

ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EDIFICIOS RESIDENCIALES EN TARRAGONA

ARIEL R. VILLCA POZO

Investigador en el GIQUIMA, Grupo de Investigación en Química de los

Materiales de Construcción

Universitat Politècnica de València

arvilpo@posgrado.upv.es

MILENKA VILLCA POZO

Profesora Lectora Serra Húnter de Derecho Financiero y Tributario

Universitat Rovira i Virgili

milenska.villca@urv.cat

Data de recepció: 15 de febrer de 2023 / Data d'acceptació: 18 d'abril de 2023

RESUMEN: Este artículo analiza las posibilidades del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para satisfacer las necesidades energéticas de edificios residenciales, en términos de coste de la inversión, ahorro anual y periodo de retorno de inversión para consumos energéticos mensuales de 200 hasta 1.000 kWh. Al determinar la rentabilidad económica de estas instalaciones se considera la bonificación del Impuesto sobre Bienes Inmuebles que introdujo la Ordenanza Fiscal y Precios Públicos de 2022 del Ayuntamiento de Tarragona. Los resultados demuestran que la bonificación del Impuesto sobre Bienes Inmuebles supone una ayuda económica muy importante para los consumos energéticos mensuales inferiores a 500 kWh debido a que reducen a la mitad del tiempo en el periodo de retorno de la inversión inicial; asimismo, que un sistema fotovoltaico es más rentable para elevados consumos energéticos.

RESUM: Aquest article analitza les possibilitats de l'aprofitament de l'energia solar fotovoltaica per a satisfer les necessitats energètiques d'edificis residencials, en termes de cost de la inversió, estalvi anual i període de retorn d'inversió per a consums energètics mensuals de 200 fins a 1.000 kWh. Al determinar la rendibilitat econòmica d'aquestes instal·lacions es considera la bonificació de l'Impost sobre Béns Immobles que va introduir l'Ordenança Fiscal i Preus Públics de 2022 de l'Ajuntament de Tarragona. Els resultats demostren que la bonificació de l'Impost sobre Béns Immobles suposa una ajuda econòmica molt important per als consums energètics mensuals inferiors a 500 kWh ja que redueixen a la meitat del temps en el període de retorn de la inversió inicial; així mateix, que un sistema fotovoltaic és més rendible per a elevats consums energètics.

ABSTRACT: This article analyses the possible advantages of using photovoltaic solar energy to meet the energy needs of residential buildings, in terms of investment cost, annual savings, and payback period for monthly energy consumption from 200 to 1.000 kWh. In the study of the economic profitability of these installations, the Real Estate Tax bonus introduced by the Fiscal Ordinance and Public Prices of 2022 of the Tarragona City Council is considered. The results show that the Real Estate Tax bonus represents a very important economic aid for monthly energy consumption of less than 500 kWh since it reduces the payback period of the initial investment by half; also, that a photovoltaic system is more profitable for high energy consumption.

PALABRAS CLAVES: Impuesto sobre Bienes Inmuebles – autoconsumo – FV – energía solar – Tarragona.

PARAULES CLAU: Impost sobre Béns Immobles – autoconsum – FV – energia solar – Tarragona.

KEYWORDS: Real Estate Tax – self-consumption – solar energy – Tarragona.

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN. II. LA BONIFICACIÓN DEL IMPUESTO SOBRE BIENES INMUEBLES POR LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO TÉRMICO O ELÉCTRICO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA VIVIENDA. III. ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS. 1. Necesidades y consumos energéticos. 2. Instalaciones fotovoltaicas. 3. Cálculo de las demandas energéticas. 4. Cálculo del periodo de retorno de la inversión considerando la bonificación del IBI. a) Caso 1 - Base impositiva de 80.000 €. b) Caso 2 - Base impositiva de 57.000 € y 85.500 €. c) Caso 3 - Base impositiva de 129.000 € y 193.500 €. d) Discusión de los resultados. IV. CONCLUSIONES. V. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestra sociedad se enfrenta a grandes desigualdades sociales y problemas ambientales, siendo el cambio climático el más desafiante. Para los próximos años ya se prevé que habrá un incremento en los precios finales de la energía primaria por los elevados precios de las materias primas (gas natural, petróleo, carbón) en los mercados internacionales y el incremento en la cotización de los derechos de emisión de CO₂. De ahí que diversos estudios ponen énfasis en la necesidad urgente de un nuevo modelo social, energético, económico, inclusivo y sostenible que pueda proporcionar resiliencia a largo plazo¹.

El sector residencial es precisamente uno de los sectores donde la UE está impulsando la mejora energética de los edificios existentes por el elevado consumo energético que tienen, ya que representa el 40% del gasto energético total de la UE y el 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que este sector cuenta con un alto potencial de ahorro energético². La Directiva 2018/2002, por este motivo, además de reforzar las medidas adoptadas precedentemente por la Directiva 2012/27/UE, introdujo como nuevo objetivo vinculante en la Unión aumentar la eficiencia energética de al menos el 32,5% para 2030 (art.1.1). La Directiva UE 2018/2001, en esta misma línea, establece como otro objetivo en la Unión sobre las energías renovables en 2030, alcanzar

¹ Ángel Urquizu Cavallé, "Propuestas para la lucha contra la pobreza", *Quincena fiscal*, 2022 (BIB 2022\3069); Tomás Gómez-Navarro, Tommaso Brazzini, David Alfonso-Solar y Carlos Vargas-Salgado, "Analysis of the potential for PV rooftop prosumer production: Technical, economic and environmental assessment for the city of Valencia (Spain)", en *Renewable Energy*, núm.174, 2021, p.372–381.

² M^a Luisa González-Cuéllar Serrano, "La estrategia fiscal europea para el ahorro energético en el sector residencial, en M^a Luisa González y Enrique Ortiz (dirs.), *La fiscalidad del sector eléctrico*, Tirant lo Blanch. Valencia, 2017, p. 195; Milenka Villca-Pozo y Juan Pablo Gonzales-Bustos, "Tax incentives to modernize the energy efficiency of the housing in Spain", en *Energy Policy*, núm.128, 2019, p.530.

el 32 % de consumo final de energía procedente de fuentes renovables (art. 3.1). Ambos objetivos están alineados con el compromiso mundial contraído en el contexto del Acuerdo de París.

En España, si bien es cierto que las políticas medioambientales adoptadas por los planes de acción nacional y los programas específicos impulsados desde 2007 muestran su contribución a la eficiencia energética en el sector residencial, aún existe un gran número de viviendas que por la falta de solvencia de los propietarios, o los efectos de la crisis económica en los últimos años, tienen obstáculos para financiar este tipo de obras para mejorar energéticamente su vivienda³. El parque inmobiliario español de hecho es uno de los sectores con mayor consumo de energía ya que tiene un peso aproximado del 30 % en el consumo de energía final, siendo un 17,1 % correspondiente al sector de la edificación residencial y un 12,4 % del terciario (comercio, servicios y administración pública)⁴. De manera que limitar la demanda energética de los edificios es fundamental no solo para cumplir los objetivos de ahorro energético de la UE, sino también para reducir los costes energéticos y mejorar el bienestar de los ocupantes, considerando particularmente las viviendas de mayor antigüedad, las viviendas sociales construidas entre 1939 y 1976 ya que supone un patrón urbano muy extendido en la ciudad contemporánea⁵.

En este contexto, resulta alentador los resultados del “Estudio sobre el potencial de generación de energía solar térmica y fotovoltaica en los edificios residenciales españoles en su contexto urbano”⁶, que indica que la geografía española tiene un excelente potencial solar, siendo incluso aquellas localidades con menor disponibilidad de aprovechamiento solar las que presentan valores de irradiación solar mejores que las localidades situadas en países europeos con

³ Milenka Villca-Pozo y Juan Pablo Gonzales-Bustos, “Tax incentives...”, cit., p.530–538.

