

05-016

ANALYSIS OF PROPOSALS FOR SOLAR PHOTOVOLTAIC FACILITIES IN SINGLE-FAMILY HOUSE IN MÁLAGA, SPAIN. OPTIMAL ALTERNATIVE, ASSOCIATED ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFECTS

Navarrete De Gálvez, Enrique (1); Marzal Peña, Noelia (1); De Andrés Díaz, José Ramón (1); Martínez Torres, José Luis (1); García Ceballos, M^a Luz (1)

(1) UMA

Before the start of the industrial revolution, in the second half of the 18th century, CO₂ values were about 280 ppm. Currently they are about 418 ppm. This increase in atmospheric CO₂ levels has been accompanied by a progressive increase in the average annual temperature that we can quantify at approximately 1.01°C. Among the measures adopted by the governments of different countries to contribute to the reduction of CO₂ production, we find those that refer to photovoltaic solar facilities. Beyond the environmental benefit that represent the energy generation without CO₂ emissions, it is important to accompany these measures with an economic stimulus: on one hand it can be with the savings derived from the self-consumption of energy produced in our installation, and on the other with the sale of the surplus of that energy. These aspects strongly depend on the current regulations. Nowadays, reference electricity distributors in Spain are making installation proposals through facilities companies with which they have agreements. Are these proposals the best options from an environmental and economic point of view?. In our communication we try to answer this question through a study case.

Keywords: Photovoltaic; self-consumption; CO₂ savings; electricity bill savings

ANÁLISIS DE PROPUESTAS PARA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR EN MÁLAGA ESPAÑA. ALTERNATIVA ÓPTIMA, EFECTOS MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS ASOCIADOS

Previo inicio de la revolución industrial, segunda mitad siglo XVIII, los valores de CO₂ rondaban las 280 ppm. En la actualidad rondan las 418 ppm. Este incremento en los niveles de CO₂ atmosférico ha venido acompañado de un aumento progresivo de la temperatura media anual que podemos cuantificar aproximadamente en 1.01°C. Entre las medidas adoptadas por los gobiernos de distintos países para contribuir en la disminución de producción de CO₂, encontramos las que hacen referencia a las instalaciones solares fotovoltaicas. Más allá del beneficio medioambiental que suponen como consecuencia de una generación sin emisiones de CO₂, es importante que estas medidas vengan acompañadas de un estímulo económico en forma de ahorro derivado del autoconsumo de una energía que nosotros mismos producimos en nuestra instalación, e incluso también de la venta del excedente. Estos aspectos dependen fuertemente de la normativa vigente. Actualmente las comercializadoras de referencia en España hacen propuestas a través de instaladoras con las que tienen convenios para este tipo de instalaciones. ¿Son sus propuestas las mejores desde un punto de vista medioambiental y económico?. En nuestra comunicación respondemos a esta cuestión a través del estudio de un caso.

Palabras clave: fotovoltaica; autoconsumo; ahorro CO₂; ahorro en factura de electricidad

Correspondencia: Enrique Navarrete de Gálvez. Correo: endg@uma.es



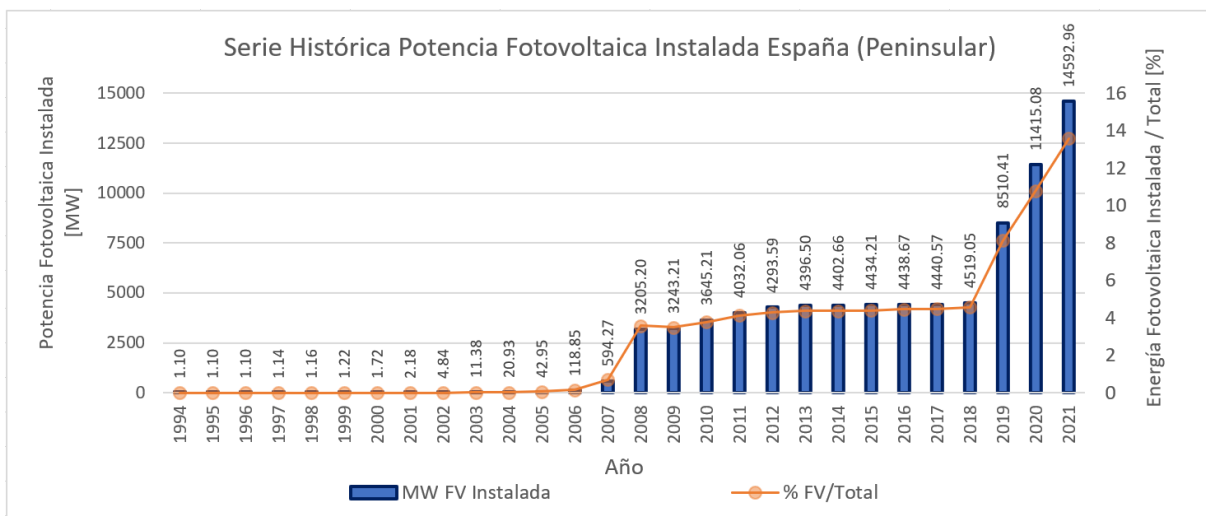
©2022 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1.INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas a los que nos enfrentamos en la actualidad es el Cambio Climático. Los nuevos hábitos de vida de las sociedades avanzadas demandan grandes consumos energéticos y de recursos naturales. El resultado es un incremento del CO₂ en la atmósfera terrestre, que ha pasado de las 280 ppmv del periodo preindustrial (Garduño, 2004) a las 418 ppmv (NASA, 2022) actuales. Este aumento de la concentración de CO₂ es acompañada de un incremento en la temperatura media de la superficie terrestre entre 1880 y 2021 de 1.01°C (NASA, 2022). Estos cambios climáticos han contribuido a parte de la pérdida de biodiversidad del planeta (Cavicchioli et al, 2019) y a parte de los desastres medioambientales ocurridos, olas de calor, sequías... (Xu et al, 2018). Para evitar un incremento de estos efectos en órdenes de magnitud que pudieran suponer un riesgo medioambiental serio, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) propuso limitar el calentamiento a 1,5°C respecto al periodo preindustrial, de manera que de ser superada dicha cota se habrán de tomar medidas de calado en transición energética, urbanismo, infraestructura... (IPCC, 2018).

