



BIPV: Paneles fotovoltaicos integrados

Introducción al estatus del mercado en Europa

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania



Edición:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:

Proyecto NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile
T +56 22 30 68 600
I www.giz.de

Responsable:

Stephan Remler, Daniel Almarza

En coordinación:

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile
T +56 22 367 3000
I www.minenergia.cl

Título:

BIPV – Paneles fotovoltaicos integrados – Introducción al estatus del mercado en Europa.

Autor:

Stephan Franz, Büro F
www.burof.de

**Aclaración:**

Esta publicación ha sido preparada por encargo del proyecto “NAMA: Energías Renovables para Autoconsumo” implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB). Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

Santiago de Chile, enero de 2018

Índice

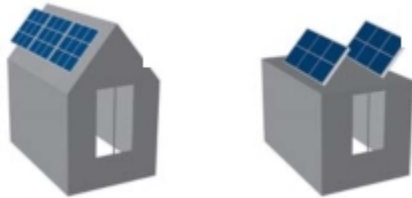
1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES	4
2. PRODUCTOS BIPV.....	5
3. PRECIOS BIPV	6
4. MARCO REGULATORIO.....	9
5. CONCLUSIÓN.....	10
LITERATURA	11

1. Introducción y definiciones

Las plantas fotovoltaicas integradas no solo generan energía eléctrica, también cumplen una parte fundamental del edificio como el techo o la fachada. O, desde un punto de vista arquitectónico: “Building-Integrated Photovoltaics” (BIPV) se refiere a sistemas y conceptos en los que el elemento de construcción tiene una función adicional, en este caso, producir electricidad. En la literatura se encuentran varias definiciones de BIPV, en ámbitos internacionales y también en sistemas nacionales de feed-in tariffs. La definición básica distingue entre instalaciones FV aplicadas (BAPV por sus siglas en inglés) y sistemas integradas (BIPV):

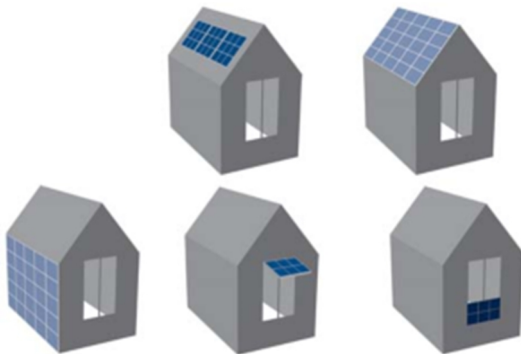
BAPV – Building-Applied Photovoltaics

Las instalaciones fotovoltaicas aplicadas son placas que se agregan a la estructura del edificio. Los módulos se fijan por ejemplo mediante sistemas de montaje sobre el techo.



BIPV – Building-Integrated Photovoltaics

Las instalaciones fotovoltaicas integradas son placas que sustituyen a otro componente de la construcción. Por lo tanto, los módulos BIPV deben proporcionar resistencia mecánica, regulación térmica o cumplir con una función arquitectónica estética.



Fuente: Franz, 2009, p. 6.





Este informe tiene como objetivo dar un primer resumen del estado de arte de sistemas fotovoltaicos integrados. En la próxima sección (2) se da una reseña de los productos BIPV existentes, seguido por indicadores de precios actuales (3). El cuarto capítulo (4) describe brevemente el complejo marco regulatorio para dichos sistemas entre las leyes del sector eléctrico y los requerimientos y códigos de construcción. En conclusión (5), se puede decir que hasta ahora falta que sea escalable y fácil de instalar. Sin embargo,

con el lanzamiento de las techumbres solares por parte de Tesla, esto puede cambiar en los próximos años.