⁴ Lo indica así el último informe “Actualización de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España - ERESEE 2020”, del Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, p. 376. Disponible: <https://www.mitma.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/es_ltrs_2020.pdf> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

⁵ Noelia Cervero Sánchez y Luis Agustín Hernández, “Remodelación, transformación y rehabilitación. Tres formas de intervenir en la vivienda social del siglo XX”, en *Informes de la Construcción*, núm. 67(Extra1), 2015.

⁶ Emilia Román López, Estefanía Caamaño-Martín, Gustavo Romanillos y Carmen Sánchez, *Potencial de generación de energía solar térmica y fotovoltaica en los edificios residenciales españoles en su contexto urbano*, Ministerio de Fomento, noviembre de 2019, p. 28-30.

mercados más desarrollados en las instalaciones de Sistema solar Fotovoltaico (FV). Tal es el caso de Alemania o Francia⁷. Pues, este recurso solar anual disponible para superficies orientadas a sur e inclinadas a 30 ° tiene un promedio de 2.043 kWh/m² y la energía eléctrica por metro cuadrado de cubierta con panel fotovoltaico oscila entre 257 - 364 kWh/m², para las cubiertas planas la energía eléctrica por metro cuadrado oscila entre 122 y 173 kWh/m² y en cubiertas inclinadas orientadas al este/oeste los resultados oscilan entre 211 y 293 kWh/m².

A lo anterior se agregan otros factores favorables. El Real Decreto 244/2019 de 5 de abril de 2019 reguló las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, de modo que ahora existen herramientas para fomentar el autoconsumo en viviendas unifamiliares. También en los últimos 10 años el precio de los módulos solares ha descendido más de un 80 % y continuamente se desarrollan mejoras técnicas que incrementan su eficiencia. Están adquiriendo también protagonismo las comunidades de energías renovables (art. 2 de la Directiva 2028/2001) y las comunidades ciudadanas de energía (art. 2 de la Directiva 2019/944) con un potencial importante en el ámbito local. Por otro lado, crecen los ayuntamientos que regulan la bonificación por la instalación de sistemas para el aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar en la vivienda⁸ en el Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) e Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO), reportando ello un impacto positivo en la reducción del tiempo de recuperación de la inversión de una instalación fotovoltaica de autoconsumo.

Teniendo en cuenta todas estas premisas, el presente artículo analiza las posibilidades del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica para

⁷ Véase Marta Villar Ezcurra y Carmen Cámara Barroso, "Tax incentives for photovoltaic power self-consumption: an analysis of the Spanish experience", en Theodoros Zachariadis, Janet E. Milne, Mikael Skou Andersen, and Hope Ashiabor (dirs.), *Economic instruments for a low-carbon future*. Elgar online, 2020, p. 19.

⁸ Milenka Villca Pozo, "Principales rasgos configuradores de las bonificaciones del IBI e ICIO por la instalación de sistemas de aprovechamiento termico o electrico de la energia solar", en *Revista Catalana de Dret Ambiental*, núm. 2, 2022, p. 6 y ss. Por otro lado, el informe "Incentivos fiscales para el autoconsumo en municipios de más de 10.000 habitantes", *Fundación renovables*, 2021, p. 7, señala que son 312 los municipios ofrecen bonificaciones en el IBI, si bien únicamente 231 en ambos impuestos (IBI e ICIO), lo que representa un 47 % del total de la población residente en España.

satisfacer las necesidades energéticas de edificios residenciales, en términos de coste de la inversión, ahorro anual y periodo de retorno de la inversión, para consumos energéticos mensuales de 200 kWh hasta 1.000 kWh. Así, partiendo de la inversión económica de este tipo de instalaciones y la bonificación del IBI que introdujo la Ordenanza Fiscal y Precios Públicos de 2022 del Ayuntamiento de Tarragona, se estima la rentabilidad económica de las instalaciones fotovoltaicas en autoconsumo⁹.

II. LA BONIFICACIÓN DEL IMPUESTO SOBRE BIENES INMUEBLES POR LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO TÉRMICO O ELÉCTRICO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA VIVIENDA

En lo concerniente a las bonificaciones del IBI, en el art.8 è.7 de la Ordenanza fiscal núm. 14 –norma reguladora del IBI en Tarragona en concordancia con el Texto Refundido de la Ley de Haciendas Locales (TRLHL) aprobado por el RDL 2/2004 de 5 de marzo¹⁰– encontramos una bonificación relacionada con la instalación de sistemas solares térmicos o fotovoltaicos en la vivienda que alcanza al 50 % de la cuota íntegra del impuesto. Más concretamente y de acuerdo con el citado precepto la bonificación presenta las siguientes características:

- 1) Su ámbito de aplicación solo comprende a bienes inmuebles destinados a uso como vivienda.
- 2) La instalación de los sistemas para el aprovechamiento térmico (colectores solares) o eléctrico (paneles fotovoltaicos o paneles híbridos)

⁹ Debe precisarse que en la ciudad de Tarragona, en la Ordenanza fiscal núm. 13 por la que se regula el ICIO, también se establece una bonificación en el ICIO por la instalación de sistemas de aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar en la vivienda, pero con tipos muy bajos (2% para energía solar térmica, 2% para la energía solar fotovoltaica), de ahí que se ha optado por no realizar el análisis de esta bonificación, porque no suponen un gran ahorro con respecto al valor de la inversión para los FV. Así lo demuestran otros estudios (*Fundación renovables*, 2021), siendo la bonificación fiscal del IBI la que supone grandes ahorros respecto a la del ICIO.

¹⁰ Es el art. 74.5 del TRLHL el que determina que las ordenanzas fiscales podrán regular una bonificación de hasta el 50 % de la cuota íntegra del impuesto para los bienes inmuebles en los que se hayan instalado sistemas para el aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía proveniente del sol. La aplicación de esta bonificación está condicionada a que las instalaciones para producción de calor incluyan colectores que dispongan de la correspondiente homologación por la Administración competente. Los demás aspectos sustantivos y formales de esta bonificación se especificarán en la ordenanza fiscal.

de la energía solar en la vivienda debe ser realizada voluntariamente y no por obligación de la normativa, es decir por mandato del CTE, por tanto, la bonificación no se aplica a las construcciones de obra nueva.

- 3) Para su aplicación es requisito *sine qua non* que las instalaciones para producción de calor incluyan colectores homologados por la Administración competente. También deben estar debidamente legalizadas por el órgano competente de la Generalidad de Cataluña.
- 4) La cuantía de la bonificación es del 50 % de la cuota íntegra del IBI y podrá aplicarse durante los cinco periodos impositivos siguientes, sin embargo, hay límite cuantitativo de la bonificación anual que es el importe de 600 euros por vivienda, sea unifamiliar o plurifamiliar. En edificios plurifamiliares la bonificación total durante los cinco años no podrá superar del 50 % de costo de la inversión realizada.
- 5) Es de carácter rogado, dado que el interesado debe solicitarlo al ayuntamiento en el plazo de 6 meses posteriores a la fecha de legalización de la instalación por parte del órgano competente de la Generalidad de Cataluña o de finalización de la instalación según proceda. No se la puede conceder si no se ha puesto en conocimiento con carácter previo que el inmueble cumple los requisitos exigidos para su aplicación (Sánchez García, 2016)¹¹.