Entre las acciones que los gobiernos de los distintos países han implementado para contribuir a esta causa, encontramos las que hacen referencia a las instalaciones solares fotovoltaicas. La potencia fotovoltaica en la España peninsular ha pasado de 1MW instalados en 1994 a los 14,593 MW instalados en 2021 siendo la serie histórica que registra su evolución la mostrada en la figura 1 (REE, 2022).

Figura 1. Serie histórica de potencia fotovoltaica instalada en la España peninsular en el periodo que va de 1994 a 2021 según datos de Red Eléctrica de España (REE).



Esta evolución de potencia fotovoltaica instalada se ha venido ajustando al marco normativo regulatorio. Hasta el año 2007 la presencia de esta tecnología en la generación era testimonial, no alcanzaba un 1% respecto del total de la potencia instalada. El RD 661/2007 supuso un impulso importante para la inversión en este tipo de tecnología que paso de un 0,71% del año 2007 a un 3,58% del año 2008, a partir del cual observamos un nuevo periodo de estancamiento hasta el 2019 a consecuencia de los cambios regulatorios que, de incentivar, pasaron a desincentivar la producción fotovoltaica, entre ellos el RD 900/2015 conocido como “impuesto al sol”. En el 2019 resultado de la disminución de los costes de producción de paneles solares fotovoltaicos, la nueva Directiva Europea de Energías Renovables de autogeneración y autoconsumo, materializada en España con la puesta en vigor del RD 244/2019, y las ayudas/subvenciones de financiación que las comunidades

practicaban para este tipo de instalaciones recuperamos el crecimiento (UNEF, 2018). Esta nueva situación ha propiciado que las comercializadoras de referencia propongan a los pequeños consumidores finales, a través de instaladoras asociadas, la disposición de paneles solares fotovoltaicas para autoconsumo, y de esta forma, contribuir tanto a la reducción de su factura eléctrica, como a la emisión de CO₂. En estas circunstancias nos preguntamos: ¿son las propuestas de estas instaladoras las mejores desde un punto de vista medioambiental y económico?

Trabajos previos en esta línea de investigación, la búsqueda de la eficiencia para instalaciones fotovoltaicas de pequeña potencia del sector residencial, encontramos bibliografía que hace referencia al uso de sistemas de gestión de demanda automáticos en viviendas situadas en España, presentando posibles mejoras en el aprovechamiento fotovoltaico de hasta un 26% (Castillo-Cagigal et al, 2011). Encontramos por contra estudios, en este caso 200 viviendas unifamiliares situadas en Suecia, que concluyen en un efecto limitado de la gestión de cargas (Widén, J. 2014). Estudios que presentan para el caso residencial y con normativa vigente el RD 900/2015 valores de tasa interna de retorno negativas de -1,51% en el mejor de los escenarios (Prol, J. L. & Steininger, K. W. 2017). Y también encontramos estudios que limitan el incremento del autoconsumo entre 2-15% por gestión de la carga (Luthander et al, 2015).

Estas contribuciones entre otras dejan patente, por una parte, la existencia de un margen de mejora en este tipo de instalaciones por gestión de la carga... y por otra la influencia que la normativa vigente tiene sobre la rentabilidad de mismas. Considerando el cambio normativo en autoconsumo fotovoltaico en España, siendo el RD 244/2019 la norma vigente, y atendiendo al resto de normas en vigor, daremos respuesta a nuestra pregunta de investigación a partir de un caso de estudio.

2.MÉTODO

Se seleccionó como caso de estudio una vivienda unifamiliar adosada situada C/Rio Grande 30, 29651, Las Lagunas de Mijas, Málaga. Potencia contratada de 5,750W. La vivienda se distribuye en dos plantas con una superficie total construida de 135m², dispone de una cubierta a dos aguas con una superficie total de 68.44m², inclinada 10° respecto de la horizontal y orientada longitudinalmente 40° oeste respecto del sur según figura 2.

