

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

Barreras legales, técnicas y de gestión comunitaria en base a la experiencia de una instalación para uso individual en bloque de viviendas en el marco de un proceso de compra colectiva

Jaume Salom^{1,2}, Jordi Regalés², Olaya Salom³

(1) IREC – Institut de Recerca en Energia de Catalunya, Sant Adrià de Besòs (Barcelona); jsalom@irec.cat

(2) Som Energia Grup Local Terrassa, Terrassa (Barcelona); terrassa@somenergia.coop

(3) IES Montserrat Roig, Terrassa (Barcelona)

Junio 2020



Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	5
Resum.....	5
1 Introducción.....	7
2 El proceso de compra colectiva Impuls Solar Vallès.....	8
3 Descripción técnica de la instalación en bloque de viviendas.....	10
4 Proceso y barreras no técnicas: el punto de vista del usuario.....	12
4.1 Inicio del proceso.....	12
4.2 Aspectos legales en comunidades de propietarios.....	13
4.3 Barreras no técnicas y propuestas de resolución.....	14
4.4 Ejecución y legalización de la instalación.....	16
5 Análisis del funcionamiento operativo.....	18
5.1 Análisis energético.....	18
5.2 Análisis de rentabilidad económica.....	22
6 Conclusiones.....	23
7 Agradecimientos.....	25
8 Referencias.....	26
9 Anexo.....	28

Citar como:

Salom, J., Regalés, J., Salom, O., (2020), Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas. Barreras legales, técnicas y de gestión comunitaria en base a la experiencia de una instalación para uso individual en bloque de viviendas en el marco de un proceso de compra colectiva, Terrassa, Junio 2020.

RESUMEN

La instalación de energía solar fotovoltaica en edificios plurifamiliares existentes, ya sea en instalaciones de autoconsumo compartido o individual se enfrenta a barreras legales, técnicas y de gestión de las decisiones en comunidades de propietarios. En base a la experiencia de una instalación realizada para uso individual en un edificio en el año 2018, el informe analiza con detalle las principales barreras y propone acciones que permitan impulsar instalaciones en comunidades de propietarios. La monitorización detallada durante el primer año de operación ha permitido conocer que el nivel de autoconsumo es del 36% y que la instalación podría amortizarse hasta en 9 años. El proceso descrito se enmarca en una iniciativa de compra colectiva de instalaciones solares fotovoltaicas “llave en mano” que reduce las barreras al desconocimiento técnico que pudieran tener los ciudadanos. Si como sociedad queremos que las cubiertas de los bloques de viviendas puedan contribuir a la mitigación del cambio climático, es necesaria una labor de concienciación que minimice las barreras de gestión en las comunidades de propietarios.

ABSTRACT

The installation of solar photovoltaic systems in existing multifamily buildings, for individual or shared generation, face a set of barriers going from legal and technical aspects to the ones related with how decisions are taken in these buildings between dwelling’s owners. Based on a real experience of one photovoltaic system for individual use in a multifamily building in 2018, the current report analyses the main barriers and proposes actions to push photovoltaics in multifamily buildings. The detailed monitoring of the installation in the first operative year shows that the supply cover factor is 36% and the investment could be recovered within up to 9 years. The process was done in the framework of a collective initiative to launch up top 100 turnkey photovoltaic systems showing how this contributed to reduce technical unknowns of the citizens. If the society wants that photovoltaics in multifamily buildings contribute to mitigate climate change, an awareness work is necessary to minimize the barriers that community of owners can pose to individual proposals.

RESUM

La instal·lació d’energia solar fotovoltaica en edificis plurifamiliars existents, ja sigui en instal·lacions d’autoconsum compartit o individual s’enfronta a barreres legals, tècniques i de gestió de les decisions en comunitats de propietaris. En base a l’experiència d’una instal·lació realitzada per a ús individual en un edifici en l’any 2018, l’informe analitza amb detall les principals barreres i proposa accions que permeten impulsar instal·lacions en comunitats de propietaris. El seguiment detallat durant el primer any d’operació ha permet conèixer que el nivell d’autoconsum es del 36% y que la instal·lació podria amortitzar-se en 9 anys. El procés descrit s’emmarca en una iniciativa de compra col·lectiva de instal·lacions solars fotovoltaiques “claus en mà” que redueix les barreres al desconeixement tècnic dels ciutadans. Si, com a societat, volem que els terrats dels blocs d’habitatges puguin contribuir a la mitigació del canvi climàtic, es necessària una labor de conscienciació que minimitzi les barreres de gestió en les comunitats de propietaris.

1 INTRODUCCIÓN

El 70% de las familias en España reside en edificios plurifamiliares y el 92% de los hogares tienen su vivienda en régimen de propiedad [1]. En general, los edificios plurifamiliares se sitúan en tramas urbanas altamente consolidadas. Uno de los caminos para afrontar la mitigación urgente de los efectos del cambio climático es la rehabilitación energética de nuestros edificios y la integración de sistemas de generación de energía renovable. La instalación de energía solar fotovoltaica en espacios de cubierta disponible es una opción tecnológicamente madura y demostrada en innumerables proyectos y en diversas tipologías de edificios. De hecho, el Código Técnico de la Edificación en España (CTE) [2] obliga a la instalación de solar fotovoltaica en edificios de uso terciario con una superficie construida mayor a 5.000 m² y muchos proyectos nuevos de edificios residenciales consideran la opción de la fotovoltaica como tecnología para cumplir con los requerimientos de edificio de consumo de energía casi nula.

No obstante, la instalación en edificios plurifamiliares ya construidos no es muy habitual y suele reducirse, en el mejor de los casos, a instalaciones de autoconsumo enfocadas a cubrir el consumo energético de los servicios comunes. Varias son las barreras para que este tipo de instalaciones se vean limitadas; la principal es la barrera legislativa pero también hay numerosas barreras culturales asociadas a la forma que se gestionan las comunidades de vecinos y la ley de la propiedad horizontal, especialmente si es un solo vecino el interesado en la tener una instalación de autoconsumo en su vivienda. En relación a las barreras legislativas, la reciente aprobación del Real Decreto 244/2019 [3] ha cambiado el panorama facilitando y simplificando que los ciudadanos puedan acogerse a modalidades de autoconsumo con excedentes con mecanismos de compensación entre la energía eléctrica exportada (vertida a la red) e importada (consumida de la red). El citado Real Decreto también abre la posibilidad de que varios consumidores de energía eléctrica puedan compartir la energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación próximas, lo que se conoce como "autoconsumo compartido". En este contexto, iniciativas de compra colectiva de instalaciones de generación de energía fotovoltaica permiten que potenciales ciudadanos sensibilizados e interesados puedan de forma sencilla superar las barreras técnicas y de gestión asociadas a una tecnología, en muchos casos desconocida. Hay ejemplos exitosos de estas iniciativas que se van extendiendo en nuestra sociedad y que en última instancia permiten poner en contacto a los ciudadanos con el tejido empresarial especializado. Las barreras asociadas a la gestión comunitaria entre vecinos ha sido un aspecto poco analizado y tratado, en particular, en el caso de familias de viviendas en un edificio plurifamiliar interesadas en disponer de una instalación de autoconsumo.

El presente informe pretende describir y analizar, basándose en un caso de estudio, las distintas barreras que deben superarse por una familia interesada en disponer de una instalación de autoconsumo individual en un edificio comunitario. El caso analizado corresponde a una familia de 4 miembros que promueven una instalación fotovoltaica de

1.65 kWp para su uso individual en un edificio plurifamiliar de seis viviendas en la ciudad de Terrassa (Barcelona). El proceso, con la característica particular de formar parte del proceso de compra colectiva Impuls Solar Vallès tuvo lugar durante el año 2018 quedando la instalación legalizada en Febrero de 2019. La instalación se acogió al régimen de compensación simplificada de excedentes en Diciembre de 2019. La primera sección describe la iniciativa de compra colectiva Impuls Solar Vallés impulsada por la cooperativa Som Energia. La segunda sección describe técnicamente la instalación y la tercera analiza el proceso desde el punto de vista del usuario, con especial atención en describir las barreras no tecnológicas asociadas al proceso. La instalación ha sido monitorizada con detalle y se presenta un análisis de los rendimientos energéticos y económicos de la instalación, comparando los resultados económicos en escenarios con compensación y sin compensación de excedentes. Se calculan con detalles los niveles de autoconsumo y se muestran ejemplos del comportamiento en varias semanas significativas a lo largo del año. Por último, el apartado de conclusiones, discute algunos de los aspectos analizados y apunta recomendaciones que faciliten la integración de sistemas de energía fotovoltaica en edificios plurifamiliares existentes.