Además de estas características, la bonificación está supeditada al cumplimiento de un conjunto de requisitos formales. En el caso de la instalación de sistemas solares térmicos, el propietario debe presentar: las facturas de la instalación ejecutada firmada y sellada por la empresa instaladora y justificantes de pago, el certificado de homologación de los colectores solares térmicos y el certificado final y de especificaciones técnicas de la instalación firmado por el instalador o el director de la obra. Si la instalación efectuada son sistemas solares fotovoltaicos habrá de presentar: las facturas de la instalación ejecutada firmada y sellada por la empresa instaladora y justificantes de pago, así como el justificante de legalización de la instalación del órgano correspondiente de la Generalitat de Cataluña. Tratándose de instalaciones colectivas realizadas en

¹¹ Nicolás Sánchez García, *Tributos locales. Comentarios y casos prácticos*, 6ª Ed., Ed. Centro de Estudios Financieros. Madrid, 2016, p. 273.

edificios de propiedad horizontal, además de los certificados anteriores, se deberá presentar la copia del acta de la comunidad de propietarios donde conste el acuerdo de participación y reparto de costes de la instalación, el consentimiento expreso firmado para que un tercero presente una solicitud única de bonificación en nombre de todos los participantes.

Un último aspecto que merece la pena señalar es la compatibilidad o incompatibilidad de la bonificación con respecto a las otras bonificaciones previstas en el IBI. Al respecto la Ordenanza fiscal núm. 14, que es la norma que ha de especificar la compatibilidad entre la bonificación y el resto de las bonificaciones previstas en el TRLHL (Almazor et al.; Bericochea)¹², no prevé ninguna incompatibilidad entre las cinco bonificaciones del IBI que se recogen en su art. 8è. Únicamente dispone que en caso de concurrir sobre un mismo inmueble más de una bonificación, el porcentaje de las dos o más bonificaciones en su conjunto podrá llegar como máximo al 90 % de la cuota íntegra. De manera que los propietarios que sean titulares de familia numerosa y tengan derecho a la bonificación establecida por ese concepto (art. 8 è.4), si incorporan en sus viviendas sistemas solares térmicos o fotovoltaicos podrán disfrutar de ambas bonificaciones en la cuota íntegra del IBI porque son compatibles. Pero el total de la bonificación conjunta no podrá superar del 90 % de la cuota íntegra.

III. ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO DE LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Una vez examinada la bonificación del IBI, procedemos al análisis del costo-beneficio de la instalación de paneles fotovoltaicos. Para ello, la metodología utilizada en este apartado se ha dividido en tres fases. En primer lugar, se ha examinado las necesidades y consumos energéticos de los hogares españoles, con el objeto de identificar los kWh susceptibles de poder ser abastecidos mediante el FV. En segundo lugar, se ha revisado los precios en el mercado de todos los componentes de una instalación solar fotovoltaica en función de la Potencia Pico a Instalar (PPI) requerida para los diferentes consumos

¹² Laura Almazor Escartín y Ignasi Puig Ventosa, "Introducción de criterios sociales en las ordenanzas fiscales municipales", en *Revista Tributos Locales*, núm. 48, 2005, p. 90-91; Benito Bericochea Miranda, "Impuesto sobre bienes inmuebles y valor catastral. Una reforma pendiente", en *Revista Catastro*, 2012, p. 9.

energéticos propuestos. En tercer lugar, se ha calculado la demanda de energía necesaria para satisfacer el consumo antes y después de la instalación del FV para cada caso, pasando luego a analizar su viabilidad económica calculando el retorno de inversión con o sin la bonificación fiscal.

1. Necesidades y consumos energéticos

Según el informe del Análisis del consumo energético del sector residencial, en España el consumo energético medio de un hogar español es de 10.521 kWh al año y la potencia media contratada es de 4 kW¹³. Los principales consumos de energía en los edificios residenciales son: la calefacción (41,5 %), los electrodomésticos (25,85 %), el agua caliente sanitaria (18,8 %), la cocina (8,0 %) y la iluminación (4,91 %)¹⁴.

La cantidad de energía que se consume en un hogar varía en función del tamaño y tipo de la vivienda, la ubicación, el número de ocupantes, los hábitos de consumo, etc. La demanda energética también está influenciada por la antigüedad de la vivienda, tal como demuestran los resultados de Torres et al¹⁵ quienes clasifican en 16 grupos a los edificios existentes en la región de Cataluña en función del número de viviendas, número de plantas y año de construcción. Ellos indican que la mayor demanda de energía se da en los edificios construidos antes de 1980 y en los construidos después de este periodo, debido a que el sector de la edificación en España se empezó a regular a partir de 1957 y en 1977 se implementaron requisitos térmicos en los edificios y los requisitos de protección contra incendios.

Debido a la diversidad de factores que determinan los consumos energéticos de una vivienda, queda fuera del alcance de este estudio la realización de balances energéticos en función a los horarios y los meses del año para determinar el consumo energético, por lo que para el estudio consideramos el supuesto de que el consumo eléctrico mensual es constante para todos los meses del año y el

¹³ IDAE, *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*, 2011, p. 55.

¹⁴ IDAE y Ministerio para la Transición Ecológica, *Consumo por usos del sector residencial*. Disponible en: <<https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.php>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

¹⁵ Alba Torres-Rivas, Mariana Palumbo, Laureano Jiménez y Dieter Boer, "Self-consumption possibilities by rooftop PV and building retrofit requirements for a regional building stock: The case of Catalonia", en *Solar Energy*, vol. 238, 2022, p. 150–161.

que el precio del kWh es de 0,150331 €/kWh y en término variable de 0,06345 €/kWh, y para el término de potencia por peajes de transporte y distribución es de 44,493426 €/kW al año y en término fijo de 5,26 €/kW al mes. Al momento de establecer estos precios consideramos las tarifas comerciales de luz establecidas por las principales comercializadoras: Endesa, Naturgy y Repsol.

Como el régimen tarifario varía dependiendo de la potencia contratada¹⁶, para nuestro estudio se ha considerado el peaje de transporte y distribución de 2.0 TD y 3.0 TD, siendo la tarifa 2.0 TD perteneciente a las denominadas tarifas de baja tensión, que permite contratar una potencia eléctrica de entre 10 kW y 15 kW, siendo esta tarifa la más común para viviendas (chalets o casas adosadas) y también para locales comerciales o bares pequeños. Por su parte la tarifa 3.0 TD es para aquellos suministros que requieran entre 15 kW y 100 kW, y para suministros mayores de 100 kW de potencia existe la tarifa 6.1 TD.

En la Tabla 1 podemos observar cómo se ha calculado el importe de la factura de electricidad al cabo de un año. Este ejemplo corresponde a un consumo mensual de 200 kWh y para el mismo se ha considerado que el Impuesto Especial sobre la Electricidad es del 5,11269632 % (art. 99 de la Ley 38/1992 de 28 de diciembre)¹⁷ y el Impuesto sobre el Valor Añadido del 21 % (art. 91 de la Ley 37/1992 de 28 de diciembre)¹⁸. Este mismo procedimiento se aplicó al resto de consumos propuestos, considerando la potencia contratada de 4 kW para los consumos de 200 a 400 kWh/mes y 6 kW para el resto.

¹⁶ Puesto que con la Resolución de 18/3/2021 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia se introdujo los valores de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de electricidad, aplicables a partir del 1/6/2021, en virtud del cual todos los consumidores pasan a tener un peaje con discriminación horaria (punta/valle/llano) en los términos de potencia y energía, por lo que el precio será diferente según el horario de consumo, ya sea en el mercado regulado (Precio voluntario al pequeño consumidor, PVPC) o en el mercado libre.

¹⁷ Cabe aclarar que no se ha tomado como referencia el tipo impositivo del 0,5 por ciento del Impuesto Especial sobre la Electricidad establecida en la disposición adicional primera del Real Decreto-ley 29/2021 de 21 de diciembre, por tener un carácter temporal, dado que estará vigente solo hasta el 31/12/2023.

¹⁸ También hay que aclarar que no se ha tomado como referencia el tipo impositivo del 5 por ciento del Impuesto sobre el Valor Añadido de la luz establecido en el art. 18 del Real Decreto-ley 11/2022 de 25 de junio porque tiene un carácter temporal, ya que está vigente desde el 01/07/2022 hasta el 31/12/2023. Este tipo reducido además se aplica a titulares de contratos de suministro de electricidad cuya potencia contratada sea inferior o igual a 10 kW, y en el estudio se ha considerado las tarifas: 2.0 TD que permite la contratación de una potencia eléctrica de entre 10 kW y 15 kW, y la 3.0 TD que permite contratar una potencia eléctrica de entre 15 kW y 100 kW.