Figura 2. Planta y perspectiva desde C/Rio Grande vivienda objeto de estudio. 70% de los 34.22 m² de faldón SO utilizable disposición paneles (capacidad máxima 10), 30% restante labores mantenimiento (fuente imagen de base Google Earth).



Se pidieron ofertas a algunas de las comercializadoras de referencia para la ejecución de una instalación solar fotovoltaica superpuesta sobre cubierta.

Posteriormente se solicitó el consumo eléctrico de la vivienda por tramos horarios para el año 2020. Dicho consumo se organizó por meses, para determinar posteriormente un día tipo por mes y por tramo horario, siendo el consumo de cada tramo horario del día tipo el promedio de consumo de todos los días del mes para dicho tramo.

Se descargaron por tramos horarios de la aplicación PVGIS (PVGIS, 2022) para un día tipo de cada mes en hora local con valor de inclinación 10° y azimut (respecto del sur) 40° , los datos de irradiancia y perfil de temperatura registrados para la localización de la vivienda objeto de estudio en la base de datos de radiación solar PVGIS-SARAH.

Se seleccionó para el modelizado de la instalación módulo solar fotovoltaico 2.41 m^2 , $500\text{ W}_{\text{Pico}}$, coeficiente potencia-temperatura $-0.34\%/^\circ\text{C}$ y $\text{TONC } 43^\circ\text{C}$.

El cálculo de la potencia generada en el punto de máxima potencia se obtuvo por aplicación de las ecuaciones 1 y 2 que siguen:

$$P_{mpp} = P_{mpp\ STC} \cdot \left[1 + \frac{\gamma_{\%/^\circ\text{C}}}{100} \cdot (T_c - 25) \right] \cdot \frac{G}{G_{STC}} \quad (1)$$

$$T_c = T_a + G \cdot \frac{\text{TONC} - 20}{800\ \text{W}/\text{m}^2} \quad (2)$$

Donde P_{mpp} se corresponde con la potencia en W en el punto de máxima potencia en condiciones de estudio, $P_{mpp\ STC}$ es la potencia en W en el punto de máxima potencia en condiciones estándar (Irradiancia $1000\ \text{W}/\text{m}^2$, AM 1.5 y T^a ambiente 25°C), $\gamma_{\%/^\circ\text{C}}$ es el coeficiente potencia-temperatura del módulo seleccionado, T_c es la temperatura de funcionamiento de la célula en $^\circ\text{C}$, G es la irradiancia en W/m^2 en las condiciones de estudio consideradas y el tramo horario considerado, G_{STC} es la irradiancia en condiciones estándar $1000\ \text{W}/\text{m}^2$, T_a es la temperatura ambiente en $^\circ\text{C}$ y TONC es la temperatura de operación nominal en condiciones de $800\ \text{W}/\text{m}^2$, T_a de 20°C y velocidad del viento de $1.5\ \text{m}/\text{s}$.

La potencia obtenida según parrado anterior fue corregida por aplicación de un coeficiente de 0.9 donde se incluyen las pérdidas por mismatch, polvo y suciedad, cableados, calidad del módulo e inversor (Osorio Laurencio, L., & Montero Laurencio, R. 2016).

Se estudiaron las pérdidas por sombreado del generador a causa de las edificaciones colindantes de mayor altura. Para el análisis se utilizó gráfico de trayectoria solar, distancia y diferencia de cota relativa entre el campo generador y el obstáculo. Se anuló la producción durante los periodos de tiempo en los que el generador permanece sombreado.

Se determinó el coste de factura eléctrica para cada mes en función de la potencia fotovoltaica pico instalada atendiendo a las consideraciones del RD 244/2019 (IDAE, 2020), tanto para el mecanismo de compensación simplificada como para el caso de venta de excedentes en mercado. Los términos de facturación de energía activa del PVPC eficiencia 2 periodos (DHA), los precios de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC) para el caso de mercado regulado, así como los precios de mercado SPOT diario España fueron obtenidos por tramos horarios del sistema de Información del Operador del Sistema esios.ree.es (esios.REE, 2022). Igual que en el caso de consumos se desarrolló un día tipo por tramos horarios por concepto y por mes como promedio de los valores de todos los días del mes para cada tramo horario. Para el caso de mercado libre se aplicaron los costes especificados por la comercializadora.

Para determinar el ahorro se utilizó como referencia la factura correspondiente a la tarifa PVPC con acceso 2.0 DHA sin instalación fotovoltaica.

Para determinar los costes de instalación se valoró el coste de sus componentes materiales a partir de los datos publicados en la red por diferentes casas comerciales y se contrastaron y completaron incluyendo sobre dichos costes los correspondientes a mano de obra y maquinaria según datos facilitados por empresa instaladora con un mercado en el sector durante el año 2020 de 100 kW_{Pico} instalados.