2 EL PROCESO DE COMPRA COLECTIVA IMPULS SOLAR VALLÈS

Impuls Solar Vallés fue la primera iniciativa de compra colectiva de 100 proyectos de autoproducción fotovoltaica dirigida a socios de la cooperativa Som Energia, impulsada por la propia cooperativa y con el apoyo de los grupos locales de Som Energia de Sant Cugat, Rubí, Terrassa, Sabadell i Baix Vallès, y que luego se ha extendido a otros territorios [4]. En el momento de escribir estas líneas (Junio 2020) los procesos de compra colectiva impulsados por Som Energia suman un total de 15 procesos [5] en todo el estado español y está en marcha también la segunda campaña en el Vallés llamada Reimpuls Solar Vallés [6]. El objetivo principal de Som Energia es la de ser un actor de transformación del modelo energético actual hacia un modelo basado en fuentes de energía renovables, que sea eficiente y distribuido. Al considerarse la autoproducción fotovoltaica como un elemento imprescindible para realizar esta transformación, Som Energia promueve estos procesos de compra colectiva como instrumento para facilitar y agilizar la transformación de los ciudadanos de consumidores a generadores de energía renovable.

Impuls Solar Vallés se planteó como la compra conjunta de 100 proyectos "llave en mano" mediante la realización de un concurso entre empresas especializadas para encontrar la mejor oferta de precio y calidad. La propuesta iba dirigida a personas particulares o entidades que dispusieran de cubierta propia (viviendas o locales en la zona del Vallés en la provincia de Barcelona), bien orientada y soleada, y al mismo tiempo tuvieran un consumo eléctrico anual superior a los 2500 kWh. El modelo de proyecto "llave en mano" supone una garantía de cara al usuario al incluir el estudio previo y el asesoramiento del tipo de instalación más adecuado, la instalación y legalización, la puesta en marcha y el

seguimiento. Así mismo contempla una garantía por parte de la empresa instaladora por un periodo de 5 años. La campaña iba dirigida a socios de Som Energia mediante la inscripción por un formulario en la página web de la cooperativa y el pago de 150 € a modo de reserva y garantía de compromiso. Este pago adelantado incluía 50 € destinados a la financiación de la actividad para Som Energia y 100 € a descontar del precio final. En el caso de un informe técnico desfavorable que no hiciera posible la viabilidad de la instalación el importe de reserva se devolvía al socio interesado. Impuls Solar Vallés sigue el ejemplo de otras experiencias como “Oleada Solar” [7] con el fin de demostrar que la manera más efectiva de impulsar instalaciones solares domésticas es sumar un número de clientes importante y cercanos en el territorio, con el objetivo de conseguir precios más competitivos y simplificar las tareas y gestiones de la instalación.

El total de personas inscritas fue de 131 y finalmente se completaron 87 instalaciones, en un total de 28 municipios, localizándose en número absoluto el mayor número de instalaciones en la localidad de Terrassa. Los motivos principales para descartar técnicamente una propuesta de instalación fueron: cubierta en mal estado, débil o de fibrocemento; mala orientación (N, NE, NO) y falta de permisos en el caso de cubierta comunitaria.

La oferta inicial se concibió para instalaciones monofásicas de 1.5 a 5 kWp en cuatro opciones de 1.65, 2.75, 3.85 y 4.95 kWp. Durante el proceso con los socio se incluyó la posibilidad de realizar instalaciones trifásicas (7 del total de 87 instalaciones) así como se planteó cierta flexibilidad para adaptarse a las necesidades de los usuarios como cambiar el modelo de paneles solares por otros de mayor potencia unitaria. Esto condujo a una variedad de 22 tipos de instalaciones diferentes. El 14% de las 87 instalaciones realizadas se equiparon con baterías. En la Tabla 1 se muestra la distribución de las instalaciones realizadas por grupos de potencias. Se observa que sólo tres instalaciones superan los 6 kWp de potencia y que las instalaciones mayoritarias son las que corresponden al kit de 1.65 kWp, suponiendo el 45% del total de instalaciones pero sólo el 26% de la potencia total instalada que totaliza 247 kWp.

Tabla 1. Número de instalaciones, potencia pico total y media por grupos de rango de potencia en la campaña Impuls Solar Vallés

Rangos de potencia (kW)	Número de Instalaciones	Potencia pico total (kW)	Potencia pico media (kW)
< 2.0	39	64.53	1.65
2.0 - 3.0	23	61.58	2.68
3.0 - 4.5	14	53.11	3.79
4.5 - 6.0	8	40.72	5.09
6.0 - 7.5	2	13.20	6.60
> 7.5	1	13.75	13.75
	87	246.89	2.84

El 80% de las instalaciones se instalaron en cubiertas de teja y el resto en otro tipo de cubiertas: planas (13%); pizarra (5%) y chapa (2%). Del análisis de los datos por

localización (sólo en aquellas poblaciones con más de 4 instalaciones) se observa que en poblaciones pequeñas, donde relativamente abundan viviendas unifamiliares (por ejemplo, Sant Quirze del Vallès), el ratio de instalaciones por número de habitantes es mayor que en grandes ciudades (por ejemplo, Terrassa o Sabadell). Ambos datos junto con el diseño y promoción de la campaña corroboran que los clientes de las instalaciones son particulares en vivienda unifamiliar o entidades / locales propietarios de la cubierta. En la campaña Impuls Solar Vallès sólo una instalación se realizó en un bloque de viviendas comunitario, que es la que se describe con detalle en las otras secciones del presente informe. Cabe recordar que la campaña y la gran mayoría de las instalaciones se realizaron con anterioridad al Real Decreto 244/2019 que permite la compensación de excedentes y el autoconsumo compartido.

Tabla 2. Análisis de instalaciones por municipio en Impuls Solar Vallès (sólo municipios con 4 o más instalaciones).

Municipio	Número de instalaciones	Número de habitantes	Número de instalaciones x 100.000 habitantes
Terrassa	18	220 556	8.2
Sant Cugat del Vallès	10	91 006	11.0
Sabadell	7	213 644	3.3
Cerdanyola	5	57 403	8.7
Ametlla del Vallès	4	8 462	47.3
Sant Quirze del Vallès	4	20 141	19.9

3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN EN BLOQUE DE VIVIENDAS

La única instalación para uso individual que se realizó en un edificio de viviendas plurifamiliar en el marco de la iniciativa Impuls Solar Vallès se realizó en la ciudad de Terrassa (Barcelona). Es un edificio con seis viviendas distribuidas en tres pisos a razón de dos viviendas por piso, dos locales comerciales en planta baja y una zona de aparcamiento en planta sótano compartida con otros dos edificios en lo que legalmente se denomina un complejo inmobiliario (Figura 1a). El vecino interesado en la realización de la instalación fotovoltaica posee en propiedad una vivienda en el primer piso de 110 m² útiles en la que reside con su familia de cuatro miembros. El edificio tiene una cubierta de teja a varias aguas a la que se puede acceder a través del casetón de remate de la caja de escaleras y donde se ubica parte de la maquinaria del ascensor de la finca. La instalación se compone de seis paneles fotovoltaicos REC de 275 W de potencia máxima para totalizar 1.65 kWp, siendo la eficiencia de los módulos de 16.70%, según catálogo. Los paneles se montan coplanares con la cubierta sobre la base de una estructura de aluminio (Figura 1b). De esta manera se consigue una perfecta integración con la cubierta con una inclinación de 15°. El campo solar queda orientado a oeste con un azimut de 91° respecto al sur, según se observa en la Figura 1c. El otro elemento técnico principal que complementa la instalación es un inversor SMA Sunny Boy 1.5 de 1.5 kW de potencia nominal. El inversor dispone de un microprocesador de control i de un PLC de comunicaciones que permite

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

obtener datos de funcionamiento de la instalación en tiempo real y enviarlos a un servidor para poder ser analizados a posteriori y que el usuario pueda realizar un seguimiento de la producción solar. El inversor incorpora un sistema de seguimiento que permite al equipo trabajar siempre en el punto de máxima potencia y evitar pérdidas en los periodos de no funcionamiento.



