

Nota Técnica

Diseño y análisis preliminar de una instalación de paneles solares fotovoltaicos para el abastecimiento de una vivienda residencial con vehículo eléctrico

Design and preliminary analysis of an installation of photovoltaic solar panels to supply a residential home with an electric vehicle

Carlota García González^a, Carmen Vásquez-Stanescu^{b,a}, Rodrigo Ramírez-Pisco^{a,c}

^aUniversidad de Barcelona, España

^bUniversidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela

^cUniversitat Carlemany, Andorra

DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.22319.25769>

Recibido: 24-10-2020

Aceptado: 20-02-2021

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño básico de una instalación fotovoltaica en una vivienda residencial en la ciudad de Madrid en dos (2) casos, en los que se considera o no la adquisición y uso de un vehículo eléctrico. Se recurre a la base de datos PVGIS® para la estimación de la irradiación de la zona, situada entre 86 y 233 kWh/m². El Caso A considera el consumo de la vivienda y del vehículo eléctrico. Su diseño se compone de 11 módulos fotovoltaicos y siete (7) baterías de ion-litio con sus accesorios. El Caso B, que sólo considera el consumo de la vivienda, se compone de ocho (8) módulos fotovoltaicos y cuatro (4) baterías de ion-litio, así como otros accesorios. Se lleva a cabo la comparativa sobre la rentabilidad económica de ambas instalaciones y se determinan las emisiones evitadas de cada una de ellas. Se comprueba como el Caso B es más rentable económicamente, pero es el Caso A el que permite evitar mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: paneles solares fotovoltaicos, transición energética, vehículo eléctrico, gases de efecto invernadero.

Código UNESCO: 3322.05 - Fuentes no convencionales de energía.

Abstract

The purpose of this work is the basic design of a photovoltaic installation in a residential home in the city of Madrid in two (2) cases, in which the acquisition and use of an electric vehicle is considered or not. The PVGIS® database is used to estimate the irradiation of the area, located between 86 and 233 kWh / m². Case A considers the consumption of the home and the electric vehicle. Its design consists of 11 photovoltaic modules and seven (7) lithium-ion batteries with their accessories. Case B, which only considers the consumption of the home, consists of eight (8) photovoltaic modules and four (4) lithium-ion batteries, as well as other accessories. The comparison is carried out on the economic profitability of both facilities and the avoided emissions of each of them are determined. It is proven that Case B is more profitable economically, but it is Case A that allows avoiding the greatest amount of greenhouse gas emissions.

Keywords: photovoltaic solar panels, energy transition, electric vehicle, greenhouse gases.

UNESCO Code: 3322.05 - Unconventional sources of energy.

1. Introducción

La promoción y mejora de la movilidad de los vehículos privados en centros urbanos ha favorecido el calentamiento global. El vehículo privado garantiza una mayor seguridad y usabilidad a sus usuarios en aquellos países donde el transporte urbano no está ampliamente desarrollado [1]. Actualmente, prevalece el uso de vehículos de combustión interna sobre los eléctricos. Sin embargo, las políticas para la disminución de las emisiones de gases y material particulado al ambiente y otros beneficios tratan de impulsar el uso del vehículo eléctrico sobre los convencionales de combustión. Sólo para el 2018 la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en su informe Global EV Outlook muestra que la venta de vehículos eléctricos a nivel mundial supera las 3.290.000 unidades, siendo el gigante asiático de China quien ocupa el primer lugar en esta estadística con un total de 2.300.000 unidades [2][3].

Entre las ventajas de los vehículos eléctricos nos encontramos que su conducción es más confortable, debido básicamente a la ausencia del ruido del motor [4] y de los cambios de velocidad [5]. Posee como beneficios adicionales que la eficiencia energética es superior al 90% [6] y la reducción de los costes de mantenimiento y su independencia a los combustibles fósiles [7]. Sin embargo, los costes de adquisición de esta tecnología aún son mayores que los de combustión [8] y se han de tener en cuenta los impactos ambientales generados por su fabricación [9] y las emisiones de gases y material particulado producto de las fuentes energéticas con la cuales se alimentan [7]. Su autonomía hasta los puntos de recarga es limitada, con lo cual requieren de un mayor tiempo de repostaje [5]. Autores como Castaño [10] aseguran que son una excelente solución a la transición energética, para mitigar las consecuencias del calentamiento global.