A partir de los costes de materiales, mano de obra y maquinaria se desarrolló una función lineal con un término fijo y uno variable función de la potencia pico instalada capaz de estimar el coste final de instalación.

Se determinó como criterio de eficiencia económica el cociente entre coste final de instalación y el ahorro anual en la factura y como criterio de eficiencia medioambiental el ahorro en las emisiones de CO₂, cuyo valor se obtuvo a partir de las tCO₂ eq./MWh (esios.REE, 2022).

Finalmente realizamos los cálculos correspondientes para cada una de las propuestas concretas de las comercializadoras, obtuvimos los parámetros de eficiencia económica y medioambiental previamente definidos. Se verificó en base a nuestro estudio el ahorro anual y periodo de amortización indicado por cada comercializadora en cada oferta. Se realizaron los cálculos correspondientes a instalaciones de entre 1 y 5 kW_{Pico} en mercado regulado con compensación simplificada y con venta a mercado. Atendiendo a nuestro criterio de eficiencia comparamos las ofertas de mercado libre con las correspondientes a mercado regulado y a su vez éstas entre sí para determinar la instalación fotovoltaica eficiente. Como criterio conservador se ha considerado como máxima potencia inyectable a red un 50% de la potencia contratada.

3.RESULTADOS

Las ofertas recibidas por las distintas comercializadoras se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Ofertas de instalación solar fotovoltaica y datos asociados aportados en propuestas por algunas de las comercializadoras de referencia en España.

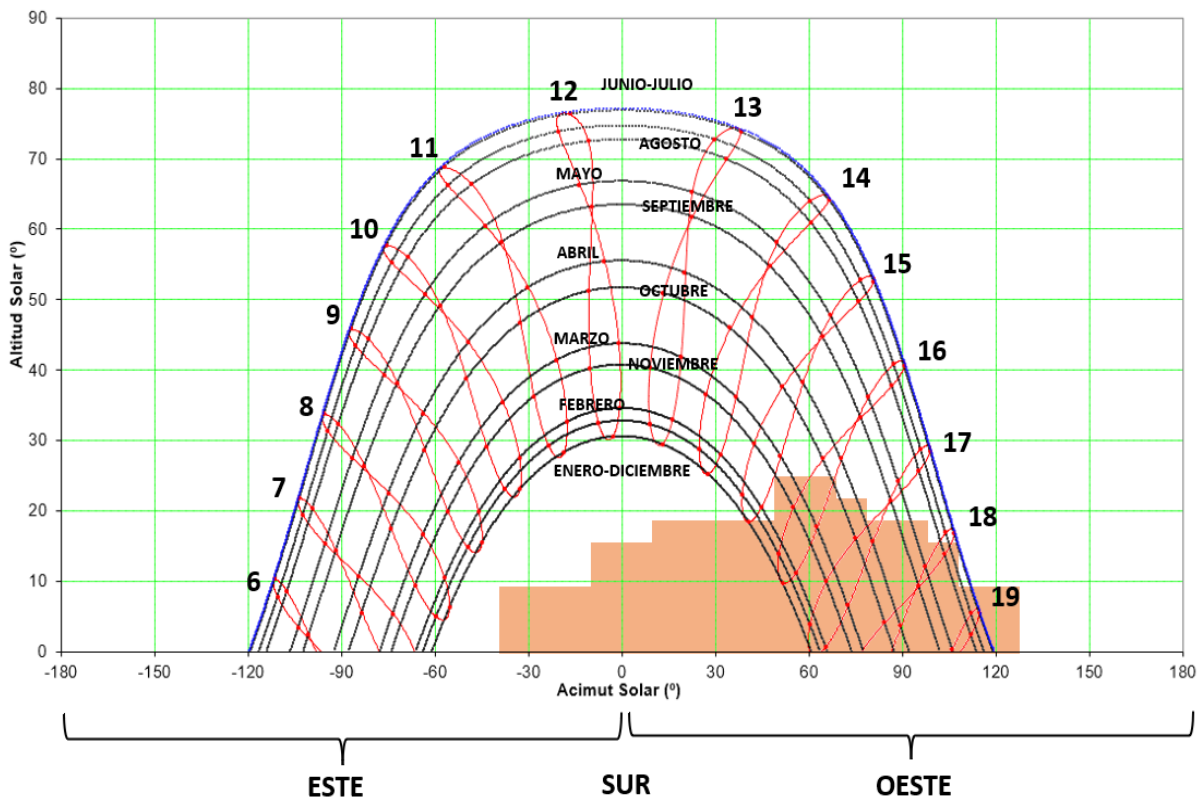
	Compañía 1	Compañía 2	Compañía 3	Compañía 4
kW_{Pico} Instalados	2.22	4	1.22	2.1

Ahorro €/año	337	*	349.39	706
Ahorro kg CO₂/año	808	*	528	998
Coste + I.V.A. €	4,999	7,499	4,413.81	4,049
Años Amortización	13	*	13	6
Termino Potencia €/kWh	0.104229	0.114703	0.11	0.131
Termino Energía P1 €/kWh	0.176	0.156103	0.11	0.1556
Termino Energía P2 €/kWh	0.105	0.079641	0.08	0.1159
Venta Excedente FV €/kWh	0.07	0.04589	0.051	0.05

Nota: * la empresa no aporta dato.