(a)



(b)



(c)

Fig. 1. Vistas de la instalación fotovoltaica. (a) Vista del edificio plurifamiliar; (b) Vista del campo solar orientado a oeste; (c) Vista aérea del complejo inmobiliario y la instalación solar con la finca comunitaria resaltada

4 PROCESO Y BARRERAS NO TÉCNICAS: EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO

La presente sección presenta la experiencia del usuario durante todo el proceso de realización de la instalación desde la toma de decisión hasta su legalización. Particularmente, se detallan las barreras no técnicas asociadas a la particularidad de ser una instalación en un bloque de viviendas, así como las soluciones adoptadas en el caso de estudio que se describe.

4.1 INICIO DEL PROCESO

Desde el punto de vista del usuario, el proceso se desarrolló en diversas fases. Al ser el usuario y propietario de la vivienda socio de la cooperativa Som Energia, tuvo la oportunidad de inscribirse en el proceso de compra colectiva Impuls Solar Vallès que se inició en Mayo del año 2018, después de informarse que requeriría el permiso de sus vecinos para poder completar el proceso y verificar la viabilidad técnica de la instalación. El proceso de inscripción se realizó en el mes de Julio de 2018 y la visita técnica previa con la empresa instaladora se realizó en el mes de setiembre de 2018. Con anterioridad a la visita por parte de la empresa instaladora se remitió por correo electrónico un pre-informe técnico que tiene como objetivo informar a los usuarios interesados del kit más adecuado en función de datos reales de consumo anual, de la ubicación de la vivienda y de los ahorros energéticos esperados. El pre-informe estimó, en este caso, un grado de autoconsumo solar del 27%. Durante la visita técnica se confirmó la viabilidad técnica para realizar la instalación. Se verificaron los siguientes aspectos: espacio en cubierta para la instalación de los captadores, acceso a la cubierta para transporte del material, espacio para la ubicación de inversor y cuadro eléctrico, longitud y paso del cableado a realizar. En cuanto a la ubicación en cubierta de los paneles fotovoltaicos había espacio disponible tanto en la vertiente sur de la cubierta como en la vertiente orientada a oeste, siendo la opción más favorable la orientación sur. La característica del casetón de la caja de escaleras ofrecía la posibilidad de ubicar el inversor y el cuadro eléctrico, así como utilizar los pasos de instalación eléctrica del edificio para bajar con el cableado hasta el primer piso donde se ubica la vivienda del usuario. Desde el casetón se podía acceder directamente a la cubierta a través de una ventana que era suficientemente amplia para permitir el paso de los paneles y evitar métodos más complicados y costosos.

En paralelo a la verificación de los aspectos técnicos, debía proporcionarse por escrito la autorización de la comunidad de propietarios para la realización de la instalación. En el proceso de decisión por parte de una familia sensibilizada con el medio ambiente para la realización de una instalación fotovoltaica en un edificio plurifamiliar varios son las posibilidades a considerar. Por un lado, existen opciones que pasan por involucrar al resto de los vecinos: la primera es la realización de una instalación para los servicios comunes del edificio, normalmente limitados al consumo eléctrico de la iluminación de las escaleras

y el consumo del ascensor; la segunda opción, aún no desarrollada reglamentariamente en España pero contemplada legalmente en el real decreto 244/2019, es la de una instalación de autoconsumo compartido. Las dos opciones pasan por la participación económica del resto de los vecinos en la realización de la inversión: de todos en la primera de las opciones; de algunos en la segunda de ellas. En el momento de realización de la instalación fotovoltaica que se describe en el presente trabajo (2018), el autoconsumo compartido no era una opción legalmente posible. Y la primera opción, es siempre complicada al requerir una inversión por parte de la comunidad de propietarios. Un desarrollo urgente y decidido de la reglamentación de las instalaciones de autoconsumo compartido es necesaria para potenciar y activar este tipo de instalaciones. Por tanto, la barrera no técnica más importante representa la aprobación por parte del resto de vecinos.

4.2 ASPECTOS LEGALES EN COMUNIDADES DE PROPIETARIOS

La normativa que regula las comunidades de propietarios en Catalunya, comunidad autónoma con cierta capacidad legislativa, es el libro quinto del Código Civil en Catalunya [8] que en su artículo 553.25, punto 2 y subapartado c) requiere la aprobación por mayoría simple de "la ejecución de las obras necesarias para instalar infraestructuras comunes o equipos con la finalidad de mejorar la eficiencia energética". Esto afecta, tanto al caso de las instalaciones para beneficio de la comunidad de propietarios como el caso de instalaciones individuales sobre cubierta comunitaria, pero de uso privativo [9]. En el caso de España, la ley 41/1960 de Propiedad horizontal (revisión vigente desde 6 de marzo de 2019) establece en su artículo 17, punto 1 que "La instalación de las infraestructuras comunes para el acceso a los servicios de telecomunicación regulados en el Real Decreto-ley 1/1998, de 27 de febrero, sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicación, o la adaptación de los existentes, así como la instalación de sistemas comunes o privativos, de aprovechamiento de energías renovables, o bien de las infraestructuras necesarias para acceder a nuevos suministros energéticos colectivos, podrá ser acordada, a petición de cualquier propietario, por un tercio de los integrantes de la comunidad que representen, a su vez, un tercio de las cuotas de participación" [10]. Los complejos inmobiliarios constituidos como agrupación de comunidades gozan, a todos los efectos, de la misma situación jurídica que las comunidades de propietarios y deben regirse por las disposiciones de la ley 41/1960. La motivación de los legisladores en la modificación de los regímenes de mayorías en la ley de propiedad horizontal fue, en su momento, el hecho de no hacer depender actuaciones en materia de rehabilitación, regeneración y renovación urbana de decisiones que se hubieran de tomar por unanimidad o mayorías muy cualificadas [11]. En este sentido, los administradores de fincas tienen un papel y un deber fundamental para asesorar de forma correcta a las comunidades con las que trabajan, siguiendo el espíritu de las leyes establecidas.

4.3 BARRERAS NO TÉCNICAS Y PROPUESTAS DE RESOLUCIÓN

En la experiencia que se describe en el presente informe, se ponen de manifiesto cuales son las reticencias y requerimientos que el resto de vecinos pueden poner antes de votar de forma favorable la autorización de una instalación. Se exponen los argumentos y la propuesta de superar dichas barreras en función del caso estudiado.

Garantías técnicas sobre la instalación.

La comunidad de vecinos requiere de una explicación de los aspectos técnicos del proyecto que puedan afectar a la comunidad y que sea un profesional acreditado y habilitado para la realización de este tipo de instalaciones. Los aspectos que particularmente representan una preocupación para el resto de los vecinos, además de la ubicación de las placas, son los sistemas de anclaje de la estructura de montaje a la cubierta existente para evitar potenciales problemas de filtraciones por agua, la ubicación de los elementos auxiliares, (por ejemplo, el inversor), y los pasos de las conexiones eléctricas y el cableado. La empresa instaladora con la que el usuario-propietario final realiza el presupuesto y la evaluación técnica debe ser capaz de proporcionar la información de forma verbal o con soporte documental, que permitan resolver las dudas planteadas por los vecinos, así como el compromiso de realizar un proyecto técnico.

Responsabilidades derivadas de la ejecución de las obras.

La comunidad de propietarios normalmente exige que cualquier desperfecto derivado de la ejecución de la instalación en los elementos comunes sea asumido por el propietario de la instalación. Se recomienda por tanto que en el contrato que se establezca entre el propietario y la empresa instaladora se establezca una cláusula de garantías por un periodo determinado con el compromiso de corregir aquellos defectos en la instalación derivado de deficiencias en los trabajos de instalación o los materiales aportados.

El impacto visual y estético de las placas fotovoltaicas.