El calentamiento global es producto de acciones antropogénicas, entre las que se incluyen la deforestación y el uso de combustibles fósiles [11]. Estos combustibles generan gases de efecto invernadero y el incremento de su concentración en la atmósfera ha ocasionado el aumento de la temperatura promedio del planeta respecto a la era preindustrial. Sus consecuencias son devastadoras para la fauna y flora que habitan en la Tierra. La desaparición de especies, el aumento del nivel del mar o la pérdida de la masa glacial y forestal en las selvas, son algunos de los hechos más relevantes que demuestran que el cambio climático es una realidad. Según datos de la Comisión Europea [12] para el año 2017, los sectores industrial, de generación de energía y el de transporte son los principales responsables de las emisiones de estos gases.

En el presente siglo existen más de 3.000 millones de personas que dependen aún de la madera, el carbón o los desechos de origen animal para cocinar y calentar sus alimentos. En este marco, Naciones Unidas establece una serie de objetivos de cara al año 2030 [13] entre los que destacan garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles y aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. En línea con lo comentado, entre 2017 y 2018, en España se produjo un incremento del 94% de la potencia instalada en generación fotovoltaica, según las estimaciones llevadas por la Unión Española Fotovoltaica (UNEF) [14].

Este hecho es el resultado de la aprobación de diferentes normas y programas legislativos que tienen como fin fomentar el uso de las energías renovables como fuente de autoabastecimiento y que se mencionan a continuación:

- a. *Entrada en vigor de la Directiva 2018/2001 en Europa:* establece un objetivo obligatorio de al menos un 32% de aporte de energías renovables en 2030 para todos los Estados Miembros. Adicionalmente, el Reglamento de Gobernanza 2018/1999 [16] fija la obligación de estos Estados de elaborar Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima para el periodo 2021-2030, donde se describa su estrategia para lograr los propósitos impuestos por la ya mencionada Directiva 2018/2000 [15].

- b. *Aprobación del Real Decreto 15/2018 en España*: define medidas urgentes para la transición energética y protección de los consumidores [17]. Con ello se elimina el conocido “impuesto al sol” promovido por la antigua Ley 24/2013 [18] y se simplifican los trámites administrativos para las instalaciones de pequeña potencia.

Por otra parte, entre los programas de incentivos en España se mencionan a continuación los dos más significativos:

- a. *El Plan de impulso de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico en el sector residencial de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM)*: en el año 2019 se ha publicado su segunda edición con el propósito de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones residenciales, así como una reducción de las emisiones contaminantes [19].
- b. *El Plan de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (MOVES) financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)* [20]: tiene como finalidad promover la compra de vehículos alternativos y la instalación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos, entre otros.

Adicionalmente se han llevado a cabo diversos estudios orientados a evaluar el impacto que genera el incremento de la demanda, debido a la carga de vehículos eléctricos, sobre los sistemas eléctricos de distribución [21][22][23], otros han estimado el impacto en el caso que estos sistemas eléctricos de distribución sean en base a fuentes renovables como son los paneles fotovoltaicos [24].

Sin embargo, el propósito del presente trabajo es determinar el diseño básico de una instalación fotovoltaica con el fin de abastecer energéticamente una vivienda residencial en la ciudad de Madrid en dos (2) casos, en los que se considera o no la adquisición y uso de un vehículo eléctrico, cuya carga se abastecerá a través de los paneles fotovoltaicos adquiridos para la vivienda residencial.

Además, se describe la metodología utilizada para el diseño de la instalación fotovoltaica, incluido el de su banco de baterías, y un breve análisis económico de los dos casos anteriormente citados. Para este último fin, se han considerado los beneficios e incentivos existentes en España para la transición energética del consumo de la vivienda y de la adquisición del vehículo eléctrico. Como corolario, se ha evaluado la reducción de emisiones GEI que supone la implantación del proyecto sobre la vivienda residencial.

2. Desarrollo

2.1 Metodología

Como instalación residencial se considera una vivienda unifamiliar con 305 m² construidos, ubicada en Getafe, Comunidad de Madrid, España. Para obtener los datos de irradiación para la inclinación óptima (H_{opt}) y la temperatura media de la zona (T_{24h}) de forma mensual, se utiliza la aplicación *Photovoltaic Geographical Information System*® (PVGIS®) [25]. Se distinguen dos (2) casos de estudio, en función de si la instalación ha de abastecer:

- El consumo de la vivienda y el de un vehículo eléctrico (Caso A).
- El consumo únicamente de la vivienda (Caso B).