CONCEPTO	CALCULO	VALOR [€]
Potencia contratada	$4,0 \text{ kW} \times 44,49 \text{ €/kW año} + 4,0 \times 5,26 \text{ €/kW mes} \times 12 \text{ mes}$	430,35
Energía consumida	$2400 \text{ kWh} \times 0,1503 \text{ €/kWh} + 2400 \text{ kWh} \times 0,0634 \text{ €/kWh}$	512,88
Impuesto electricidad	$(430,35+512,88) \times 0,0511269632$	48,22
Alquiler del contador	$0,026 \text{ €/día} \times 365 \text{ días}$	9,73
IVA	$(430,35+512,88+48,22+9,73) \times 0,21 \text{ (tipo general)}$	210,27
	Importe total de la factura	1.211,57

Tabla 1. Ejemplo que muestra la forma de calcular la factura de luz. Fuente: Elaboración propia

2. Instalaciones fotovoltaicas

Una clasificación general de los sistemas fotovoltaicos sería en función de si están o no conectados a la red eléctrica. Así, estarían por un lado los sistemas fotovoltaicos autónomos, que son aquellos sistemas que están aislados de la red eléctrica y, por otro lado, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, que corresponden a sistemas conectados directamente a la red eléctrica por lo que no necesitan de un acumulador de energía. Con independencia de esta clasificación, por lo general un sistema fotovoltaico estará formado por: i) un generador fotovoltaico, ii) una batería de acumulación, iii) un regulador de carga, iv) un inversor y v) el consumo¹⁹.

Las modalidades de autoconsumo son dos²⁰. La modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes y la modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes. En ambas modalidades el autoconsumo puede clasificarse en individual o colectivo en función de si se trata de uno o de varios consumidores los que estén asociados a las instalaciones de generación²¹. Concretamente sobre el autoconsumo colectivo, algunos autores demuestran con el cálculo del coste actual neto que los sistemas de energía fotovoltaica conectada a la red son

¹⁹ Miguel Alonso Abella, *Sistemas de bombeo fotovoltaico*, CIEMAT, 2017, p. 3. Disponible en: <<https://static.eoi.es/savia/documents/componente45335.pdf>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

²⁰ En nuestro ordenamiento jurídico, el concepto de autoconsumo aparece por primera vez regulado en el art. 9.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, aunque la redacción de la definición de autoconsumo se ha visto modificada por el apartado uno del artículo 18 del Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Para un estudio en profundidad véase Gracia M. Luchena Mozo, "La fiscalidad como elemento incentivador de la descarbonización. El autoconsumo eléctrico", en *Quincena fiscal*, núm. 5/2022, p. 19-28.

²¹ Gracia M. Luchena Mozo, "La fiscalidad como...", cit., p.20.

más atractivos desde el punto de vista técnico y financiero, con un coste de energía nivelado inferior a 0,1 €/kWh, a diferencia de los sistemas aislados que tiene un costo más alto, alrededor de dos o tres veces que el sistema fotovoltaico conectada a la red²². El costo de las baterías es ciertamente elevado, pero su uso puede ser rentable con los subsidios y también por los incrementos en los precios de la electricidad; ahora bien, si el precio de la electricidad aumenta en un 4 % entonces las baterías se vuelven rápidamente muy atractivas y ya no se necesitan de los subsidios²³.

Para nuestro estudio adoptamos el sistema con conexión a la red eléctrica (modalidad con excedentes no acogida a compensación) y para calcular el coste de los sistemas fotovoltaicos en función de la demanda energética propuesta para un determinado tipo de consumo, se ha tomado en cuenta el precio de los paneles solares, el inversor solar, la batería, la estructura de soporte, el cableado, el coste de instalación y el Impuesto al Valor Añadido. No se ha considerado los costos de operación-mantenimiento, ni los costos de reemplazo de algún componente cuando este ha finalizado su vida útil. Los precios de referencia de estos productos fueron tomados de la tienda online Autosolar energy solutions S.L.U que dispone de un amplio catálogo de kits de todos los componentes apropiados para FV²⁴.

3. Cálculo de las demandas energéticas

Para calcular nuestra instalación fotovoltaica se ha recurrido a la calculadora digital de autoconsumo de la Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía²⁵. Se ha considerado 11 tipos de consumos energéticos mensuales que van desde los 200 kWh hasta los 1.000 kWh, este rango elegido se debe a que el consumo medio mensual de un hogar español está entre 272,67 y 876,75 kWh según el informe “Análisis del consumo energético del sector residencial en

²² Carlos J. Sarasa-Maestro, Rodolfo Dufo-López y José L. Bernal-Agustín, “Analysis of photovoltaic self-consumption systems” en *Energies*, núm. 9 (9), 2016, p 681. <https://doi.org/10.3390/en9090681>.

²³ Grietus Mulder, Daan Six, Bert Claessens, Thijs Broes, Noshin Omar y Joeri Van Mierlo, “The dimensioning of PV-battery systems depending on the incentive and selling price conditions” en *Applied Energy*, vol. 111, 2013, p.1126–1135.

²⁴ Cuya página web es: <<https://autosolar.es/>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

²⁵ Disponible en: <<https://www.autoconsumoaldetalle.es/calcule-su-instalacion/>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

España²⁶. El cálculo se hizo para viviendas del municipio de Tarragona que tengan tarifas de acceso 2.0 TD y 3.0 TD, considerado también que la instalación solar fotovoltaica tenga baterías para el almacenamiento de energía.

El procedimiento seguido en el cálculo es el siguiente: primero se calcula el consumo energético y el importe anual de ese consumo sin la instalación fotovoltaica, después se calcula la energía anual aportada por los paneles fotovoltaicos considerando que este FV deberá cubrir el 55 % del consumo, con una PPI dentro el rango de 1 a 5,6 kWp. Seguidamente se calcula la demanda de energía de la red eléctrica necesaria que no puede abastecer el FV. Y finalmente se calcula el importe anual del consumo energético una vez instalado los paneles fotovoltaicos. En Tabla 2 podemos ver estos resultados. Como se esperaba a mayor consumo energético se necesita instalar un sistema fotovoltaico más robusto.

No	Antes de FV				Después de FV			
	Tarifa de acceso	Consumo mensual [kWh]	Total energía consumida [kWh/año]	Importe total energía sin FV [€/año]	Potencia fotovoltaica a Instalar [kWp]	Total energía generada a FV [kWh/año]	Demanda de red eléctrica [kWh/año]	Importe total energía con FV [€/año]
1	2,0 TD	200	2.400,0	1.211,6	1,01	1.255,9	1.144,1	870,0
2	2,0 TD	250	3.000,0	1.374,6	1,26	1.569,9	1.430,1	947,8
3	2,0 TD	300	3.600,0	1.537,7	1,55	1.883,9	1.716,1	1.025,5
4	2,0 TD	350	4.200,0	1.700,8	1,76	2.197,9	2.002,1	1.103,3
5	2,0 TD	400	4.800,0	1.863,9	2,20	2.511,9	2.288,1	1.181,0
6	3,0 TD	500	6.000,0	2.463,8	2,82	3.485,7	2.514,3	1.516,2
7	3,0 TD	600	7.200,0	2.789,9	3,38	4.182,8	3.017,2	1.652,9
8	3,0 TD	700	8.400,0	3.116,1	3,95	4.880,0	3.520,0	1.789,6
9	3,0 TD	800	9.600,0	3.442,2	4,51	5.577,1	4.022,9	1.926,2
10	3,0 TD	900	10.800,0	3.768,4	5,08	6.274,3	4.525,7	2.062,9
11	3,0 TD	1.000	12.000,0	4.094,6	5,64	6.971,4	5.028,6	2.199,6

Tabla 2. Cálculo de la energía consumida antes y después de la instalación fotovoltaica.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1 podemos observar los precios del importe de la energía consumida con o sin el FV, donde apreciamos que los importes con los FVs son más rentables en consumos superiores a 500 kWh porque reducen más del 50 % del

²⁶ IDAE, *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*, 2011, p. 55-58.

importe anual a pagar. En cambio, en los consumos entre los 200 a 400 kWh este beneficio del importe es más reducido.