El estudio de sombreado arroja los resultados mostrados en figura 3 que sigue:

Figura 3. Perdidas de radiación solar por sombreado del generador fotovoltaico causado por edificaciones colindantes de mayor altura.



Los costes de instalación resultantes de nuestro estudio son los mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Costes de instalación totales, fijos y variables en función de la potencia pico instalada.

	1kW_{Pico}	2kW_{Pico}	3kW_{Pico}	4kW_{Pico}	5kW_{Pico}	6kW_{Pico}
Coste Variable [€]	1270.5	1754.5	2359.5	2964.5	3569.5	4174.5

Coste Fijo [€]	2825.35					
Coste Total [€]	4095.85	4579.85	5184.85	5789.85	6394.85	6999.85

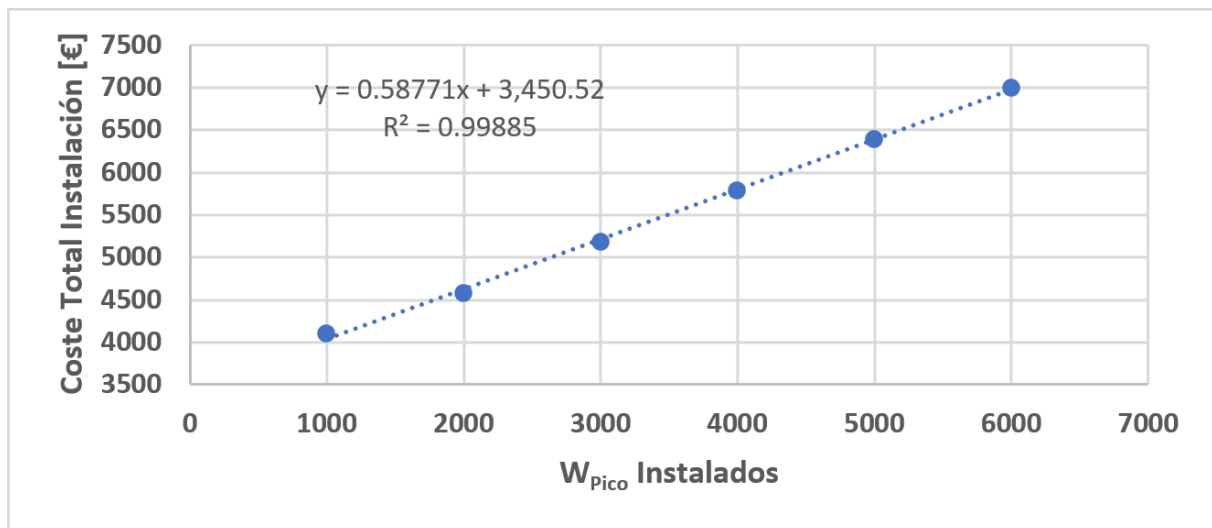
Nota: los costes fijos incluyen la cuadrilla de instaladores, grúa de elevación de material, cajas de protección continua y alterna con su correspondiente apartamento (magnetos cc, portafusibles cc, sobreintensidades transitorios lado cc, magneto ac 25A, diferencial 25A/300 mA clase A y sobreintensidades transitorio lado ac), 20m cable cc 4mm² + tubo blindado solar 20mm, 20m cable ca 6mm² + tubo blindado solar 20mm, legalización de instalación y pequeño material auxiliar. Los costes variables incluyen el inversor, placas y estructura soporte para instalación superpuesta. Primeras marcas.

La función lineal de regresión obtenida de la nube de puntos (coste total, potencia pico) mostrada en la figura 4, es la ecuación 3.

$$C = 0.58771 \cdot P_{Pico} + 3,450.52 \quad (3)$$

Donde C es el coste total de la instalación en €, y P_{Pico} es la potencia pico instalada en W.

Figura 4. Gráfica W_{Pico} Instalada y Coste Total de Instalación asociado. Ecuación de regresión lineal y cuadrado de coeficiente de correlación de Pearson del ajuste.



Los resultados correspondientes al ahorro anual en la facturación y emisiones de CO₂, así como de las relaciones costes de instalación / ahorro anual asociados a los casos de compensación simplificada o de venta a mercado de las situaciones analizadas en nuestro estudio son los mostrados en la tabla 3 y figuras 5 y 6 que siguen:

Tabla 3. Costes de instalación totales IVA incluido, KgCO₂ ahorrados año, ahorro anual en factura de electricidad y amortización estática si optamos por mecanismo de compensación simplificada o por el de venta de excedentes a mercado.