Este suele ser un aspecto sujeto a la subjetividad y opinión de los vecinos que puede entrar en contradicción con la ubicación óptima considerando el rendimiento energético. En el caso que nos ocupa, los vecinos mostraban una alta sensibilidad por este tema y mostraron su desacuerdo con que las placas se ubicarían en una zona de la cubierta orientada a sur por ser visibles desde la calle. Entre el propietario y el resto de vecinos se llegó al acuerdo de ubicarlas en la cubierta orientada a oeste y coplanares a la cubierta. De esta forma, se minimizaba el impacto visual, estimando el propietario que la producción de electricidad estimada sería alta y desplazada hacia la tarde, lo que permitiría un grado de autoconsumo directo mayor, por la dinámica de consumo de la familia.

La disponibilidad de espacio en cubierta para más instalaciones.

Dado que el espacio en cubierta libre de sombras suele estar limitado en los edificios plurifamiliares, se plantea el caso de que, con posterioridad a una primera instalación, algún otro vecino tuviera el deseo de realizar otra instalación. Sin perjuicio de buscar otras alternativas como compartir la instalación ya realizada o ampliarla mediante la posibilidad de realizar un autoconsumo compartido, los vecinos potencialmente interesados pueden pedir la comprobación de que hay espacio suficiente y de condiciones similares en la cubierta para ubicar alguna instalación más del mismo tamaño. En el caso de estudio, fue necesario que el propietario presentase un plano enseñando que en la misma cubierta y con la misma orientación era posible ubicar en un futuro al menos dos instalaciones de tamaño similar.

La contratación de un seguro.

Las comunidades de propietarios disponen de un contrato de seguro que cubre los potenciales daños causados en la finca en aquellos elementos comunes. Al ser la instalación fotovoltaica un elemento de uso privativo en un espacio común, los vecinos pueden exigir que un contrato de seguro a cargo del propietario cubra posibles daños por causas meteorológicas extremas o vandalismo, así como una cláusula de responsabilidad civil. Es aconsejable que el seguro de la vivienda del usuario y propietario se amplíe para incluir las placas fotovoltaicas como parte del continente de la vivienda, especificando su ubicación en la cubierta del edificio. En el caso, que nos ocupa la compañía de seguros no proporcionaba esta posibilidad, por lo que el usuario tuvo que realizar una búsqueda para encontrar compañías aseguradoras que le proporcionaran esta opción, encontrado esta posibilidad en dos de tres compañías consultadas. En cualquier caso, tanto de forma directa como a través de un agente de seguros, requiere explicaciones adicionales al no ser un caso habitual.

El destino de la instalación, en el caso de que el propietario venda su vivienda.

Esta situación necesita establecer un acuerdo con la comunidad de propietarios, al ser este un elemento privativo que la comunidad no tiene que gestionar. En el caso que nos ocupa, el acuerdo estableció que, en el caso de venta de la vivienda, si el nuevo propietario no quisiese hacerse cargo de la instalación, ésta debería ofrecerse a otro vecino por si hubiese algún interesado en asumirla. En caso contrario, el usuario se comprometió a retirarla.

La mayoría de los aspectos esgrimidos por los vecinos que componen la comunidad de propietarios son en la línea de minimizar daños o riesgos durante la instalación o en el futuro. La realización de un proyecto técnico con un profesional adecuado y con garantías asegura al propietario de la instalación dar la respuesta adecuada al primero de los aspectos. Este es uno de los aspectos que se asegura el propietario participando en un proceso de compra colectiva como Impuls Solar Vallés, al realizarse un concurso para

seleccionar a la empresa instaladora. Minimizar los riesgos en el futuro es posible contratando una póliza de seguros adecuada, acción recomendable también en caso de instalaciones en viviendas unifamiliares. Llegar a un principio de acuerdo que quede reflejado en la correspondiente acta de la comunidad sobre qué hacer en un hipotético futuro en que el propietario deje el edificio no suele presentar dificultades.

Los otros aspectos relacionados con la ubicación de las placas fotovoltaicas, su impacto visual, la preservación de los derechos del resto de vecinos a hacer instalaciones similares son aspectos de carácter más subjetivo que requieren un acuerdo y preferiblemente un consenso con los vecinos. En el caso de visiones diferentes, se puede recurrir a esgrimir las mayorías establecidas en las leyes que rigen las comunidades de propietarios.

4.4 EJECUCIÓN Y LEGALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez obtenida la autorización por parte de la comunidad de propietarios, a finales del mes de septiembre de 2018, se firma el contrato entre la empresa instaladora y el particular, la realización del primer pago, la redacción de la memoria técnica necesaria y el inicio de la tramitación ante el ayuntamiento de los trámites relacionados con la comunicación previa e las obras que en algunos casos exige la aportación de documentación complementaria a la comunicación de la misma. En el ayuntamiento de Terrassa es necesario aportar una declaración responsable del técnico competente, una memoria descriptiva de las obras, así como planos del emplazamiento y la distribución de las instalaciones, siguiendo las recomendaciones recogidas en el modelo de ordenanza municipal para la promoción de las instalaciones de autoconsumo de energía solar fotovoltaica aprobado por el grupo de trabajo de administraciones locales de la mesa de impulso del autoconsumo fotovoltaico en Catalunya promovida por el Institut Català de Energia [12] [13]. Con carácter general, se pueden iniciar las obras desde el momento de presentación de la comunicación previa y la documentación requerida. Todo el proceso desde la firma del contrato hasta la puesta en marcha de la instalación tuvo una duración inferior a dos meses, quedando la instalación funcionando el día 27 de noviembre de 2018.

La instalación se realizó en dos días de trabajo. El aspecto de la instalación que requirió un especial esfuerzo fue encontrar la solución para conectar el inversor y el cuadro de protecciones, desde la cubierta hasta la vivienda situada en el primer piso. Se encontró un paso de instalaciones comunes que comunica el cuadro de contadores (sito en la planta baja) con el resto de rellanos de la finca y llega al casetón de la cubierta donde se encuentra también la maquinaria y el cuadro eléctrico del ascensor de la finca. El paso de los cables exigió mucho esfuerzo principalmente por dos razones. La primera es que los cajetines de paso estaban poblados de cableado eléctrico y de telecomunicaciones. Además de pasar la conexión eléctrica entre el cuadro de la instalación y el cuadro eléctrico en el interior de la vivienda, debía pasarse conjuntamente un cable de comunicaciones ethernet entre el inversor y el router de la vivienda. Al estar el inversor tres plantas por encima de la vivienda, se prefirió no confiar en la cobertura de la WiFi, pero al tener que salvar tanta distancia el grosor del cable de comunicaciones es mucho más grande que el diámetro del

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

cable eléctrico. Las dificultades para asegurar el paso de los cables fueron más por el grosor de los cables de comunicaciones para que el inversor tuviera acceso a internet que el grosor del cable eléctrico (Figura 2).

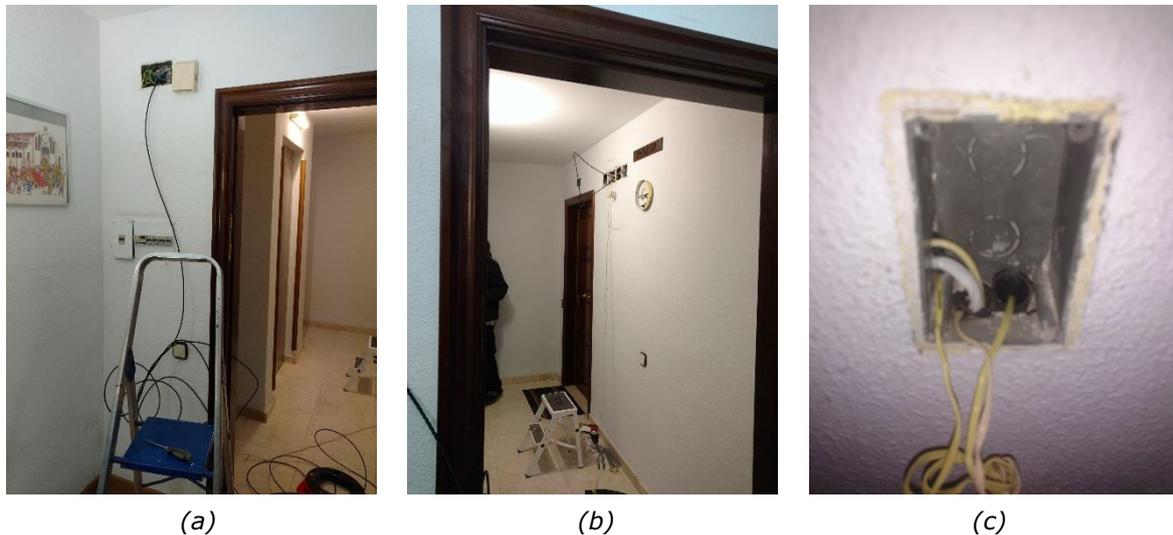


Fig. 2. (a) y (b) Detalles de los pasos de cableado hasta la vivienda y rellano del primer piso por cajetines de pasos de instalaciones. (c) Detalle del paso de cableado de ethernet para conexión entre router e inversor (cable grueso).