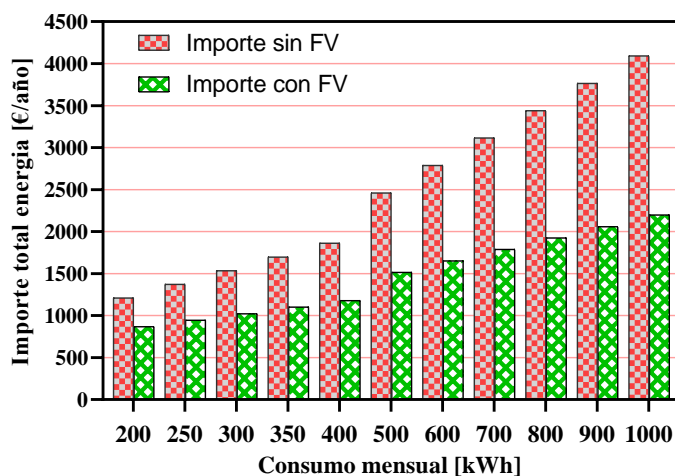


Figura 1. Precio de la energía con y sin la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia

4. Cálculo del periodo de retorno de la inversión considerando la bonificación del IBI

Teniendo en cuenta que la base imponible del IBI está constituida por el valor catastral del bien inmueble, consideramos 3 tipos de base impositiva, suponiendo que para consumos entre 200 - 400 kWh se trata de una vivienda de 100 m² y para consumos superiores a 500 kWh sería para viviendas de 150 m²; ambos valores optamos considerando que la superficie media de un hogar español es de 102,4 m², elevándose esta superficie a 140,2 m² en las viviendas de tipo unifamiliar²⁷.

Para el precio de las viviendas se ha tomado el valor de referencia de los bienes urbanos y rústicos de la Sede electrónica del Catastro, donde en función de algunas características como: tipología constructiva, superficie construida, antigüedad de la edificación, etc., representan mapas por sectores del valor medio de la vivienda representativa en €/m². Se ha elegido el sector de Torreforta y Tarragona con valores de 570 €/m² y 1290 €/m² respectivamente²⁸. De manera

²⁷ IDAE, *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*, 2011, p. 39.

²⁸ A la vista de estos precios y del tipo de gravamen establecido en el IBI, que es el 0,953%, no sorprende que Tarragona haya sido considerada en 2021 la segunda capital española con el IBI más caro de las 52 capitales de provincia, ya que por un inmueble con un importe catastral de 80.000 € un tarraconense tiene que pagar 762 €, cuando en Donostia pagan 147 €. *Vid.* Diari més digital 2022, disponible en: <<https://acortar.link/8roBQ4>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].

que los precios de vivienda serán de 57.000 €, 85.500 €, 129.000 € y 193.500 €. El precio de 85.500 € resulta de: $570 \text{ €/m}^2 \times 150 \text{ m}^2$.

Para continuar con el cálculo de los FV se procedió a determinar el coste de instalación en relación de la potencia pico del FV a instalar. Teniendo todas las variables y valores se ha calculado cual es el Período Simple de Retorno de la Inversión (PRI), que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente; cabe aclarar que no se ha considerado la depreciación del FV, la inflación, las variaciones del precio de la electricidad en el tiempo, los posibles cambios en la tarifa eléctrica. Para calcular el PRI se usa la siguiente fórmula:

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión inicial.

c = Flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

a) Caso 1 - Base impositiva de 80.000 €

En este primer caso, considerando que la cuota íntegra del IBI es de 762 € resultante de una base impositiva de 80.000 €, siendo la bonificación en este caso de 381 €/año que corresponde al 50 % y de 1.905 € durante los 5 años, los resultados muestran que la potencia pico a instalar en el FV es directamente proporcional al precio de la instalación. Este coste de instalación está dentro el rango de 4.683 € (1 kWp) hasta 11.828 € (5,6 kWp) tal como se aprecia en la tabla 3. Los ahorros generados por el FV en los consumos energéticos mensuales superiores a 600 kWh son más de 1.000 €/año, a diferencia de los consumos más bajos, tal es el caso del consumo mensual de 200 kWh con un ahorro anual de 342 €.

El tiempo del PRI sin considerar la bonificación es superior a los 10 años para los consumos mensuales comprendidos entre los 200 y 300 kWh, al contrario de lo que ocurre con los consumos superiores a los 400 kWh puesto que tienen

periodos de retorno inferiores a los 10 años, estos últimos resultados son favorables ya que tienen un menor tiempo para recuperar la costosa inversión inicial efectuada para el FV.

Al considerar la influencia de la bonificación, los resultados demuestran que ésta es más rentable para los consumos energéticos bajos llegando a reducir el PRI hasta de un 53 %, tal es caso para el consumo de 200 kWh mes que pasa de los 13,7 años a 6,5 años. Sin embargo, ocurre lo contrario para consumos elevados donde influencia de dicha bonificación no es muy significativa debido a una reducción de mínima entre los años comparados.

No	Consumo mensual [kWh]	Potencia fotovoltaica a Instalar [kWp]	Coste del Sistema FV [€]	Ahorro [€/año]	Retorno de la inversión Sin IBI [años]	Bonificación total IBI [€]	Retorno de la inversión con IBI [años]	Reducción en la inversión [%]
1	200	1,01	4.683	342	13,7	1.905	6,5	53
2	250	1,26	4.843	427	11,3	1.905	6,0	47
3	300	1,55	5.769	512	11,3	1.905	6,5	43
4	350	1,76	5.903	598	9,9	1.905	6,0	39
5	400	2,20	6.274	683	9,2	1.905	5,9	36
6	500	2,82	8.139	948	8,6	1.905	6,1	29
7	600	3,38	8.497	1.137	7,5	1.905	5,6	25
8	700	3,95	9.746	1.327	7,3	1.905	5,7	22
9	800	4,51	11.104	1.516	7,3	1.905	5,9	20
10	900	5,08	11.469	1.705	6,7	1.905	5,5	19
11	1.000	5,64	11.828	1.895	6,2	1.905	5,2	19

Tabla 3. Resultados del IBI con la Base Impositiva de 80.000 €. Fuente: Elaboración propia

b) Caso 2 - Base impositiva de 57.000 € y 85.500 €

Nuevamente la influencia de la bonificación es más favorable para consumos energéticos bajos (200 - 350 kWh/mes); esto puede ser debido a que el coste del FV es inferior en relación a las instalaciones fotovoltaicas de mayor consumo energético. En otras palabras, si consideramos el consumo mensual de 200 kWh donde el FV abastece el 55 % de su consumo energético anual²⁹ y el precio de instalación del FV es de 4.683 €, considerando que el IBI es de 543 €, el 50 %

²⁹ Se ha considerado cubrir el 55 % porque cuanto mayor sea la potencia instalar (kWp) del sistema fotovoltaico se necesitará más superficie en la cubierta para la instalación de los paneles fotovoltaicos, por lo que valores más altos suponen un inconveniente técnico en el momento de la instalación. Además, cabe señalar que el CTE no especifica qué porcentaje debe ser cubierto por una instalación fotovoltaica, por lo que este aspecto es decisión del técnico proyectista.

de la bonificación acumulada en los próximos 5 años será de 1.358 €, bonificación que equivale al 44 % del precio total de instalación fotovoltaica. Ahora bien, si a esta bonificación le sumamos el ahorro generado por el FV entonces tenemos una reducción muy importante en el periodo de retorno de la inversión, tal como podemos observar en la Tabla 4.