2. Productos BIPV

Se puede sistematizar el rango de productos BIPV existentes según el tipo del sistema de montaje y el tipo de paneles fotovoltaicos, como se puede observar en la siguiente figura. La manera más simple de integrar paneles es usar paneles estándar con un sistema de montaje que reemplaza las tejas existentes (1). las soluciones que requieren paneles especiales como azulejos solares (2), paneles semi-transparentes o colorados (3), o laminados flexibles de capa fina (4) son menos estandarizadas.

Figura 1: Clasificación de productos BIPV

<p>(1) sistemas de montaje integrados en el techado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los módulos PV estándar están integrados en techos inclinados. 	
<p>(2) azulejos solares/ aplicaciones rígidas integradas al techado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los diseños de tejas BIPV se entrelazan con tejas. 	
<p>(3) paneles semi-transparentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> Capa fina o módulos cristalinos que sirven como soluciones de acristalamiento, admitiendo fachada, ventana y techo o elementos de sombreado como cobertizos para autos. 	
<p>(4) laminados flexibles de techado</p>	<ul style="list-style-type: none"> Capas finas (a-Si, CdTe, CIS) se depositan en láminas metálicas (aluminio, cobre o acero inoxidable) o polímeros. 	

Fuente: Franz, 2009, p. 69.

Otros usos de los paneles integrados pueden verse en ciclovías solares y rutas solares, aplicaciones que en este momento se encuentran en la fase piloto con unas pocas instalaciones en Europa. Con el boom de la movilidad eléctrica, se puede esperar que garajes y cobertizos para autos con paneles fotovoltaicos jueguen un papel más importante en el futuro. Hasta ahora, existen productos relevantes, pero la demanda sigue siendo baja.

Se encuentra una buena reseña de proveedores europeos de productos BIPV en este estudio, p. 22-31: [SUPSI, Building integrated Photovoltaics, Report 2017](#) (pdf).

En octubre de 2016, el anuncio del lanzamiento de techos solares por Tesla dio un impulso importante a la discusión sobre la BIPV. Las techadas solares ya existen hace

años, pero hasta ahora ninguno de los proveedores existentes logró un descubrimiento. Mucho antes de que Elon Musk lanzara el Solar Roof de Tesla, la empresa Dow anunció con mucha fanfarria en 2009 que su sistema Powerhouse Solar Shingles revolucionaría la forma en que los consumidores compraban e instalaban sistemas solares. Desafortunadamente, el sistema nunca llegó a comprenderse, ya que solo se instaló en 1.000 casas antes de que Dow pusiera fin a la empresa a finales de 2016.

Reconocidos proveedores de tejas solares en Europa son:

- [Autarq](#) Solardachziegel (Germany)
- [Ceramic](#) Solar Rooftile (Netherlands)
- [Monier](#) VI90 (Netherlands)
- [QuickStep](#) solar PV by Rheinzink (Switzerland)
- [Solteq](#) Quad38 (Germany)
- [Imerys Toiture](#) (France)

3. Precios BIPV

Los precios de tejas solares son dos a tres veces más altos en comparación a sistemas fotovoltaicos convencionales (BAPV). Si se agrega los costos de inversión para la construcción de un techo nuevo, se puede eventualmente lograr igualar los costos entre las tejas solares con un techo convencional más una planta fotovoltaica. Sin embargo, el rendimiento de energía es un poco más bajo en paneles integrados y, en general, no cuentan con una correcta ventilación. Un panel integrado típico funcionará de, por lo menos, 5 a 10 grados Celsius más que un sistema estándar, por lo que la integración reduce la producción de energía en aproximadamente un 5 por ciento (pv magazine 10/16, p. 43). Estas cifras pueden variar, y pueden ser mucho más alto en regiones con alta irradiación solar.