El gasto energético de la vivienda se determina en base a facturas reales proporcionadas por la empresa comercializadora de energía eléctrica local. Para el vehículo eléctrico se considera el modelo Nissan Leaf con una autonomía de 220 km y una capacidad de la batería de 40 kWh [26]. Además, se asume un recorrido mensual de 900 km. Para el diseño se determina el número de paneles de tipo

policristalino, ya que su tolerancia a la temperatura es menor, recalentándose menos que el panel monocristalino [27]. Las características del panel policristalino sobre el que se basa el estudio se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de diseño del panel policristalino.

Potencia (W)	Superficie (m ²)	TK Voc (%/°C)	NOCT (°C)
330	1,94	0,29	45

Fuente: [28]

TK Voc: Coeficiente de temperatura de Voc (Tensión de circuito abierto).

NOCT: Temperatura de funcionamiento normal de la célula.

Para la estimación del número de celdas se consideran las pérdidas de rendimiento espectrales y las de irradiación, que afectan directamente a los paneles solares (PR_0) [29]. Adicionalmente, se incluyen las pérdidas de rendimiento asociadas a los elementos del sistema (PR_{BOS}), como son por suciedad, las asociadas al uso de las corrientes continua y alterna, las del inversor o las del transformador. Estas pérdidas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis teórico de las pérdidas de rendimiento del sistema.

Tipo	Porcentaje (%)
Spectral losses	1,0
Irradiation	1,5
PR_0	97,5
Dust and dirt	2,0
L Ohmic lost DC	1,0
L mismatch	0,7
L Inverter	3,0
L Ohmic lost AC	0,5
L Transformers	2,0
PR_{BOS}	91,2

Fuente: [29] [30].

Para almacenar y suministrar energía en periodos de bajo rendimiento de los paneles, se asume que la instalación estará equipada con baterías de ión-litio de capacidad 2,4 kWh [31], ya que éstas ofrecen excelentes propiedades [32]. Finalmente, se realiza el análisis de la rentabilidad económica (que incluye la tasa de retorno y el valor actual neto) y se determinan las emisiones evitadas por el uso de fuentes de energía renovable, como son los paneles.

2.2 Resultados

a. Diseño

El Cuadro 3 muestra los datos de irradiación para la inclinación óptima (H_{opt}) y la temperatura media de la zona (T_{24h}) obtenidos con PVGIS®. Además, el Cuadro 4 recoge el consumo para los dos (2) casos de estudio, determinado a partir de facturas eléctricas y la estimación del consumo de energía eléctrica del vehículo.

Cuadro 3. Datos de irradiación y temperatura extraídos de PVGIS.

	H_{opt} (kWh/m ²)	T_{24h} (°C)
Enero	86,1	7,9
Febrero	120	7,2
Marzo	179	8,4
Abril	168	11,5
Mayo	182	15,7
Junio	222	23,6
Julio	231	28,6
Agosto	233	27,7
Septiembre	200	23,0
Octubre	151	16,5
Noviembre	101	9,1
Diciembre	104	6,8

Cuadro 4. Consumo energético anual y promedio base para el diseño.

Caso en estudio	Consumo energético anual (kWh)	Consumo energético bimensual (kWh)
A	5.856	976
B	3.936	656

El cálculo del rendimiento se aproxima con las ecuaciones (1) y (2), donde intervienen los porcentajes de pérdidas de rendimiento contenidos en el Cuadro 2 [29] [30].

$$PR_m = PR_0 \cdot [1 + \alpha_{pt} \cdot (T_a - 25 + T_{NOCT} - 20)] \quad (1)$$

$$PR_{BOS} = 1 - L_{polvo} - L_{DC} - L_{conexión} - L_{inv} - L_{AC} - L_{transformadores} \quad (2)$$

Considerando las características del panel policristalino del Cuadro 1 [28], se determina el número necesario para abastecer el consumo de cada uno de los casos de estudio. A través de los datos proporcionados por PVGIS® se estima la producción de referencia (Y_r) según la ecuación (3), donde G_0 es la irradiación solar en condiciones estándar de medida y toma un valor de 1.000 W/m^2 .

$$Y_r = \frac{H_{opt}}{G_0} \quad (3)$$

Conocido el rendimiento de los paneles y del resto de elementos del sistema (PR_0 y PR_{BOS}) se determina la eficiencia de la instalación (PR_f) según la ecuación (4).

$$PR_f = PR_m \cdot PR_{BOS} \quad (4)$$

Finalmente, para obtener la producción del módulo (Y_m) y la instalación (Y_f) se recurre a las ecuaciones (5) y (6). El Cuadro 5 recoge los valores mensuales calculados para los parámetros de diseño.

$$PR_m = \frac{Y_m}{Y_r} \quad (5)$$

$$PR_f = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (6)$$

Cuadro 5. Parámetros de diseño calculados mensualmente.