No	Coste del sistema FV [€]	Ahorro [€/año]	Retorno de la inversión Sin IBI [años]	Precio vivienda [€]	Bonificación total IBI [€]	Retorno de la inversión con IBI [años]	Reducción en la inversión [%]
1	4.683	342	13,7	57.000	1.358	7,6	44
2	4.843	427	11,3	57.000	1.358	7,5	39
3	5.769	512	11,3	57.000	1.358	7,4	35
4	5.903	598	9,9	57.000	1.358	6,8	31
5	6.274	683	9,2	57.000	1.358	6,6	28
6	8.139	948	8,6	85.500	2.037	6,0	30
7	8.497	1.137	7,5	85.500	2.037	5,5	26
8	9.746	1.327	7,3	85.500	2.037	5,6	23
9	11.104	1.516	7,3	85.500	2.037	5,8	21
10	11.469	1.705	6,7	85.500	2.037	5,4	19
11	11.828	1.895	6,2	85.500	2.037	5,1	18

Tabla 4. Resultados del IBI con la Base Impositiva de 57.000-85.500 €. Fuente: Elaboración propia

c) Caso 3 - Base impositiva de 129.000 € y 193.500 €

Antes de comenzar con este caso, debemos recordar los límites cuantitativos de la bonificación del IBI, dado que el importe máximo a aplicar es de 600 € por finca catastral. De manera que si la base impositiva del inmueble es de 193.500 € y su cuota íntegra en el IBI sea de 1.844 € y el 50 % de este valor asciende a 922 €, el contribuyente solamente recibirá 600 € anuales conforme a estas limitaciones de la bonificación.

Como en este caso se tiene en cuenta la máxima bonificación de 3.000 €, en los resultados de la tabla 5 observamos que tenemos los % más altos en el periodo de retorno de la inversión, a diferencia de los 2 casos anteriores.

No	Coste del sistema FV [€]	Ahorro [€/año]	Retorno de la inversión Sin IBI [años]	Precio vivienda [€]	Bonificación total IBI [€]	Retorno de la inversión con IBI [años]	Reducción en la inversión [%]
1	4.683	342	13,7	129.000	3.000	5,0	64
2	4.843	427	11,3	129.000	3.000	4,7	58
3	5.769	512	11,3	129.000	3.000	5,2	54
4	5.903	598	9,9	129.000	3.000	4,9	50
5	6.274	683	9,2	129.000	3.000	4,9	47
6	8.139	948	8,6	193.500	3.000	5,3	39
7	8.497	1.137	7,5	193.500	3.000	4,9	35
8	9.746	1.327	7,3	193.500	3.000	5,1	31
9	11.104	1.516	7,3	193.500	3.000	5,2	28
10	11.469	1.705	6,7	193.500	3.000	5,0	26
11	11.828	1.895	6,2	193.500	3.000	4,7	24

Tabla 5. Resultados del IBI con la Base Impositiva de 129.000-193.500 €. Fuente: Elaboración propia

d) *Discusión de los resultados*

El análisis del PRI nos da una visión amplia para evaluar cómo afecta la bonificación en la rentabilidad de una instalación fotovoltaica y como era de esperar sin la bonificación se tiene un periodo mayor en la amortización del FV, es decir, que se tarda más en recuperar la inversión inicial tal como lo muestra los 3 casos de estudio, por lo que la bonificación incorporada por el Ayuntamiento de Tarragona supone una gran ayuda para fomentar el autoconsumo³⁰.

³⁰ De hecho, hay que destacar que este tipo de incentivo fiscal es un componente importante para construir edificios más sostenibles conforme a una buena planificación en la política energética y en las estrategias para la mitigación de las emisiones de CO₂, dado que permite modular la conducta de las personas hacia un objetivo deseado, como es en este caso incentivar la mejora energética (En este sentido: Anber Rana, Rehan Sadiq, M. Shahria Alam, Hirushie Karunathilake y Kasun Hewage, "Evaluation of financial incentives for green buildings in Canadian landscape", en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, 110199, p.1-2; Rodolfo Salassa Boix, "Los tributos ecológicos y el principio quien contamina paga", en *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro*, vol. 21, núm. 39, 2014, p. 157, y "La protección ambiental a través de los tributos en el marco de la relación entre el deber de contribuir y el deber de preservar el medio ambiente", en *Quincena Fiscal*, núm. 12, 2018, p. 91). En especial, los créditos fiscales son los que tienen mayor impacto para aumentar nuevas instalaciones solares fotovoltaicas, tal como lo demuestra el estudio de Cristine Lasco Crago y Ilya Chernyakhovskiy, "Are policy incentives for solar power effective? Evidence from residential installations in the Northeast", en *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 81, 2017, p. 132-151, puesto que los sistemas solares fotovoltaicos residenciales en los Estados Unidos generalmente están vinculados a las redes de servicio público y los usuarios pueden recibir créditos fiscales sobre el costo de poner en marcha el sistema y luego pueden suministrar energía a la red para recibir créditos fiscales adicionales basados en la producción. De modo que los incentivos fiscales pueden ayudar a contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, si bien como indica García-Ovies, al establecerlos debe extremarse el llamado "control de proporcionalidad", para evitar un mal uso político de las mismas y que, en consecuencia,

Se ha visto que la potencia pico de instalación de un FV debe ser acorde con las necesidades reales en los consumos energéticos de un determinado hogar para evitar los sobredimensionamientos excesivos y elevar el coste del FV. Además, se debe considerar variables técnicas como la inclinación del panel, patrón de sombras, la tecnología del módulo, la superficie disponible y la irradiación solar³¹.

En la Figura 2 están representados los dos extremos de los 11 tipos de consumo energético mensual, por lo que el resto de los consumos están dentro de estos 2 límites que son: 200 kWh y 1.000 kWh. Las líneas segmentadas corresponden a los 3 casos de estudio con su respectivo IBI y la línea llena corresponde a estos dos consumos sin ninguna bonificación. Para el PRI se ha considerado la vida útil del FV de 20 años, en donde podemos observar lo siguiente:

- 1) Para todos los casos la intersección de la recta con el eje “x” significa que en ese año es donde se recupera la inversión del FV, y por encima de este eje corresponde al ahorro energético que supone la instalación fotovoltaica.
- 2) Si bien los consumos elevados al inicio requieren una fuerte inversión superior a los 11.000 €, esta inversión se recupera aproximadamente a los 6 años sin la bonificación del IBI y esta se reduce a 4,5 años con la bonificación.
- 3) En los bajos consumos se requieren inversiones alrededor de 5.000 €, sin embargo, el PRI está entre los 12 y 13 años sin la bonificación, pero con la bonificación este se reduce entre los 5 y 7 años, lo que hacen de esta bonificación una ayuda económica muy importante.
- 4) A medida que se aumenta los consumos energéticos mensuales de 250 a 900 kWh la pendiente del PRI tendrá un ángulo mayor de inclinación por lo que va intersectar con el eje “x” más pronto, lo que significa una reducción en los años del periodo de retorno de la inversión inicial al incrementar este consumo energético.

produzcan distorsiones. *Víd.* Isabel García-Ovies Sarandeses, “Los tributos como instrumento para la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible”, en Vázquez Rodríguez, B. (coord.), *Las relaciones entre el derecho y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)*, Aranzadi. Cizur Menor, 2022, p.307.

³¹ Álvaro Rodríguez-Martínez y Carlos Rodríguez-Monroy, “Economic analysis and modelling of rooftop photovoltaic systems in Spain for industrial self-consumption”, en *Energies*, vol. 14, 7304, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14217307>.