	Coste Instalación [€]	Ahorro Anual [KgCO ₂]	Ahorro Anual Factura CS [€]	Ahorro Anual Factura Mercado [€]	Amortiza Compensación Simplificada [Años]	Amortiza Mercado [Años]
1000W _{Pico}	4,038.23	214.28	167.40	161.66	24.12	24.99
2000W _{Pico}	4,625.94	428.56	231.48	216.33	19.98	21.38

3000W _{Pico}	5,213.65	642.83	256.62	265.51	20.31	19.64
4000W _{Pico}	5,801.36	856.59	277.56	313.93	20.90	18.47
5000W _{Pico}	6,389.07	1025.65	293.78	352.39	21.77	18.13
6000W _{Pico}	6,976.78	1139.69	299.45	379.62	23.30	18.37
Compañía 1	4,999.00 ^a	475.70	220.79	*	22.64	*
Compañía 2	7,499.00 ^a	856.59	239.22	*	31.35	*
Compañía 3	4,413.81 ^a	261.42	176.51	*	25	*
Compañía 4	4,500.00 ^a	449.98	126.59	*	35.55	*

Nota: los datos presentados en la tabla son resultado de nuestros cálculos. No se corresponden con los datos aportados en las ofertas de las distintas compañías a excepción de los costes de instalación marcados con el superíndice ^a. Las ofertas de las distintas compañías se acogen al sistema de compensación simplificada, es por ello por lo que no procede completar las casillas marcadas con * correspondientes al mecanismo de venta a mercado.

Figura 5. Ahorro anual [€] para los casos de compensación simplificada o venta a mercado del excedente generado y ahorro anual de emisiones en KgCO₂ en función a los W_{Pico} instalados

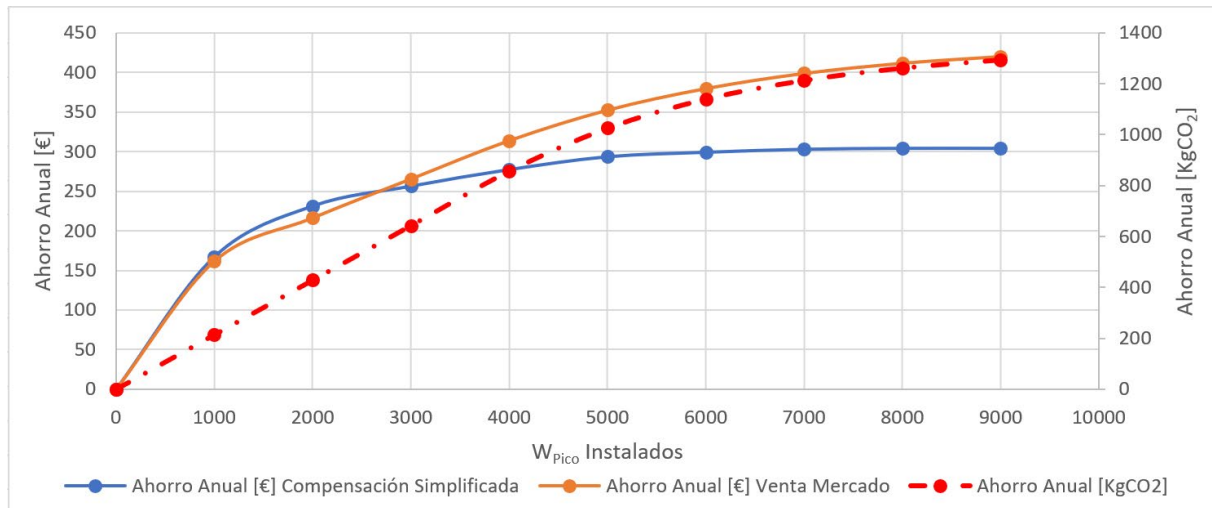
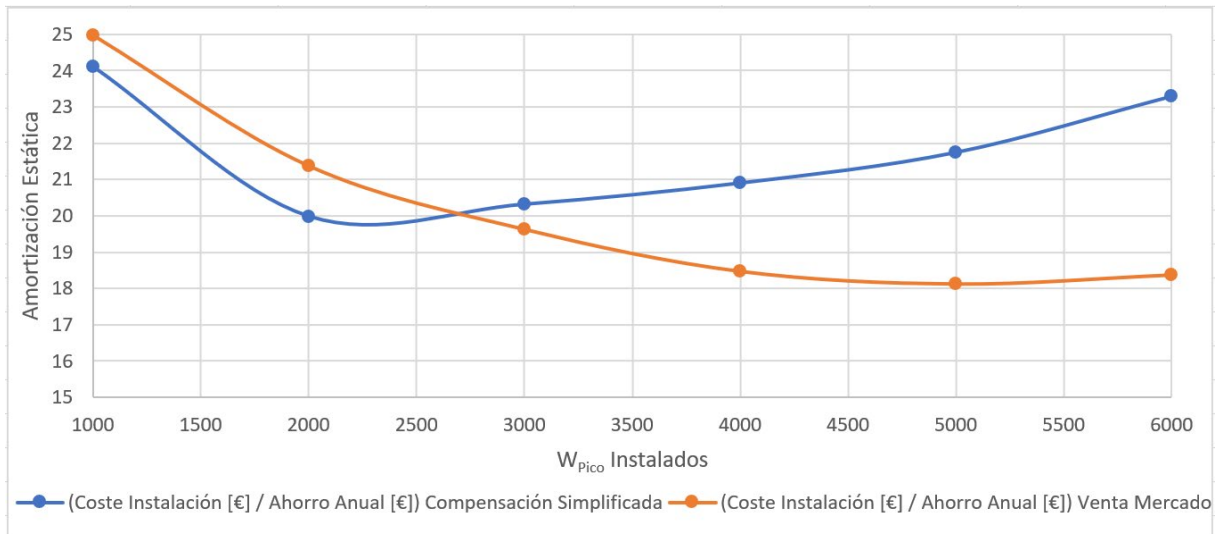