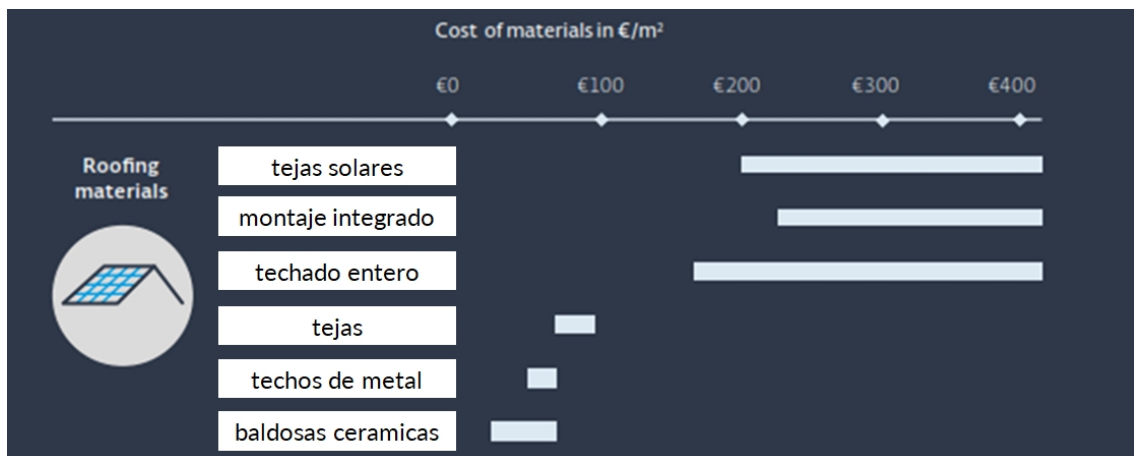
En Suiza, se publicaron en 2014 precios entre 2.000-3.000 EUR/kWp para sistemas BIPV de montaje integrado en el techado (<http://www.bipv.ch/index.php/de/faq>). Esto significa que se puede calcular con costos adicionales de 15-25% para productos BIPV en comparación a productos BAPV.

En el año 2017, una encuesta en línea reveló precios por m² de superficie (vea la Figura 2). El gráfico se refiere al costo final de una construcción completa del techo, incluido el montaje, el transporte y otros costos adicionales, sin IVA. Este costo incluye tanto el techo como el sistema de montaje (abrazadera, ductos metálicos, etc.). Muestra un rango de precio significativo para los diferentes materiales de techado convencionales. En las tejas convencionales, el precio del hormigón y las baldosas cerámicas suele oscilar entre 25 €/m² para baldosas de hormigón baratas y casi 60 €/m² para baldosas cerámicas más caras (en el gráfico: "Rooftiles"). Esto se puede explicar por el tipo y la marca de teja utilizada. Además, el tamaño del techo y el costo del instalador tienen un impacto en el precio por metro cuadrado. Investigando las tejas del techo, el rango de precios también es amplio y varía entre casi 60 €/m² a 90 €/m² ("Slates"). Los diferentes materiales juegan un papel importante. Para techos de metal ("Metal roof"), el rango de

precios puede explicarse principalmente por el grosor del metal y la forma en que se terminan. Las hojas de metal desengrasadas y pintadas son más caras.

Los productos BIPV sobre techo tienen un precio promedio de 200 €/m² por encima de los productos de techo convencionales (esto es el costo adicional del sistema FV). Estos costos adicionales deberían ser pagados por las ventas de electricidad.

Figura 2: Costo de materiales BIPV para aplicaciones sobre techo en comparación a materiales convencionales para cubrir techos (EUR/m²)