Mes	Y _r	PR _m (%)	PR _f (%)	Y _m (h)	Y _f (h)
Enero	86,1	95	87	82,0	74,8
Febrero	120,0	95	87	114,6	104,5
Marzo	179,0	95	87	170,3	155,3
Abril	168,0	94	86	158,3	144,4
Mayo	182,0	93	85	169,4	154,5
Junio	222,0	91	83	201,6	183,9
Julio	231,0	89	82	206,5	188,4
Agosto	233,0	90	82	208,9	190,5
Septiembre	200,0	91	83	182,0	166,0
Octubre	151,0	93	85	140,2	127,8
Noviembre	101,0	95	87	95,9	87,4
Diciembre	104,0	96	87	99,4	90,7
Total	1.977,1	93	84	1.829,1	1.668,2

La potencia de la instalación depende del consumo a abastecer y de la producción de la instalación (Y_f), tal y como recoge la ecuación (7).

$$P_{instalación} = \frac{\text{Consumo instalación}}{Y_f} \quad (7)$$

Finalmente, conocida la potencia unitaria del panel (ver Cuadro 1) y la de la instalación, se determina número de paneles con la ecuación (8). El Cuadro 6 muestra los datos de diseño para los casos A y B.

$$N_{paneles} = \frac{P_{instalación}}{P_{panel}} \quad (8)$$

Cuadro 6. Número de paneles y variables asociadas al cálculo

Caso	P (kW)	Prod. teórica, P _f (kWh/año)	Nº paneles	Prod. real (kWh/año)
A	3,51	5.856	11	6.055
B	2,36	3.936	8	4.404

A partir del consumo total de cada caso se calcula el consumo diario y, finalmente, el número de baterías según la ecuación (9). El Cuadro 7 muestra los resultados de cada uno de los casos de estudio considerando el modelo de batería *Pylontech US2000B Plus 48V 2.4kWh* [31].

$$N^{\circ} \text{ baterías} = \frac{\text{consumo diario}}{\text{capacidad útil de la batería}} \quad (9)$$

Cuadro 7. Número de baterías.

Caso	Consumo diario (kWh)	Número de baterías
A	16,0	7
B	10,8	4

b. Estudio de rentabilidad

La inversión de la instalación fotovoltaica se aproxima por medio de los porcentajes teóricos mostrados en la Figura 1.

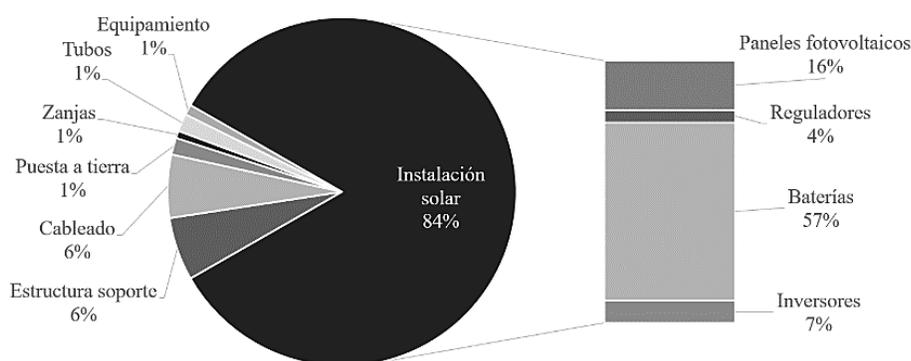


Fig 1. Valores teóricos de aproximación de la inversión [33].

En base al número de paneles para cada caso y su coste, 141,9 €/panel [28], se determina la inversión de la instalación fotovoltaica. Además, en el Caso A, se considera el coste de adquisición del vehículo eléctrico por valor de 31.400 € [34], tal y como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Inversión inicial para los casos A y B.