Figura 6. Amortización estática de la instalación en función del mecanismo de gestión del excedente, compensación simplificada o venta a mercado y de la potencia pico instalada



Nota: entiéndase amortización estática como el número de años resultante de la relación entre el coste total de la instalación [€] y el ahorro anual [€] obtenido en función del mecanismo de gestión de excedente considerado, compensación simplificada o venta a mercado.

4.DISCUSIÓN

La entrada en vigor del RD 244/2019 ha supuesto un importante impulso para las instalaciones fotovoltaicas en España. Bajo estas nuevas circunstancias han proliferado este tipo de instalaciones muy notablemente (ver figura 1). Con idea de aprovechar este impulso que ha experimentado el sector fotovoltaico, las principales compañías suministradoras han venido haciendo propuestas pack de instalación fotovoltaica y tarifa de compra/venta de la energía excedentaria bajo el mecanismo de compensación simplificada a viviendas unifamiliares aisladas y adosadas.

Atendiendo a los precios ofertados por las compañías, en comparación con los costes que podemos obtener a partir de nuestra ecuación 3, podemos decir que la dispersión de costes entre unas y otros está en el intervalo de [-15.7, 22.64]%. Siendo más barata la instalación propuesta por compañía sólo en un único caso, compañía 4, instalación de 2.1 kW_{Pico} a un coste de 4,049€. En dicho caso la garantía de paneles es de 12 años, frente a los 25 ofrecidos para las instalaciones según ecuación 3. En el resto de los casos, las instalaciones ofertadas superan el coste calculado según ecuación 3, en dos de ellos la variación es pequeña de aproximadamente un 5% y para el caso de la compañía 2, instalación de 4 kW_{Pico} a un coste de 7,499€ es de un 22.64%.

El coste medio por W_{Pico} que podemos obtener a partir de nuestra recta de regresión (ecuación 3), es de 2.69€/W_{Pico}, valor próximo a los 2.07€/W_{Pico} propuesto por Prol, J. L. & Steininger, K. W. en 2017. Estos valores han de ser considerados con reservas dado que en este tipo de instalaciones de baja potencia la economía de escala es un factor relevante, afectando el valor propuesto de forma sensible.

A pesar de que los periodos de garantía de las placas es 25 años y del inversor de 10 años, en los costes se ha considerado una vida útil de la instalación de 25 años, periodo durante el cual la instalación no va a requerir gastos adicionales.

El sombreado del generador fotovoltaico, provocado por las edificaciones colindantes de mayor altura, causa una pérdida de radiación solar y en consecuencia de la producción en enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre a partir de las 16:00, abril y octubre a partir de

las 17:00 y mayo, junio, julio, agosto y septiembre a partir de las 18:00 según figura 3, lo que supone unas pérdidas de producción anual de entre un 7 y un 9%.

Los resultados de nuestro estudio recogidos en la tabla 3, figuras 5 y 6 muestran que la mejor solución desde un punto de vista económico para el caso de compensación simplificada (que sólo permite la compensación del coste de energía, no peajes asociados) es la que se corresponde con una instalación de algo más de 2 kW_{Pico} (ver tabla 3 y figura 6) que consigue la menor relación coste ahorro (amortización estática) aproximadamente 20 años y un ahorro en emisiones de aproximadamente 430kgCO₂/año (ver tabla 3 y figura 5). Sin embargo, si optamos por la opción de venta a mercado, la mejor solución se corresponde con una instalación de 5 kW_{Pico} (ver tabla 3 y figura 6), con una relación coste ahorro de aproximadamente 18 años, y un ahorro en emisiones de 1026kgCO₂/año (ver tabla 3 y figura 5). Atendiendo a lo anteriormente indicado, añadido que la demanda de energía eléctrica de las familias es previsible pueda aumentar a consecuencia de nuevos consumos como pueda ser el coche eléctrico, el posible aumento del coste de la electricidad y el mayor ahorro en emisiones de CO₂ consideramos como mejor propuesta de instalación la que se ajusta a la opción de venta a mercado, presentando como inconvenientes el desembolso económico inicial y el trámite administrativo para la venta de los excedentes a mercado.