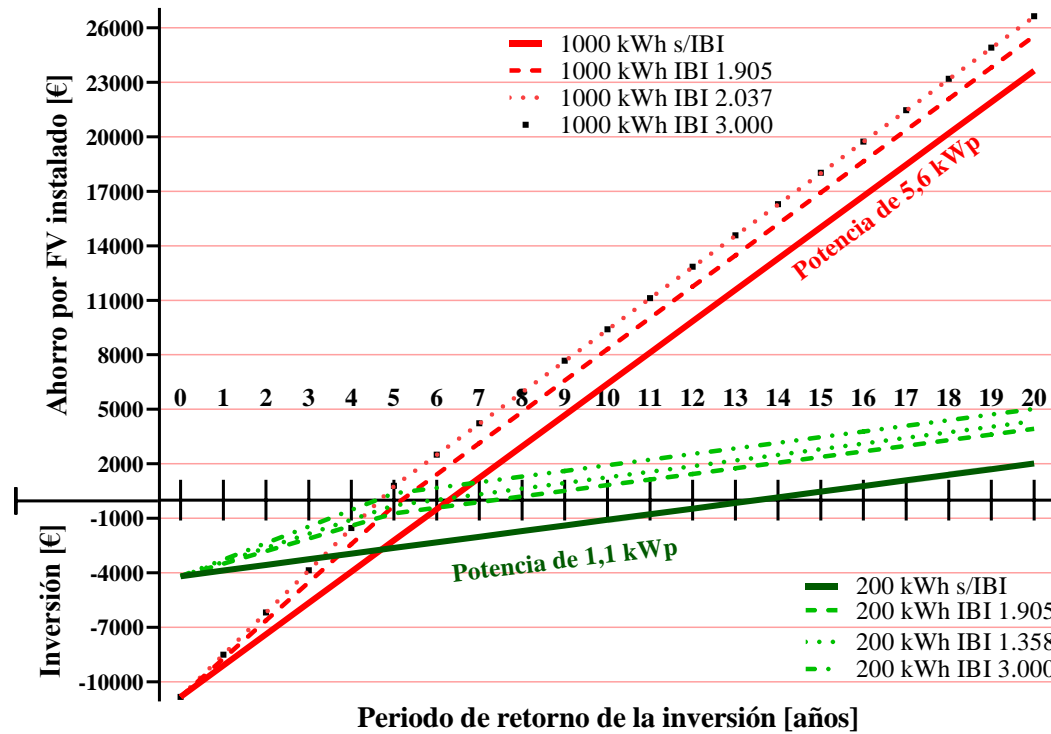


Figura 2. Periodo de retorno de la inversión para 200 y 1.000 kWh. Fuente: Elaboración propia

En términos generales, el análisis muestra que conforme aumenta la potencia pico de instalación del FV de 1 a 5 kWp se reduce el tiempo del PRI de 13 a 5 años respectivamente. Estos resultados son corroborados por Ordoñez et al. quienes afirman que los indicadores económicos son favorables para consumos de 3.500 kWh/año con la potencia fotovoltaica <5 kW y existe una mayor rentabilidad para los consumos superiores a 6.000 kWh/año, y en los consumos de electricidad por debajo de 2.000 kWh/año, el FV no es rentable³².

Por otro lado, almacenar la energía es más viable para los que pagan las tarifas eléctricas más altas³³ debido a la discriminación horaria (punta/valle/llano), ya que almacenar la energía puede evitar pagar los altos precios de la electricidad durante las horas de mayor demanda, además la gran diferencia entre ambas

³² Ángel Ordoñez, Esteban Sánchez, Lydia Rozas, Raúl García y Javier Parra-Domínguez, "Net-metering and net-billing in photovoltaic self-consumption: The cases of Ecuador and Spain" en *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 53, 102434, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102434>

³³ Mulder et al., "The dimensioning of PV-battery systems...", cit., p.1126–1135.

tarifas crea un fuerte incentivo para almacenar la producción *in situ* en lugar de inyectarla a la red³⁴.

Con los 3 casos y los 11 tipos de consumo energético se ha visto que los tipos de tarifa aplicables a los consumos energéticos mensuales determinan la rentabilidad de estas instalaciones fotovoltaicas y la potencia pico de instalación del FV.

La variación en el tiempo de amortización de este tipo de inversiones ciertamente puede influir en la decisión del propietario de realizar o no el FV, igualmente debe tenerse en cuenta que a medida que los costos de una instalación fotovoltaica continúen disminuyendo y los precios de la electricidad en la red continúen en aumentando, la energía fotovoltaica se convertirá en una fuente de electricidad económicamente cada vez más ventajosa, sobre todo en las regiones geográficas en expansión³⁵; hay que recordar además que desde el punto de vista social producir electricidad con un FV doméstica en las azoteas empodera a los ciudadanos hacia su soberanía energética, al control de su propio suministro energético, a la reducción de su huella de carbono, reducción de las facturas de electricidad y en la amortización de sus inversiones en pocos años³⁶.

Finalmente, señalar que las estimaciones aproximadas del coste de las instalaciones solares fotovoltaicas proporcionadas en el estudio se determinaron en el periodo de desarrollo del estudio, por lo que en adelante estos pueden variar por factores como los precios de los componentes fotovoltaicos, cotizaciones de las empresas instaladores, entre otros aspectos.

IV. CONCLUSIONES

La entrada en vigor del RD 244/2019 supone cambios muy relevantes en materia del autoconsumo porque se simplifican los trámites administrativos y técnicos,

³⁴ Carlos Mateo, Rafael Cossent, Tomás Gómez, Giuseppe Pretico, Pablo Frías, Gianluca Fulli, Alexis Meletiou y Fernando Postigo, "Impact of solar PV self-consumption policies on distribution networks and regulatory implications" en *Solar Energy*, vol. 176, 2018, p. 62–72.

³⁵ K. Branker, M.J.M. Pathak y J.M. Pearce, "A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity" en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.15(9), 2011, p. 4470–4482. Respecto el precio, nótese que en 2021 en España el valor de compra de los módulos a un coste normalizado pudo llegar a los 0,2 €/Wp en condiciones Delivered Duty Paid (DDP), si bien dicho valor varía significativamente de un país a otro (Rodríguez-Martínez et al., "Economic analysis and modelling", cit.).

³⁶ Gómez-Navarro et al., "Analysis of the potential...", cit., p.372–381.

agilizando estos procesos especialmente en pequeñas instalaciones (< 15 kW). Se eliminan los obstáculos para la expansión del autoconsumo en toda España con nuevas definiciones de las modalidades de autoconsumo, reduciéndolas a solo dos: autoconsumo sin excedentes y autoconsumo con excedentes.

Los resultados sugieren que las políticas como la nueva Ordenanza fiscal núm. 14 constituyen una pieza fundamental para avanzar hacia un nuevo modelo energético más sostenible porque, fomenta, impulsa y favorece el autoconsumo en la ciudad de Tarragona tal como lo demuestran los 3 casos del presente estudio. Además, esta ordenanza no es muy restrictiva a diferencia de otros Ayuntamientos de España que ponen limitaciones a la potencia pico a instalar, a la superficie construida, a la superficie para instalar los paneles solares, a las condiciones de la situación de la renta familiar, a obligaciones de poner instalaciones fotovoltaicas con colectores solares, a la inversión de la instalación solar, etc.

Para los consumos mensuales de 500 – 1.000 kWh se ha demostrado que independientemente de que obtengan pequeñas bonificaciones en el IBI, aun así su periodo de retorno de la inversión es muy rentable debido a la diferencia mínima de 1 y 2 años respecto del periodo de retorno con la bonificación. Esto se debe a los grandes ahorros energéticos generados por las instalaciones fotovoltaicas que reducen el coste de las facturas de electricidad a lo largo de la vida útil del sistema (20 años) y también al incremento constante del precio de la electricidad. Cabe matizar no obstante que una limitante de las instalaciones de mayor potencia sería la superficie disponible para la instalación de estos paneles fotovoltaicos y el elevado coste de inversión inicial.