Ítem	Caso A	Caso B
Inversión (€)	41.363	5.072
Instalación fotovoltaica (€)	9.963	5.072
Vehículo eléctrico (€)	31.400	-

La evaluación de la rentabilidad se basa en las siguientes premisas:

- Para los casos A y B, se asume que la instalación cumple las condiciones del Plan de Impulso de Instalaciones de Autoconsumo Fotovoltaico en el sector residencial [19], por el que se subvenciona el 30% de la instalación fotovoltaica.
- En ambos casos se tiene en cuenta el ahorro económico que supone dejar de depender de la compra de energía eléctrica a la empresa local. Esto se cuantifica como un beneficio a la hora de desarrollar el balance económico, considerando 0,2477 €/kWh [35] como precio medio de la electricidad.

- En el Caso A se considera como beneficio económico el ahorro que supone dejar de consumir gasoil por el uso de un vehículo convencional, teniendo en cuenta un precio medio de 1,414 €/litro [36].
- En el Caso B, por el contrario, este consumo de gasoil supone un gasto adicional en lugar de un beneficio económico.
- Para el Caso A, con el fin de promover la compra de vehículos eléctricos, el Plan MOVES otorga una ayuda de 5.500 €. Adicionalmente, se asume la venta del vehículo convencional por valor de 1.480 € [20] que será sustituido por el eléctrico.
- En ambos casos se estima un 1% de la inversión como gasto de mantenimiento anual de la instalación solar fotovoltaica y la sustitución de las baterías en el año 11 de la inversión [37].
- Se considera un 3% de inflación, así como de interés de referencia [38].
- Se tienen en cuenta 25 años de operación para la instalación, por ser una aproximación de la vida media de los paneles solares [28].

El Cuadro 9 recoge los datos de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y del Valor Actual Neto (VAN) para el último año de operación. Además, la Figura 2 muestra gráficamente el resultado para los principales parámetros que intervienen en el análisis de rentabilidad.

Cuadro 9. Resultados del análisis de rentabilidad.

	Caso A	Caso B
TIR (%)	3,9	4,9
Año de recuperación de la inversión	23	22
VAN año 25 (€)	4.403	2.577

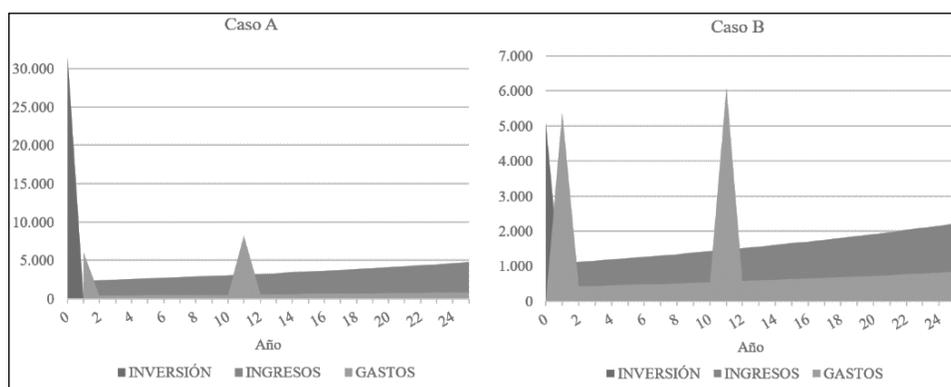


Fig 2. Resultado de las principales partidas del análisis de rentabilidad.

c. Emisiones de gases de efecto invernadero evitadas

La instalación de paneles solares trae consigo una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero al evitarse la dependencia del consumo de combustibles fósiles derivados de la energía eléctrica y del vehículo. Con el fin de cuantificar la reducción de las emisiones que supone la sustitución del consumo de electricidad suministrado por la empresa de prestación del servicio por una fuente renovable, se sigue la ecuación 10. La ecuación 11 permite determinar las emisiones

evitadas gracias al uso del vehículo eléctrico (en el Caso A) o generadas por el empleo de un vehículo convencional (Caso B)

$$Emisiones (kgCO_2) = FE \left(\frac{kg CO_2}{kWh} \right) Consumo de energía eléctrica (kWh) \quad (10)$$

$$Emisiones (kgCO_2) = FE \left(\frac{kg CO_2}{l} \right) Consumo de gasoil (l) \quad (11)$$

Los factores de emisión empleados en el cálculo son los valores actualizados y propuestos en la versión 13, de abril 2020, por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España [39]. El Cuadro 10 resume las emisiones evitadas y generadas para los Casos A y B.

Cuadro 10. Emisiones Gases Efecto Invernadero (GEI).

