEC).
- [7] International Organization for Standardization (ISO) (s.f.). ISO 18178: Norma internacional (especificación según aplicación). Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization (ISO).
- [8] CEN (2023). EN 13823:2021+A1:2023: Ensayos de reacción al fuego de productos de construcción expuestos al ataque térmico de un único objeto ardiendo (SBI). Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización (CEN).
- [9] CEN (2019). EN 13501-1:2019: Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción. Parte 1: Clasificación a partir de ensayos de reacción al fuego. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización (CEN).
- [10] CEN (2013). CEN/TS 1187:2013: Métodos de ensayo para cubiertas expuestas a fuego exterior. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización (CEN).



[11] CEN (2019). EN 13501-5:2019: Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción. Parte 5: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de cubiertas ante fuego exterior. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Normalización (CEN).