Todo el proceso de legalización se completó durante los meses de enero y febrero de 2019, incluyendo las comunicaciones de final de obra y la inscripción en el Registro de Autoconsumo de Catalunya (RAC). Todos los pasos administrativos para la completa legalización son guiados por parte de la empresa instaladora dentro del servicio integral que ofrece. El coste completo de la instalación en el formato llaves en mano (3924.23 €, con el IVA incluido) hay que añadirle la tasa autonómica por la legalización de la instalación (32.80 €) y la tasa municipal por la obra (97.19 €).

Otra de las medidas que los ayuntamientos adoptan para fomentar el uso de las energías renovables es la bonificación del Impuesto de Bienes Inmuebles (IBI). En el caso del Ayuntamiento de Terrassa, la bonificación es para un periodo de cinco años en diversos grados en función del tipo de instalación. La ordenanza municipal distingue entre viviendas unifamiliares (bonificación del 50%) y edificios plurifamiliares entiendo una instalación para los servicios comunes previendo una bonificación del 5% del impuesto para cada una de las viviendas del edificio, siempre que la producción fotovoltaica anual supere el 30% del gasto energético anual. El trámite de petición es sencillo y se puede realizar de forma electrónica, pero fue en su momento necesario especificar la solicitud de la bonificación máxima al tratarse de una instalación para uso individual, aunque estuviese instalada en un edificio plurifamiliar, aspecto no contemplado de forma específica en la ordenanza municipal. El trámite iniciado en febrero de 2019 se completó por parte del ayuntamiento en noviembre de 2019, tras recibir la visita en el mes de mayo de 2019 del servicio de

medio ambiente y sostenibilidad que debía emitir un informe favorable sobre la validez y efectividad de la instalación realizada.

5 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO OPERATIVO

La presente sección muestra los resultados del funcionamiento de la instalación durante el primer año de operación. Para ello se ha dispuesto de las facturas mensuales del consumo eléctrico, los datos de consumo neto de la vivienda a través del portal edistribución [14], con resolución horaria, y los datos de producción fotovoltaica a través del portal Sunny Portal [15], con resolución cuarto-horaria. Además, y por un periodo de 3 meses (Diciembre 2018 - Febrero 2019) se pudo realizar una monitorización detallada del consumo eléctrico total de la vivienda y la producción fotovoltaica con una resolución de medición de 10 segundos. Finalmente, se hace un análisis de la rentabilidad económica de la instalación.

5.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

La Figura 3 compara, en base mensual, el consumo energético del año 2018 con el del 2019 así como la producción de energía fotovoltaica. El consumo eléctrico total anual de la vivienda en el año 2018 fue de 3087 kW·h que supone sólo el consumo de iluminación y electrodomésticos. La producción de energía fotovoltaica en el año 2019 fue de 2227 kW·h. En cambio, sólo una parte de esta energía fotovoltaica es simultánea al consumo en la vivienda y por tanto autoconsumida (806 kW·h que equivale a un 36% de la producción fotovoltaica) lo que supone un ahorro energético de un año a otro de un 26%. La energía fotovoltaica generada y no autoconsumida (en este caso, un 64%) se exporta a la red eléctrica.

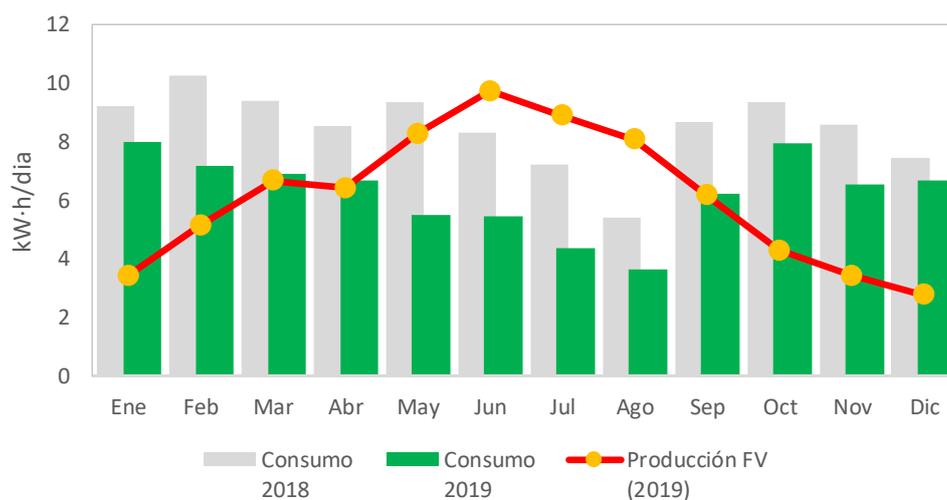


Fig. 3. Consumo eléctrico y producción fotovoltaica mensuales en el primer año completo de operación (2019). Comparación con el consumo eléctrico en el año 2018. Unidades en kW·h/día.

La ecuación (1) permite el cálculo de la fracción de energía fotovoltaica autoconsumida en relación al consumo total, también llamado factor solar, y requiere para hacerlo con precisión de al menos datos horarios [16]. De forma complementaria, el factor de autoconsumo (ecuación (2)), relaciona la energía autoconsumida con la fotovoltaica producida. Aunque haya meses en que la producción de energía sea superior al consumo de la vivienda, el hecho de que no sea coincidente de forma total las horas en que se consume energía y la que se produce, hace que cierto tiempo se exporte energía a la red. Esto incluso ocurre en aquellos periodos en que la energía producida es menor. Para ejemplificarlo, la Figura 4 muestra los resultados de monitorización de una semana del mes de febrero: con una resolución de 15 minutos se muestra la curva de consumo y la producción fotovoltaica. Por ejemplo, se puede observar que en el primer y el quinto día no hay consumo en las horas donde sí hay producción. El cálculo aporta un valor de factor de cobertura solar del 23% y de factor de autoconsumo del 50%. También se observa en la Figura 4 la curva de duración del intercambio de energía neto de la vivienda con la red eléctrica. Los valores positivos indican el tiempo en que la vivienda está importando energía y los valores negativos aquellos momentos en que la vivienda está exportando energía al haber un exceso de fotovoltaica. Se representan tres curvas calculadas con una resolución de los datos diferente: 1 minuto, 15 minutos y una hora. Se observa que la fracción de tiempo que se está exportando energía es de un 25% (22% si se calcula con un paso de una hora). Tal y como se demuestra en [17] el efecto suavizado que produce agregar y hacer los cálculos con el paso de tiempo de una hora hace que se pierda precisión. Esto también es observable en los valores máximos de energía consumida: 5.2 kW ($\Delta t=1$ min); 4.1 kW ($\Delta t=15$ min); 2.8 kW ($\Delta t=60$ min)

$$\gamma_{supply} = \frac{\int \min [g(t), l(t)] dt}{\int g(t) dt} \quad (1)$$

$$\gamma_{load} = \frac{\int \min [g(t), l(t)] dt}{\int l(t) dt} \quad (2)$$

donde:

γ_{load} factor solar

γ_{supply} factor de autoconsumo

g generación/producción fotovoltaica

l consumo eléctrico de la vivienda

t tiempo

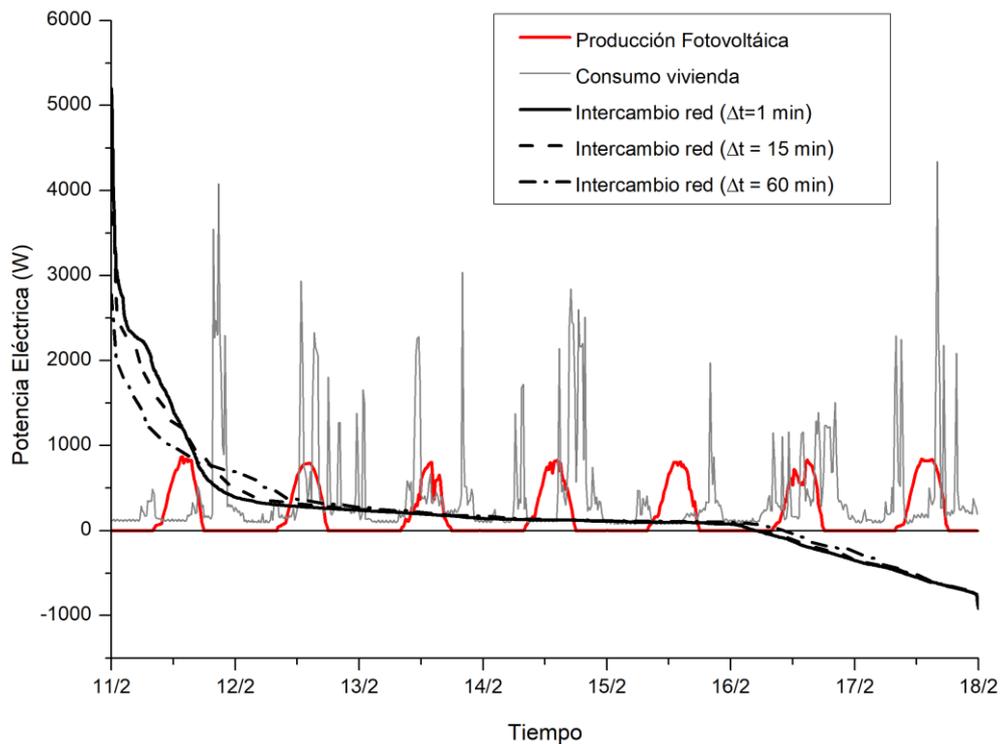


Fig. 4. Consumo eléctrico y producción fotovoltaica en semana de Febrero de 2019. Curvas de duración del intercambio neto de energía con la red calculadas con paso de tiempo de 1, 15 y 60 minutos.

El diferente comportamiento a lo largo del año se puede observar en la Figura 5 y en los datos de la Tabla 3. La Figura 5 muestra las curvas de duración de la energía intercambiada con la red en tres semanas diferentes y extremas del año: una semana del mes de diciembre, una semana del mes de febrero y una semana del mes de agosto donde los ocupantes de la casa estaban de vacaciones y por tanto sólo hay el consumo de stand-by del frigorífico (consumo máximo de 173 W). Se observa que en la semana del mes de agosto se exporta el 91% de la energía fotovoltaica producida durante el 50% del tiempo, mientras que en la semana de Diciembre seleccionada sólo se exporta energía durante un 14% del tiempo de la semana. La Tabla 3a muestra los balances energéticos para las tres mismas semanas, así como los valores del factor solar y el factor de autoconsumo y las potencias máximas intercambiadas con la red: energía o potencia importada cuando es electricidad consumida de la red (valores positivos); energía exportada cuando los excedentes de la producción fotovoltaica se vierten a la red (valores negativos). Analizando los datos de las semanas de Diciembre y Agosto se pueden ver los dos comportamientos extremos. En una semana con un consumo habitual (9.63 kW·h/día, valor medio de la semana) y poca producción fotovoltaica (1.93 kWh/día), sólo aprovecha el 59% de la energía fotovoltaica producida,

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

exportándose a la red el resto. En el caso de la semana de agosto con un consumo en la vivienda mínimo (1.48 kW·h/día), aunque el balance energético global es claramente negativo se continua necesitando importación de electricidad de la red en las horas donde no hay radiación solar (0.75 kW·h/día): sólo se autoconsume un 9% de la energía renovable que se produce que supone la mitad del consumo eléctrico (factor solar = 50%).

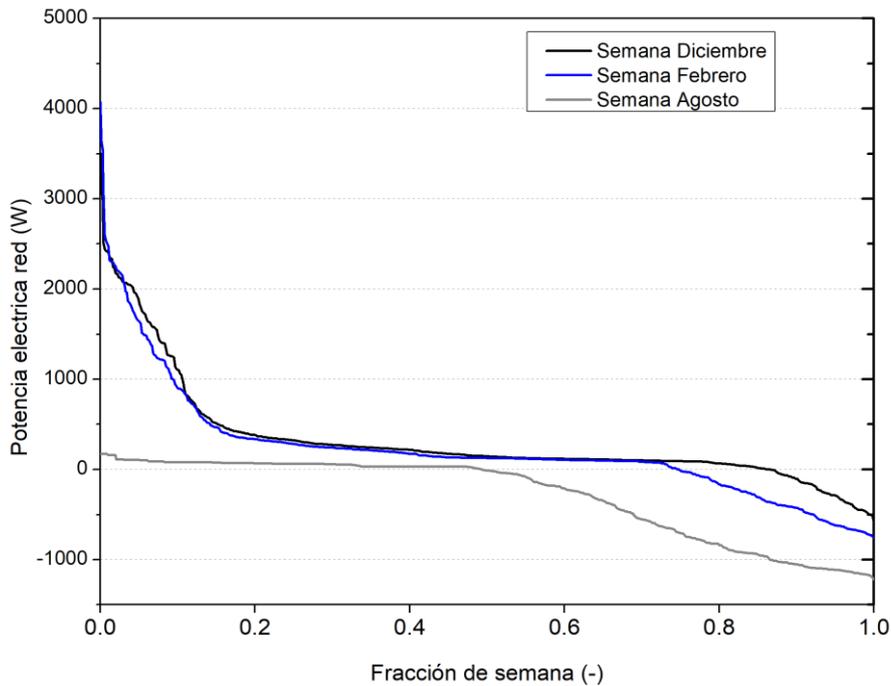


Fig. 5. Curva de duración de la potencia eléctrica intercambiada en la red de tres semanas diferentes del año 2019 de los meses de Diciembre, Febrero y Agosto. Resolución de los datos $\Delta t=15 \text{ min}$

Tabla 3. Comparación de resultados en tres semanas en periodos diferentes del año: Diciembre, Febrero y Agosto. (a) Datos energéticos y factores solar y de autoconsumo; (b) Potencias máximas. Cálculo a partir de datos monitorizados con resolución $\Delta t=15$ min

(a)

Semana del año	Consumo (kWh/día)	Producción fotovoltaica (kWh/día)	Importación de la red (kWh/día)	Balance energético (kWh/día)	γ_{load} (%)	γ_{supply} (%)
Diciembre	9.63	1.93	8.49	7.70	12%	59%
Febrero	9.85	4.52	7.60	5.33	23%	50%
Agosto	1.48	8.52	0.75	-7.04	50%	9%

(b)

Semana del año	Potencia máxima importada de la red (kW)	Potencia máxima exportada a la red (kW)
Diciembre	3.51	- 0.59
Febrero	4.08	- 0.75
Agosto	0.17	- 1.22

5.2 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

La presente sección presenta un sencillo análisis económico para estimar el período de retorno de la inversión efectuada por el usuario. Se analizan tres escenarios:

- Sin compensación de excedentes, que es equivalente a la situación anterior al Real Decreto 244/2019, cuando se tomó la decisión de realizar la instalación
- Con compensación de excedentes en su modalidad simplificada
- Con compensación de excedentes, pero considerando la bonificación fiscal del IBI

La Tabla 4 presenta los resultados de los tres escenarios. Para estos cálculos se han considerado las siguientes hipótesis.