Emisiones anuales (tCO₂)	Caso A	Caso B
Evitadas	2,53	1,04
Generadas	0,00	1,48
Balance	2,53	-0,44

En el Caso A las emisiones son evitadas en su totalidad debido a que la instalación consume electricidad de origen renovable y no depende de combustibles fósiles para el transporte al hacer uso de un vehículo eléctrico. En el Caso B se evitan emisiones gracias al uso de electricidad renovable. Sin embargo, se generan emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles del vehículo. El balance, por tanto, es positivo para el Caso A y negativo para el Caso B, manteniendo este último impacto al ambiente por emisiones debidas al transporte.

d. Relación entre las curvas de demanda y precio medio del MWh

La distribución del consumo energético en los casos de estudio se resume en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Distribución del consumo eléctrico en los Casos A y B.

Destino del consumo	Caso A	Caso B
Uso doméstico (%)	63,7	100
Uso transporte (%)	36,3	-

Finalmente, es importante destacar la similitud entre la curva de la demanda eléctrica y la del precio medio del *MWh* en España (ver Figura 3 y Figura 4) pues están estrechamente relacionadas entre sí, afectando los niveles de consumo.

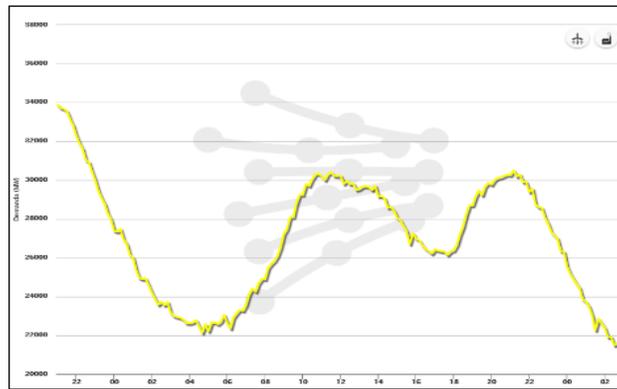


Fig 3. Curva de la demanda eléctrica española | Fecha 01/02/2020 [40].

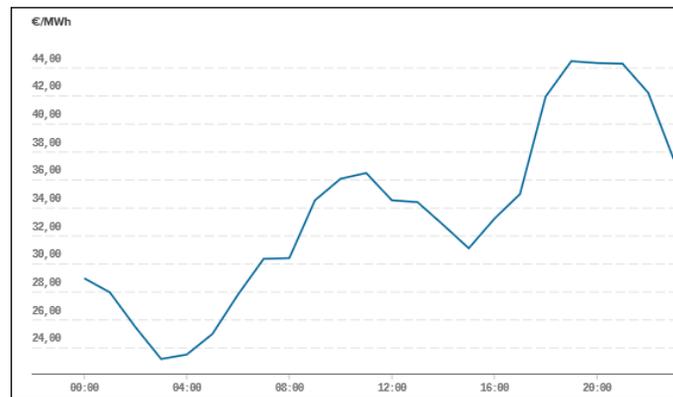


Fig 4. Precio medio horario del MWh en España | Fecha 01/02/2020 [41].

3. Conclusiones

Tras llevar a cabo el diseño básico de la instalación se concluye que en el Caso A serán necesarios once (11) paneles fotovoltaicos para abastecer el consumo energético de la vivienda y el vehículo, así como siete (7) módulos de baterías. Por otro lado el Caso B contará con ocho (8) paneles fotovoltaicos y cuatro (4) baterías. Económicamente, la instalación diseñada para el Caso B posee una mayor rentabilidad, aunque la recuperación de la inversión es tan solo un (1) año antes que en el Caso A, equipado además con un vehículo eléctrico.

Ambientalmente, es el Caso A el que permite una mayor reducción de emisiones de CO₂ debido a que el consumo proviene de energía renovable, a diferencia del Caso B que emplea un vehículo convencional con fines de transporte. Por la similitud entre la curva de la demanda eléctrica y la del precio medio del MWh en España, estas se encuentran estrechamente relacionadas entre sí, especialmente en los momentos de mayor demanda cuando el precio medio del MWh presenta valores superiores, ocurriendo lo contrario en las denominadas horas “valle” o de menor consumo, donde el precio medio del MWh se sitúa en valores mínimos. Por esta razón, es recomendable efectuar la recarga del vehículo eléctrico del Caso A por la noche, cuando el precio de la electricidad es inferior.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética (MERSE) de la Universidad de Barcelona (UNIBA), España, al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y la Red Iberoamericana de Transporte y Movilidad Urbana Sostenible (RITMUS, 718RT0566).