Fuente: Supsi 2017, p. 63

El siguiente gráfico (Figura 3) se refiere específicamente al costo del revestimiento, es decir, la capa de material exterior que representa la pared exterior. Los costos de las subestructuras, fijaciones y aislamiento están excluidos para el material de construcción convencional. En el caso de los muros cortina se incluye el costo de todo el sistema (incluidos los elementos de montaje y sombreado). La Figura 3 muestra los resultados del análisis de precios (€/m²) que compara materiales de sistemas de fachada convencionales con algunos revestimientos BIPV. El precio se define como el precio del usuario final y se mide en €/m². Las tecnologías de fachadas convencionales incluyen ladrillos, madera, revestimiento de piedra de alta calidad y muros cortina. Los precios van desde 60-110 €/m² para una fachada de piedra de ladrillos hasta 1.100 €/m² para un muro cortina especial (por ejemplo, fachada autoiluminada, interactiva, etc.). El precio del panel de revestimiento BIPV varió de 100-150 €/m² para una fachada de capa fina fotovoltaica (con una subestructura muy simple y una tecnología solar de baja eficiencia, normalmente proporcionada como panel estándar) a 500 €/m² para un módulo cristalino de alta gama. La amplia gama de precios está principalmente vinculada a diferentes productos disponibles, incluidos los componentes personalizados.

Figura 3: Costo de materiales BIPV para aplicaciones integradas a la fachada en comparación a materiales convencionales (EUR/m²)



Fuente: Supsi 2017, p. 63

Financieramente, un sistema BIPV se vuelve factible en casos cuando BIPV reemplaza los elementos de revestimiento de edificios convencionales (muros cortina, mármol, etc.) y la rentabilidad se puede demostrar teniendo en cuenta todo el sistema envolvente del edificio, p. ej. al utilizar elementos prefabricados o soluciones integradas que permiten optimizar el costo el tiempo y la complejidad de la instalación. En este caso, los costos técnicos y de proceso se pueden evaluar juntos. En un sistema de fachada (fachada de pantalla de lluvia, muro cortina, etc.), el costo BIPV se ve fuertemente afectado por factores de construcción específicos que son los principales impulsores de la relación costo-efectividad y no se puede generalizar fácilmente. Además, el costo de un sistema de fachadas unitarias BIPV, que incluye el suministro de todos los elementos de revestimiento, subestructuras, fijaciones, uniones, conexiones en puntos especiales, etc. (excluyendo el aislamiento), así como la construcción necesaria y el equipo eléctrico (y generalmente también la instalación del sistema en sí), no se puede comparar con los casos en que el revestimiento BIPV es autónomo (se puede quitar o reemplazar) del resto del sistema de fachada (por lo general, este es el caso de un módulo BIPV que puede ser montado como un revestimiento de fachada). En el segundo escenario, el precio es más similar a un módulo PV convencional.

4. Marco regulatorio

La mayoría de los sistemas de promoción FV en Europa no valoran los costos adicionales de sistemas BIPV. El ejemplo más conocido es Francia, donde existe un bono para sistemas integrados. Sin embargo, Francia está en el proceso de disminuir el bono para sistemas integrados hasta septiembre de 2018 por 0,75 ctv.EUR/trimestre. Anteriormente, las plantas integradas al techo recibieron casi el doble de feed-in tariff que las plantas convencionales.

Sistema feed-in tariff de Francia (enero de 2018)

Tamaño de la planta	Remuneración FIT	Bono para integración
0-3 kWp	18,48 ctv.EUR/kWh	+3 ctv.EUR/kWh
3-9 kWp	15,71 ctv.EUR/kWh	+3 ctv.EUR/kWh
9 - 36 kWp	12,07 ctv.EUR/kWh	-
36 – 100 kWp	11,36 ctv.EUR/kWh	-

Solo Suiza mantiene un subsidio adicional de 0,021 CHF/kWh (0,019 EUR/kWh) para instalaciones BIPV en comparación a plantas BAPV. La tarifa es 0,137 CHF/kWh (0,128 EUR/kWh) de feed-in tariff para plantas BAPV convencionales, y 0,158 CHF/kWh (0,147 EUR/kWh) para plantas BIPV (fuente: RES Legal).