- Al coste de la instalación (1996 €/kWp) se le añaden los gastos asociados a las tasas autonómicas y municipales para la legalización de la instalación.
- Para el cálculo de la factura energética, se consideran todos los términos de la factura energética
 - Precio consumo de energía = 0.135 €/kW·h
 - Término de potencia: 38.043426 €/kW y año. Potencia contratada = 4.4 kW
 - Otros = 0.02 €/día
 - Impuesto electricidad = 5.11 %
 - Alquiler contador = 0.02663 €/día

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

- IVA = 21%
- Precio energía excedente = 0.056 €/kW·h
- Bonificación del I.B.I. del 50% (254 €/año) por un período de 5 años.

Los resultados muestran que la instalación se encuentra en situación de paridad económica. Es decir, que en el caso de que se mantuvieran las hipótesis de cálculo en cuanto a los costes energéticos y los niveles de producción/consumo, la instalación se amortizaría al mismo tiempo que agotaría su vida útil (considerando ésta de forma conservadora en 25 años). La aplicación de los mecanismos de compensación de excedentes permite reducir el periodo del retorno de la inversión a 14 años, que quedan reducidos a sólo 9 años considerando la bonificación municipal del I.B.I.

Tabla 4. Estimación de la rentabilidad económica de la instalación en diferentes escenarios: Sin compensación de excedentes; Con compensación de excedentes sin y con bonificación fiscal.

Coste de la instalación	Precio (IVA incluido) = 3294.22 € Tasas = 129.99 € Coste total = 3424.22 €		
Factura energética sin instalación FV	764 €/año		
Con instalación fotovoltaica	Sin compensación de excedentes	Con compensación de excedentes	Con compensación de excedentes y bonificación IBI
Factura energética (€/año)	626	524	524
Ahorro energético (€/año)	138	240	240
Bonificación IBI (€/año) (*)	-	-	254
Periodo de retorno de la inversión	25 años	14 años	9 años

(*) La bonificación fiscal se aplica por un periodo de 5 años

6 CONCLUSIONES

Uno de los retos del inaplazable proceso de transición energética necesario para mitigar los efectos de cambio climático es la rehabilitación energética del parque de edificios plurifamiliares donde residen el 70% de las familias en España. Más allá de los procesos de renovación urbana que es urgente acometer para reducir el consumo energético en los hogares, las cubiertas de estos edificios son espacios que permiten la generación de energía solar fotovoltaica. El caso particular analizado en este informe se refiere a la experiencia de una instalación para uso individual en un edificio de viviendas plurifamiliar en la provincia de Barcelona, único caso de los 87 realizados en el marco de un proceso de compra colectiva. El análisis económico demuestra la viabilidad económica de la instalación con un retorno de la inversión en un periodo de 9 años (con compensación de excedentes y bonificaciones fiscales existentes) y de 25 años en el caso más desfavorable sin compensación de excedentes y sin bonificaciones fiscales. Estos datos de viabilidad se obtienen con un factor de autoconsumo de sólo el 36%. Por tanto, las rentabilidades

económicas se verían favorecidas en edificios comunitarios realizando instalaciones de autoconsumo compartido para reducir los excedentes vertidos a la red además de educar a los usuarios para hacer coincidir parte de los consumos en el hogar con la disponibilidad de radiación solar. Desde un punto de vista técnico, la tecnología es madura, existen empresas especializadas para la realización de las instalaciones y las dificultades técnicas principales se reducen, en la mayoría de los casos y como se ha demostrado en el caso de estudio, a los pases de cableado (no sólo eléctrico, sino también de comunicaciones) entre la cubierta y los cuadros eléctricos y routers de viviendas y/o contadores. Tanto este aspecto como el de encontrar ubicación adecuada a los inversores son, en la mayoría de los casos, aspectos técnicos resolubles y comunes a otras instalaciones como la fibra óptica de telecomunicaciones o los puntos de recarga de vehículos eléctricos a los que los edificios existentes tienen que adaptarse. Las iniciativas de compra colectiva como las impulsadas por Som Energia, la primera de las cuales, Impuls Solar Vallés, se describe en el presente artículo son una oportunidad magnífica y excepcional, para que ciudadanos particulares puedan adherirse con garantías y romper barreras técnicas y al mismo tiempo dinamizar el sector empresarial vinculado a las instalaciones de particulares. Las campañas de difusión también ayudan a concienciar a los ciudadanos sobre la viabilidad de este tipo de instalaciones.

En el caso de instalaciones en edificios comunitarios y complejos inmobiliarios, es necesario disponer del permiso de la comunidad o las comunidades de propietarios, respectivamente, para la ocupación de espacios comunes (en particular la cubierta). Más allá de las barreras técnicas, en general fácilmente resolubles, las barreras asociadas a la gestión comunitaria se han analizado en este caso de estudio y pueden suponer trabas insuperables al ser dependientes de la subjetividad y opinión de los propietarios ante la iniciativa de un particular o grupo de particulares interesados en promover una instalación para uso individual o compartido. En la opinión de los autores, cabe asesorar de forma adecuada a los propietarios en tres aspectos fundamentales: los aspectos legales y las garantías y seguridad de las instalaciones.

- En el aspecto legal, los administradores de fincas deben informar que, según la ley las instalaciones de aprovechamiento de energías renovables sólo requieren el acuerdo de un tercio de los propietarios a petición de cualquiera de ellos. En el caso de Catalunya, el acuerdo requiere la aprobación por mayoría simple. Analizando el texto del Codi Civil de Catalunya del año 2015, es deseable que éste se adecuara al requerimiento menos restrictivo de como mínimo sólo un tercio de los propietarios, así como clarificar que las instalaciones de energías renovables se entienden como infraestructuras para la mejora de la eficiencia energética según el artículo 553.25.
- En el aspecto de garantías técnicas sobre las instalaciones, las empresas del sector pueden y deber contribuir a ofrecer proyectos y contratos de instalación "llave en mano" con garantías sobre los trabajos realizados y contratos de mantenimiento para los primeros años de operación de la instalación, con al menos una visita anual.

- Los vecinos propietarios de las instalaciones, así como el resto de los vecinos de la comunidad de propietarios deben saber de la posibilidad de ampliar las pólizas de seguro contra siniestros y de responsabilidad civil, que incluyan los elementos de la instalación fotovoltaica a cargo de su propietario. Es deseable que el sector de las compañías y corredurías de seguros ofrezcan productos adecuados a esta nueva posibilidad de instalaciones en edificios plurifamiliares.

Las barreras de gestión comunitaria sujetas a la subjetividad de los propietarios están asociadas a tres aspectos: el impacto visual y estético, la disponibilidad de espacio para más instalaciones en un futuro y el destino de la instalación en caso de marcha del propietario. Los dos últimos aspectos son sobre hechos futuribles en el momento de someter los acuerdos a decisión. El aspecto relacionado con el destino de la instalación puede reflejarse como un acuerdo de los propietarios de restaurar la cubierta a su estado original en el caso de que el nuevo propietario o alguno de los existentes no quiera hacerse cargo de la instalación. Es recomendable, en el caso de que haya algún propietario que plantee la posibilidad de más instalaciones en el futuro, estudiar el espacio disponible para nuevas instalaciones dejando abierta la posibilidad de ampliar la instalación existente mediante un uso compartido, como solución más inteligente y económicamente más rentable para los propietarios. Este aspecto puede ser una limitación importante en edificios con relativamente poca cubierta en relación al número de viviendas. Los argumentos relacionados con la estética visual son difícilmente objetivables, pero se recomienda estudiar las diferentes posibilidades técnicas para la integración en cubierta y en varias orientaciones posibles. Por parte de administraciones y agrupaciones de empresas, y con colaboración con administraciones de fincas sería deseable la redacción de guías y material de concienciación de la población que permita no coartar las iniciativas de propietarios en edificios plurifamiliares, como elemento que suma en las acciones a realizar para la mitigación del cambio climático.

7 AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Cooperativa Som Energia por facilitar los datos correspondientes a los tipos de instalaciones realizadas en el marco de la iniciativa Impuls Solar Vallès.