Referencias

- [1] F. De Quevedo, Y. Aspirilla, M. Guadalupe. Entropías de la movilidad urbana en el espacio metropolitano de Guadalajara: Transporte privado y calidad del aire. *Tecnura*, 21 (53): 138-149, 2017.
- [2] International Energy Agency, Global EV Outlook 2019 - Scaling up the transition to electric mobility, 2019. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>.
- [3] A. Arcos-Vargas, F. Núñez Hernández, G. Villa-Caro. DEA analysis of electricity distribution in Spain: An industrial policy recommendation. *Energy Policy*, 102: 583-592, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.004>
- [4] P. Poveda-Martínez, J. Ramis-Soriano, E. Parizet, K. Janssens. Percepción sonora de vehículos eléctricos, *Revista de Acústica*, 47 (3 y 4): 37-43, 2016. <https://core.ac.uk/reader/78637870>
- [5] J. M. Miranda Hernández, N. Iglesias González. Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. *Observatorio Medioambiental*, 18: 57-85, 2015.
- [6] E. Quispe, L. Mantilla. Motores eléctricos de alta eficiencia: características electromecánicas, ventajas y aplicabilidad. *Revista Energía Computación*, 12(1): 11-19, 2004.
- [7] R. Andara. Usabilidad, impactos ambientales y costos de los vehículos de combustión interna y eléctricos, *TRIM*, 17: 111-125, 2019. <https://revistas.uva.es/index.php/trim/article/view/4203>
- [8] G. F. Araya. Introducción de vehículos eléctricos de uso particular en Costa Rica: costo total de posesión e impacto en la red eléctrica de distribución. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica, 2018. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/5812>
- [9] P. Frías Marín, C. De Miguel Perales. Aspectos medioambientales del vehículo eléctrico. *Economía Industrial*, 411:45-53, 2019. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/411/FR%20C3%8DAS%20Y%20DE%20MIGUEL.pdf>
- [10] F. Castaño. Conducción, en condiciones reales de Galicia, de un Vehículo Eléctrico con autonomía extendida (REX), *Dínamo Técnica*, 19: 12-15, 2016.
- [11] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014, 2014. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- [12] M. Crippa, G. Oreggoni, D. Guizzardi, M. Muntean, E. Schaaf, E. Lo Vullo, E. Solazzo, F. Monforti-Ferrario, J. Oliver y E. Vignati. Fossil CO2 and GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union, 2019. <http://dx.doi.org/10.2760/687800>
- [13] Naciones Unidas (ONU). Energía asequible y no contaminante: por qué es importante, 2019.
- [14] Unión Española Fotovoltaica (UNEF). Informe Anual 2019 - El sector fotovoltaico impulsor de la transición energética, 2019.
- [15] Comisión Europea. Directiva 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, 2018.
- [16] Comisión Europea. Reglamento 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, 2018.
- [17] Gobierno de España. Real Decreto-ley 15/2018 de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición

- energética y la protección de los consumidores, Boletín Oficial del Estado, 2018.
- [18] Gobierno de España- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, Boletín Oficial del Estado, 2013.
- [19] Comunidad de Madrid. Extracto de 4 de junio de 2019, de la Orden de la Consejería de Economía, Empleo y Hacienda, por la que se convoca la concesión de ayudas a través del II Plan de Impulso de Instalaciones de Autoconsumo Fotovoltaico en el Sector Residencial, Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, 2019.
- [20] Gobierno de España. Real Decreto 72/2019, de 15 de febrero, por el que se regula el programa de incentivos a la movilidad eficiente y sostenible (Programa MOVES), Boletín Oficial del Estado, 2019.
- [21] J.A. Gómez-Gélvez, C. Hernán, V. Kaul, L. Isla. La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina, Banco Interamericano de Desarrollo, 2016.
- [22] Á.J. Bazurto, J. Zúñiga, D.F. Echeverry, C.A. Lozano. Perspectiva del transformador de distribución en redes eléctricas con alta penetración de generación distribuida y vehículos eléctricos, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(2): 35-48, 2016. <https://doi.org/10.18359/rcin.1710>
- [23] E.A. Álvarez, H. C. Caraballo, R.R. Gómez, M.A. Montero, I.J. Soto, E.A. Jiménez, M.E. Aybar. Potencial impacto energético de los vehículos eléctricos en la red de distribución del Distrito Nacional, República Dominicana, *Ciencias, Ingenierías y Aplicaciones*, 2(1):45-66, 2019. <https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i1.pp45-66>
- [24] C.A. Cruz. Análisis y diseño de una red electrolinería para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica, Trabajos de Titulación, Carrera de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6639>
- [25] Comisión Europea, Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), 2020. <https://ec.europa.eu/jrc/en/scientific-tool/pvgis>
- [26] Electric Vehicle. Database. Nissan Leaf Battery Electric Vehicle, 2020, <https://ev-database.org/car/1106/Nissan-Leaf>
- [27] M. B. Carreras. Montaje y mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas (ISF), Editex, 2019.
- [28] Atersa Shop, Panel Solar 330W 24V – Placa Solar ATERSA A-330P GS, 2020. <https://atersa.shop/panel-solar-a-330p-gse/>
- [29] S. Ekici y M. Kopru, Investigation of PV System Cable Losses, *International Journal of Renewable Energy Research*, 7(2):807-815, 2017. <https://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/5660>
- [30] N. Manoj Kumar, R. Prasad Gupta, M. Mathew, A. Jayakumar y N. Kumar, Performance, energy loss, and degradation prediction of roof-integrated crystalline solar PV system installed in Northern India, vol. 13, 2019.
- [31] Autosolar. Batería Litio 2.4kWh Pylontech US2000B Plus 48V, 2020. <https://autosolar.es/baterias-litio-48v/bateria-litio-24kwh-pylontech-us2000b-plus-48v>
- [32] S. Elías, S. Morresi, A.M. Tombolato. Internationalization of Higher Education in the light of some indicators, *European Scientific Journal ESJ*, May Special Edition :488-498, 2016. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/7422>
- [33] J. Peñaranda. Proyecto instalación solar fotovoltaica aislada, Universidad Politécnica de Cartagena, 2013.
- [34] Nissan, Nissan Leaf - Precios y versiones, 2020. <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf/precios-y-versiones.html>
- [35] Unión Europea. Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards), Portal de Datos Abiertos de la UE. Eurostat, 2019. <https://data.europa.eu/euodp/es/data/dataset/aqDMwMrWaIVNy4eZt2rYOO>
- [36] Gobierno de España. Índice de variación mensual de los precios medios del gasóleo en España, Ministerio de Fomento, 2019.
- [37] C. Johan y B. Sandén. Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part II: Energy return factors

- and overall battery efficiencies, *Energy Conversion and Management*, 46(11-12):1980-2000, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.10.004>
- [38] Banco Interamericano de Desarrollo. Energía fotovoltaica de autoconsumo - Estudios de viabilidad técnico-económica, 2015.
- [39] Gobierno de España. Factores de emisión - Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Versión 13, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020.
- [40] Red Eléctrica de España. Península - Seguimiento de la demanda de energía eléctrica, 2020. <https://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/total/2020-02-01>
- [41] Red Eléctrica de España. Precio medio horario final, 2020. <https://www.esios.ree.es/es/mercados-y-precios>

Sobre los autores

Carlota García González

Ingeniero Químico e Ingeniero Ambiental. Cursante del Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética del Centro Universitario Internacional de la Universidad de Barcelona (UNIBA), España.
Correo: garcia.carlota@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7346-6034>

Carmen Luisa Vásquez-Stanescu

Ingeniero Electricista, Magíster Scientiarum en Ingeniería Eléctrica, Doctora en Ciencias Técnicas.
Tutora en el Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética del Centro Universitario Internacional de la Universidad de Barcelona (UNIBA), España.
Profesora jubilada de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Venezuela.
Correos: cvasquez@unexpo.edu.ve, carmenluisavasquez@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0657-3470>
[Perfil Google Scholar](#)

Rodrigo Ramírez-Pisco

Ingeniero Electricista, Doctor en Ingeniería Eléctrica.
Profesor en el Centro Universitario Internacional de la Universidad de Barcelona (UNIBA), España.
Coordinador del Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética.
Director del Bachelor en Ingeniería de Organización Industrial de la Universitat Carlemany, Andorra.
Correos: rramirez@unibarcelona.com, rramirez@universitatcarlemany.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8648-3805>
[Perfil Google Scholar](#)

Forma de citar:

C. García-González, C. Vásquez-Stanescu, R. Ramírez-Pisco. Diseño y análisis preliminar de una instalación de paneles solares fotovoltaicos para el abastecimiento de una vivienda residencial con vehículo eléctrico. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*. 14(1), 38-50, 2020. <https://revistas.uclave.org/index.php/pcyt>