El ahorro anual en la facturación y emisiones de CO₂ indicadas en las ofertas de las distintas compañías superan sensiblemente a las obtenidas en nuestro estudio. En algunos casos la divergencia en el ahorro anual en la factura para ofertas con una potencia pico instalada similar resulta excesiva (ver tabla 1 compañía 1 vs compañía 4). En otros casos el ahorro en emisiones de CO₂ es superior para una potencia pico instalada inferior, lo cual resulta contradictorio (ver tabla 1 compañía 1 vs compañía 4). Todas estas circunstancias nos inducen a pensar que las ofertas presentadas no contemplan todas las pérdidas existentes en el proceso como puedan ser sombreados, mismatch, polvo..., y que se ha considerado un ajuste en el perfil de carga diario (gestión de la carga) desplazando un porcentaje representativo de los consumos al horario de producción fotovoltaica.

5. CONCLUSIÓN

Las ofertas dadas por las distintas compañías parecen no contemplar todas las pérdidas existentes en el proceso de generación fotovoltaica.

Las ofertas dadas por las distintas compañías parecen ajustar el perfil de consumo desplazando un porcentaje de las cargas al periodo de producción fotovoltaica.

Para este tipo de instalaciones de baja potencia la economía de escala es un factor relevante, pudiendo oscilar el precio para potencias de 1000W_{Pico} y 5000W_{Pico} entre 4.10€/W_{Pico} y 1,28€/W_{Pico} respectivamente.

La amortización del coste de una instalación de estas características en atención a nuestros cálculos puede oscilar en el entorno de los 20 a 18 años según la opción de gestión del excedente seleccionada. Una buena gestión de la carga o la subvención de parte del coste de instalación ayudarán a mejorar esos valores.

En base a nuestros resultados, en consideración de la economía de escala y con previsión a futuro las ofertas dadas por las compañías no son las mejores. La mejor alternativa es la instalación de 5 kW_{Pico}, con venta a mercado, relación coste ahorro 18 años, y un ahorro en emisiones de 1026kgCO₂/año.

Las barreras de optar por la venta a mercado del excedente son el incremento del coste total de la instalación y la gestión administrativa.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Castillo-Cagigal, M., Caamaño-Martín, E., Matallanas, E., Masa-Bote, D., Gutiérrez, Á., Monasterio-Huelin, F., & Jiménez-Leube, J. (2011). PV self-consumption optimization with storage and Active DSM for the residential sector. *Solar energy*, 85(9), 2338-2348. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.06.028>
- Cavicchioli, R., Ripple, W. J., Timmis, K. N., Azam, F., Bakken, L. R., Baylis, M., ... & Webster, N. S. (2019). Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nature Reviews Microbiology*, 17(9), 569-586. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5>
- esios.REE. (22 de 2 de 2022). Sistema de Información del Operador del Sistema. Obtenido de <https://www.esios.ree.es/es?locale=es>
- Garduño, R. (2004). ¿Qué es el efecto invernadero?. *Cambio climático: una visión desde México*, 2.
- IDAE. (2020). Guía profesional de tramitación del autoconsumo. Recuperado el 22 de 2 de 2022, de https://www.idae.es/sites/default/files/20201005_guia_autoconsumo_v.3.0.pdf
- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., & Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. *Applied energy*, 142, 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.028>
- NASA. (01 de 02 de 2022). NASA GLOBAL CLIMATE CHANGE Vital Signs of the Planet. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>
- NASA. (01 de 02 de 2022). NASA GLOBAL CLIMATE CHANGE Vital Signs of the Planet. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- Osorio Laurencio, L., & Montero Laurencio, R. (2016). Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal. *Ingeniería Energética*, 37(1), 45-54. Recuperado en 22 de febrero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012016000100006&lng=es&tlng=es
- Prol, J. L., & Steininger, K. W. (2017). Photovoltaic self-consumption regulation in Spain: Profitability analysis and alternative regulation schemes. *Energy Policy*, 108, 742-754. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.019>
- PVGIS, CEJR. (22 de 02 de 2022). *Photovoltaic geographical information system*. Obtenido de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. *Boletín Oficial del Estado*, 126, de 25 de mayo de 2007. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-10556>
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. *Boletín Oficial del Estado*, 243, de 10 de octubre de 2015. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10927>
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. *Boletín Oficial del*

Estado, 83, de 06 de abril de 2019. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2019-5089>

REE. (11 de 02 de 2022). REE/REData/Generación/Potencia instalada. Obtenido de <https://www.ree.es/es/datos/generacion>

UNEF. (2018). *2017: el inicio de una nueva era para el sector fotovoltaico*. Recuperado el 17 de 02 de 2022, de <https://www.unef.es/es/descargar-documento/291f54294f1d4f8fc093efde4367e37a>

Widén, J. (2014). Improved photovoltaic self-consumption with appliance scheduling in 200 single-family buildings. *Applied Energy*, 126, 199-212. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.008>

Xu, Y., Ramanathan, V., & Victor, D. G. (2018). Global warming will happen faster than we think. *Nature* 564, 30-32 (2018). <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07586-5>

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