Otro aspecto que agrega costos a proyectos BIPV son los requisitos de cumplir con normas del sector energético y del derecho de construcción (fuente para las siguientes consideraciones: Rossa/Mayer 2013, p. 2f. Dependiendo del tipo de integración, pueden aplicar las normas para ventanas y fachadas (EN 1435-1, EN 13830 etc.) , además de las normas para la conexión de plantas de generación eléctrica a las redes de distribución. Normalmente, los productos BIPVs son vistos como materiales de construcción que no son cubiertos por las normas y códigos de construcción. Por esto, la aplicación de una placa BIPV muchas veces requiere un permiso individual. Las consideraciones más relevantes con respecto al producto BIPV son:

- estabilidad estructural
- capacidad de carga residual (resistencia a la falla completa de la estructura del edificio)
- durabilidad
- compatibilidad de materiales
- transmisión luminosa
- aislamiento térmico
- protección a la humedad
- protección contra incendios
- protección solar

Según la legislación en el sector de construcción en Alemania, también hay que considerar las siguientes reglas técnicas para la realización de proyectos, aunque no mencionan explícitamente el caso BIPV:

- Las reglas para el uso de acristalamiento montado linealmente (TRLV). Son las reglas más importantes para el diseño de construcciones de vidrio en Alemania.
- Las normas técnicas para el diseño y la ejecución de acristalamientos montados puntualmente (TRPV) tratan el acristalamiento vertical y aéreo, refiriéndose exclusivamente a aspectos de estabilidad y facilidad de servicio.
- Las reglas técnicas para el acristalamiento que evite caídas de personas como elementos de antepecho (TRAV).
- Si se trata de sistemas pegados, hay que considerar también normas especiales como ETAG 002-1/-2.

El proceso de normar sistemas BIPV y el proceso de obtener el permiso de construcción, agrega costos al sistema final. Esto solo puede ser resuelto con un alto nivel de estandarización por el lado de los productos. Muchos actores en los mercados BIPV critican la falta de orientaciones claras en Alemania, como la definición de instrucciones de inspección técnica según el código de construcción para el desarrollo de nuevos productos.

5. Conclusión

Hace años, se está discutiendo opciones para integrar capas fotovoltaicas a la cubierta de edificios, siendo su objetivo principal reemplazar materiales de construcción convencionales por el uso de la superficie del edificio para generar electricidad. A pesar de los esfuerzos, los avances han sido lentos. Adicionalmente empresas reconocidas de este segmento dejaron el mercado BIPV, tales como Uni-Solar, Dow, Schott, Würth Solar, Bosch Solar, Centrosolar, entre otras. La razón principal es la falta de estandarización y la complejidad de dichos sistemas y la falta de claridad y coherencia en el marco regulatorio. Lo que ha dado resultado hasta ahora, y ha generado demanda, han sido los incentivos estatales como bonos adicionales al feed-in tariff para sistemas BIPV como ocurre en Francia, Italia y Suiza. Sin embargo, muchos países que en su tiempo habían introducido dichos bonos los finalizaron con las reducciones de los feed-in tariffs en los últimos años.

El anuncio de Tesla de lanzar tejas solares reanimó la discusión sobre estos productos, ya que en este segmento se puede lograr una estandarización y reducirlos costos. Sin embargo, la competencia por parte del panel FV estándar es grave — es un objetivo móvil, debido a la baja de precios para sistemas FV convencionales.

Literatura

BIPV - Swiss BiPV Competence Centre: <http://www.bipv.ch/index.php/en/>

Franz, Stephan, 2009: BIPV Strategic Marketing Set. Sales Markets and Flexible Thin Film Suppliers, EuPD Research, Bonn.

PV Magazine, 2016: Solar shingles shine again, 10/2016, p. 42-43.

RES Legal: Legal sources on renewable energy, <http://www.res-legal.eu>

Rossa/Meyer 2013: Planung und Anforderungen an gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV), https://www.ift-rosenheim.de/documents/10180/131529/FA_ift1308_Rossa_Mayer.pdf/36c59e83-9144-45d3-a422-481ac1a97e24

SUPSI, 2017: University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI), Building integrated Photovoltaics: Product Overview for solar buildings, Status Report 2015: http://repository.supsi.ch/7202/1/160112_BIPV_digitale.pdf