8 REFERENCIAS

- [1] IDAE, «Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final.» Madrid, 2011.
- [2] Gobierno de España, «Documento Básico HE Ahorro de Energía, CTE - Código Técnico de la Edificación,» Ministerio de Fomento, Madrid, 2019.
- [3] Boletín Oficial del Estado (BOE), Gobierno de España, «Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica,» 5 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/04/05/244>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [4] Som Energia Terrassa, «Presentació d'Impuls Solar Vallès a Terrassa: Arriba l'hora de la Solar!,» 5 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://blog.somenergia.coop/grupos-locales/catalunya/terrassa/2018/05/presentacio-de-la-campanya-impacte-solar-valles-arriba-lhora-de-la-solar/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [5] Som Energia, «Memoria social y económica,» Som Energia, Girona, 2019.
- [6] Som Energia Terrassa, «Presentem virtualment la campanya Reimpuls Solar Vallès,» 3 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://blog.somenergia.coop/grupos-locales/catalunya/terrassa/2020/04/presentem-virtualment-la-campanya-reimpuls-solar-valles/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [7] «Oleada Solar: Autoconsumo que suma,» 2020. [En línea]. Available: <https://ecooo.es/oleadasolar/>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [8] Generalitat de Catalunya, «Codi Civil de Catalunya. Llei 5/2015 del 13 de Maig, de modificació del llibre cinquè del Codi Civil de Caralunya, relatiu als drets reals,» Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, Núm- 6875 - 20.5.2015, Barcelona, 2015.
- [9] Ajuntament de Barcelona, «Energia Barcelona,» 2019. [En línea]. Available: <https://energia.barcelona/sites/default/files/documents/guiaautoconsum.pdf>. [Último acceso: 20 Junio 2020].

- [10] Boletín Oficial del Estado (BOE), Gobierno de España, «Ley 49/1960, de 21 de julio, de Propiedad Horizontal.» 3 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/l/1960/07/21/49/con>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [11] Boletín Oficial del Estado (BOE), Gobierno de España, «BOE. núm. 153, de 27/06/2013 Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas,» 27 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/06/26/8/con>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [12] ICAEN - Institut Català d'Energia, «Document explicatiu de l'ordenança per a la promoció de les instal·lacions d'autoconsum amb energia fotovoltaica,,» [En línea]. Available: http://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/24_usos_energia/03_mon_local/05_autoconsum_fotovoltaic/arxiu/OrdenancaMunicipal_DocumentExplicatiu.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [13] ICAEN- Institut Català d'Energia, «Model d'ordenança per a la promoció de les instal·lacions d'autoconsum amb energia fotovoltaica en municipis,» [En línea]. Available: http://icaen.gencat.cat/web/.content/20_Energia/24_usos_energia/03_mon_local/05_autoconsum_fotovoltaic/arxiu/OrdenancaMunicipal_AmbAnnexes.pdf. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [14] E-distribución, «Servicio de gestión de suministro,» [En línea]. Available: <https://www.edistribucion.com/es/index.html> [. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [15] SMA Solar Technology, AG, «Portal web Sunny Portal,» [En línea]. Available: <https://www.sunnyportal.com/Templates/Start.aspx?ReturnUrl=%2fTemplates%2fNoticePage.aspx>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [16] J. Salom, A. J. Marszal, J. Widén, J. Candanedo y K. B. Lindberg, «Analysis of load match and grid interaction indicators in net zero energy buildings with simulated and monitored data,» *Applied Energy*, vol. 136, pp. 119-131, 2014.
- [17] J. Salom, J. Widén, J. Candanedo y K. B. Lindberg, «Analysis of grid interaction indicators in net zero-energy buildings with sub-hourly collected data,» *Advances in Building Energy Research*.

9 ANEXO

Tabla de consumo energético mensual para cálculos (Datos en kWh/día)

	Mes	Consumo 2018	Consumo 2019	Producción FV (2019)	Autoconsumo	Excedente
1	Ene	9.2	8.0	3.4	1.2	2.2
2	Feb	10.3	7.2	5.1	3.1	2.1
3	Mar	9.4	6.9	6.7	2.5	4.2
4	Abr	8.5	6.7	6.4	1.9	4.5
5	May	9.3	5.5	8.3	3.8	4.4
6	Jun	8.3	5.4	9.7	2.9	6.8
7	Jul	7.2	4.4	8.9	2.8	6.1
8	Ago	5.4	3.7	8.1	1.7	6.3
9	Sep	8.7	6.2	6.2	2.5	3.7
10	Oct	9.3	7.9	4.3	1.4	2.9
11	Nov	8.6	6.5	3.4	2.1	1.3
12	Dic	7.4	6.7	2.8	0.8	2.0
TOTAL		101.7	75.1	73.2	26.6	46.6

Tabla cálculo de factura energética 2018 (sin PV)

2018							
Energía	Potencia	Altres	Impost	Lloguer Comp	Total sense IVA	IVA	TOTAL
38.60	14.22	0.62	2.73	0.83	56.99	11.97	68.96
38.75	12.84	0.56	2.67	0.75	55.56	11.67	67.22
39.25	14.22	0.62	2.77	0.83	57.68	12.11	69.79
34.61	13.76	0.60	2.50	0.80	52.27	10.98	63.25
39.11	14.22	0.62	2.76	0.83	57.53	12.08	69.62
33.70	13.76	0.60	2.46	0.80	51.32	10.78	62.09
30.11	14.22	0.62	2.30	0.83	48.07	10.09	58.16
22.60	14.22	0.62	1.91	0.83	40.18	8.44	48.61
35.10	13.76	0.60	2.53	0.80	52.79	11.08	63.87
39.06	14.22	0.62	2.76	0.83	57.48	12.07	69.55
34.77	13.76	0.60	2.51	0.80	52.44	11.01	63.46
31.13	14.22	0.62	2.35	0.83	49.14	10.32	59.46
417	167	7	30	10	631	133	764

Autoconsumo fotovoltaico en bloques de viviendas

Tabla cálculo de factura 2019 con PV (sin excedentes)

2019 SIN EXCEDENTES							
Energía	Potencia	Altres	Impost	Lloguer Comp	Total sense IVA	IVA	TOTAL
33.48	14.22	0.62	2.47	0.83	51.61	10.84	62.45
27.19	12.84	0.56	2.08	0.75	43.41	9.12	52.52
28.86	14.22	0.62	2.23	0.83	46.76	9.82	56.58
27.08	13.76	0.60	2.12	0.80	44.36	9.32	53.68
23.02	14.22	0.62	1.94	0.83	40.62	8.53	49.14
21.99	13.76	0.60	1.86	0.80	39.00	8.19	47.19
18.31	14.22	0.62	1.69	0.83	35.67	7.49	43.16
15.30	14.22	0.62	1.54	0.83	32.50	6.82	39.32
25.17	13.76	0.60	2.02	0.80	42.35	8.89	51.24
33.22	14.22	0.62	2.46	0.83	51.34	10.78	62.12
26.44	13.76	0.60	2.09	0.80	43.68	9.17	52.85
27.90	14.22	0.62	2.18	0.83	45.75	9.61	55.35
308	167	7	25	10	517	109	626

Tabla cálculo factura energética 2019 con PV (con Excedentes)

2019 CON EXCEDENTES								
Energía	Energía excedent	Potencia	Altres	Impost	Lloguer Comp	Total sense IVA	IVA	TOTAL
33.48	-3.82	14.22	0.62	2.27	0.83	47.59	9.99	57.59
27.19	-3.26	12.84	0.56	1.91	0.75	39.99	8.40	48.38
28.86	-7.25	14.22	0.62	1.86	0.83	39.14	8.22	47.35
27.08	-7.64	13.76	0.60	1.73	0.80	36.33	7.63	43.96
23.02	-7.69	14.22	0.62	1.54	0.83	32.53	6.83	39.37
21.99	-11.47	13.76	0.60	1.27	0.80	26.95	5.66	32.61
18.31	-10.52	14.22	0.62	1.16	0.83	24.61	5.17	29.78
15.30	-10.98	14.22	0.62	0.98	0.83	20.96	4.40	25.36
25.17	-6.24	13.76	0.60	1.70	0.80	35.79	7.52	43.30
33.22	-5.00	14.22	0.62	2.20	0.83	46.08	9.68	55.76
26.44	-2.27	13.76	0.60	1.97	0.80	41.30	8.67	49.97
27.90	-3.44	14.22	0.62	2.01	0.83	42.14	8.85	50.98
308	-80	167	7	21	10	433	91	524