En los consumos mensuales de 200 - 500 kWh la bonificación del IBI supone una gran ayuda para la instalación del sistema fotovoltaico porque el periodo de retorno pasa de 13 años sin la bonificación a 6 años con la misma. Considerando que existe una gran cantidad de familias que se encuentra dentro este rango, para una mayor efectividad de este incentivo fiscal para el autoconsumo, sería ideal que se amplié unos cuantos años más la duración de los 5 periodos impositivos, como lo hace por ejemplo el municipio de Premià de Mar con el 50 % durante los próximos 7 años.

En cuanto al periodo de retorno de la inversión, este es inversamente proporcional a la base impositiva para calcular la bonificación del IBI, es decir, a mayor bonificación menor tiempo de recuperación de la inversión. No obstante ello, como la cuantía máxima de la bonificación establecida por este concepto es de 600 € durante los próximos 5 años, en la vivienda cuyo valor catastral sea superior a 129.000 € se tendrá el mismo tratamiento que para la vivienda cuyo valor catastral sea inferior a esta cantidad.

Por último, en un momento crucial como en el que nos encontramos, donde cada día los noticiarios mencionan que se ha alcanzado un nuevo máximo histórico en el precio del MWh de electricidad, consideramos la nueva regulación de la bonificación en el IBI por la instalación de placas solares durante los cinco periodos impositivos desde la fecha de reconocimiento fiscal en Tarragona tendrá un efecto positivo y beneficioso sobre la economía general, porque fomentará la actividad económica y el empleo local debido a que esta norma puede promover el autoconsumo sin restricciones, considerando que la energía solar es un recurso natural e ilimitado. Además, que este municipio tiene una ubicación geográfica con una buena irradiación solar que favorece a este tipo de instalaciones.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Laura Almazor Escartín y Ignasi Puig Ventosa, “Introducción de criterios sociales en las ordenanzas fiscales municipales”, en *Revista Tributos Locales*, núm. 48, 2005, p. 89-99.
- Miguel Alonso Abella, *Sistemas de bombeo fotovoltaico*, CIEMAT, 2017, p. 3. Disponible en: <<https://static.eoi.es/savia/documents/componente45335.pdf>> [Última consulta, 31 de enero de 2023].
- Benito Bericochea Miranda, “Impuesto sobre bienes inmuebles y valor catastral. Una reforma pendiente”, en *Revista Catastro*, 2012, p. 7-30.
- K. Branker, M.J.M. Pathak y J.M. Pearce, “A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity” en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15(9), 2011, p. 4470–4482.

Noelia Cervero Sánchez y Luis Agustín Hernández, “Remodelación, transformación y rehabilitación. Tres formas de intervenir en la vivienda social del siglo XX”, en *Informes de la Construcción*, núm. 67(Extra1), 2015.

Isabel García-Ovies Sarandeses, “Los tributos como instrumento para la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible”, en Vázquez Rodríguez, B. (coord.), *Las relaciones entre el derecho y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)*, Aranzadi. Cizur Menor, 2022.

M^a Luisa González-Cuéllar Serrano, “La estrategia fiscal europea para el ahorro energético en el sector residencial”, en M^a Luisa González y Enrique Ortiz (dirs.), *La fiscalidad del sector eléctrico*, Tirant lo Blanch. Valencia, 2017.

Tomás Gómez-Navarro, Tommaso Brazzini, David Alfonso-Solar y Carlos Vargas-Salgado, “Analysis of the potential for PV rooftop prosumer production: Technical, economic and environmental assessment for the city of Valencia (Spain)”, en *Renewable Energy*, núm.174, 2021, p.372–381.

IDAE, *Análisis del consumo energético del sector residencial en España*, 2011.

Cristine Lasco Crago y Ilya Chernyakhovskiy, “Are policy incentives for solar power effective? Evidence from residential installations in the Northeast”, en *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 81, 2017, p. 132–151.

Carlos Mateo, Rafael Cossent, Tomás Gómez, Giuseppe Pretico, Pablo Frías, Gianluca Fulli, Alexis Meletiou y Fernando Postigo, “Impact of solar PV self-consumption policies on distribution networks and regulatory implications” en *Solar Energy*, vol. 176, 2018, p. 62–72.

Grietus Mulder, Daan Six, Bert Claessens, Thijs Broes, Noshin Omar y Joeri Van Mierlo, “The dimensioning of PV-battery systems depending on the incentive and selling price conditions” en *Applied Energy*, vol. 111, 2013, p.1126–1135.

Ángel Ordóñez, Esteban Sánchez, Lydia Rozas, Raúl García y Javier Parra-Domínguez, “Net-metering and net-billing in photovoltaic self-consumption: The cases of Ecuador and Spain” en *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 53, 102434, 2022.
<https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102434>

Anber Rana, Rehan Sadiq, M. Shahria Alam, Hirushie Karunathilake y Kasun Hewage, “Evaluation of financial incentives for green buildings in Canadian

landscape”, en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 135, 110199.

Álvaro Rodríguez-Martínez y Carlos Rodríguez-Monroy, “Economic analysis and modelling of rooftop photovoltaic systems in Spain for industrial self-consumption”, en *Energies*, vol. 14, 7304, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14217307>.

Emilia Román López, Estefanía Caamaño-Martín, Gustavo Romanillos y Carmen Sánchez, *Potencial de generación de energía solar térmica y fotovoltaica en los edificios residenciales españoles en su contexto urbano*, Ministerio de Fomento, noviembre de 2019.

Rodolfo Salassa Boix, “Los tributos ecológicos y el principio quien contamina paga”, en *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro*, vol. 21, núm. 39, 2014, p. 143-166.

Rodolfo Salassa Boix, “La protección ambiental a través de los tributos en el marco de la relación entre el deber de contribuir y el deber de preservar el medio ambiente”, en *Quincena Fiscal*, núm. 12, 2018, p.75-99.

Nicolás Sánchez García, *Tributos locales. Comentarios y casos prácticos*, 6ª Ed., Ed. Centro de Estudios Financieros. Madrid, 2016.

Carlos J. Sarasa-Maestro, Rodolfo Dufo-López y José L. Bernal-Agustín, “Analysis of photovoltaic self-consumption systems” en *Energies*, núm. 9 (9), 2016. <https://doi.org/10.3390/en9090681>.

Alba Torres-Rivas, Mariana Palumbo, Laureano Jiménez y Dieter Boer, “Self-consumption possibilities by rooftop PV and building retrofit requirements for a regional building stock: The case of Catalonia”, en *Solar Energy*, vol. 238, 2022, p. 150–161.

Ángel Urquizu Cavallé, “Propuestas para la lucha contra la pobreza”, *Quincena fiscal*, 2022 (BIB 2022\3069).

Marta Villar Ezcurra y Carmen Cámara Barroso, “Tax incentives for photovoltaic power self-consumption: an analysis of the Spanish experience”, en Theodoros Zachariadis, Janet E. Milne, Mikael Skou Andersen, and Hope Ashiabor (dirs.), *Economic instruments for a low-carbon future*. Elgar online, 2020, p. 19.

Milenka Villca-Pozo y Juan Pablo Gonzales-Bustos, “Tax incentives to modernize the energy efficiency of the housing in Spain”, en *Energy Policy*, núm.128, 2019, p.530–538.

Milenka Villca Pozo, “Principales rasgos configuradores de las bonificaciones del IBI e ICIO por la instalación de sistemas de aprovechamiento termico o electrico de la energia solar”, en *Revista Catalana de Dret Ambiental*, núm. 2, 2022, p. 1-29.