

## Finance, Markets and Valuation

### Análisis de viabilidad de un sistema fotovoltaico: La importancia de las expectativas

#### Feasibility analysis of a photovoltaic system: the importance of expectations

Johan Estiven Santamaría López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España. Email: joslan22j@ade.upv.es

JEL: O13; O14; Q42

#### Resumen

En la actualidad, problemas como el cambio climático y la presión sobre los ecosistemas hacen necesarios cambios profundos a nivel económico y social. Uno de los ámbitos más críticos es la generación de energía, con el fin de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles no renovables. En este contexto, este trabajo analiza, desde un enfoque meramente económico, la viabilidad de una inversión en un sistema fotovoltaico doméstico presentándose tres escenarios futuros. Se observa cómo el contexto legal tiene gran importancia en la rentabilidad del proyecto y, por lo tanto, en las decisiones de los agentes económicos.

*Keywords:* Análisis de rentabilidad; Energías renovables; Energía solar fotovoltaica; Marco legal.

#### Abstract

At present, problems such as climate change and pressure on ecosystems require profound changes at the economic and social levels. One of the most critical areas is energy generation, in order to reduce greenhouse gas emissions and dependence on non-renewable fossil fuels. In this context, this paper analyses, from a purely economic perspective, the viability of an investment in a domestic photovoltaic system, presenting three future scenarios. Results show how the legal context has great importance in the profitability of the project and, therefore, in the decisions of the economic agents.

*Keywords:* Profitability analysis; Renewable energies; Photovoltaic solar energy; Legal framework.

DOI:  
10.46503/MKZT9115

Corresponding author  
Johan Estiven  
Santamaría López

Recibido: 28 Oct 2019  
Revisado: 12 Dic 2019  
Aceptado: 26 Dic 2019

Finance, Markets and  
Valuation  
ISSN 2530-3163.

## 1 Introducción

Este trabajo analiza la viabilidad de la instalación de placas solares en una vivienda unifamiliar en el territorio español.

Para ello se van a plantear tres escenarios diferentes y se va a hacer un estudio de la rentabilidad de cada uno, eligiendo el escenario que mayor rentabilidad ofrezca. En este caso, la rentabilidad se medirá en términos del menor coste. Se concluirá la viabilidad de la instalación en base a la alternativa escogida como mejor en el estudio.

*Cómo citar este artículo:* Santamaría López, J. E. (2019) Análisis de viabilidad de un sistema fotovoltaico: La importancia de las expectativas. *Finance, Markets and Valuation* 5(2), pp. 45–55.

Las condiciones del estudio serán las siguientes:

- - El espacio temporal de estudio de la inversión será de 10 años.
- En cada alternativa se instalará el mismo número de placas solares.
- Se utilizarán las mismas marcas y modelos de placas solares en todas las alternativas.
- Se supondrán valores medios basados en datos reales.
- Suponemos un tipo de tarifa de la luz PVPC para autoconsumo.
- Todos los datos serán tomados suponiendo que los escenarios están ubicados en la Comunidad Valenciana.

## 2 Presentación de los escenarios

Antes de presentar los escenarios hay que aclarar que se van a escoger las opciones más favorables a la instalación de placas solares. Se van a descartar opciones que no aprovechen o rentabilicen lo máximo posible la producción de energía solar en el contexto normativo actual. Así, no se va a plantear una instalación de paneles solares sin vender el excedente generado. Tampoco se va a considerar una instalación completamente independiente de la red eléctrica.

Los escenarios que planteamos son los siguientes:

1. Vivienda unifamiliar SIN placas solares conectados y dependiente 100 % de la red eléctrica.
2. Vivienda unifamiliar CON placas solares fotovoltaicas y conexión a la red eléctrica. Se vende el excedente producido.
3. Vivienda unifamiliar CON placas solares fotovoltaicas, baterías para el almacenamiento del excedente producido y conexión a la red eléctrica.

## 3 Análisis de las condiciones medioambientales

En la Comunidad Valenciana las condiciones medioambientales favorecen este tipo de producción de energía ya que en la mayor parte del año tienen un clima soleado. No existen grandes periodos de lluvias, estas son puntuales y cortas, y tampoco existen muchos tramos de nubosidades. Bien es cierto que no es la ubicación más idónea en España, pero las condiciones son buenas.

Como podemos ver en la figura 1, la Comunidad Valenciana tiene una radiación solar media anual elevada en general, teniendo puntos donde esta es de  $5.1 \text{ kWh/m}^2$  (ADRASE, 2020; Red Eléctrica de España, 2020).

Otro factor a tener en cuenta es cómo se reparte esta radiación durante el año. No es lo mismo tener una radiación constante durante todo el año a que haya grandes diferencias de unos meses a otros.

Una radiación regular favorecería la rentabilidad de la inversión porque se podría almacenar y consumir energía aprovechando las horas de sol para almacenar la energía excedente durante el día en las baterías (si las tenemos) y, consumir esta durante la noche (sin tener excedentes que no podamos almacenar).

Una radiación irregular haría que en algunos periodos tuviéramos más a menudo excedente y más a menudo déficit, haciendo esto menos rentable la inversión.

La radiación solar en la Comunidad Valenciana varía bastante de unos meses a otros, esto juega en contra de la rentabilidad del proyecto. Por otro lado, las horas de luz solar no son las mismas durante todo el año. Estas varían según el momento del año. En la figura 2 podemos ver como se reparten las horas de sol en el año en Valencia (Climate Data, 2020).

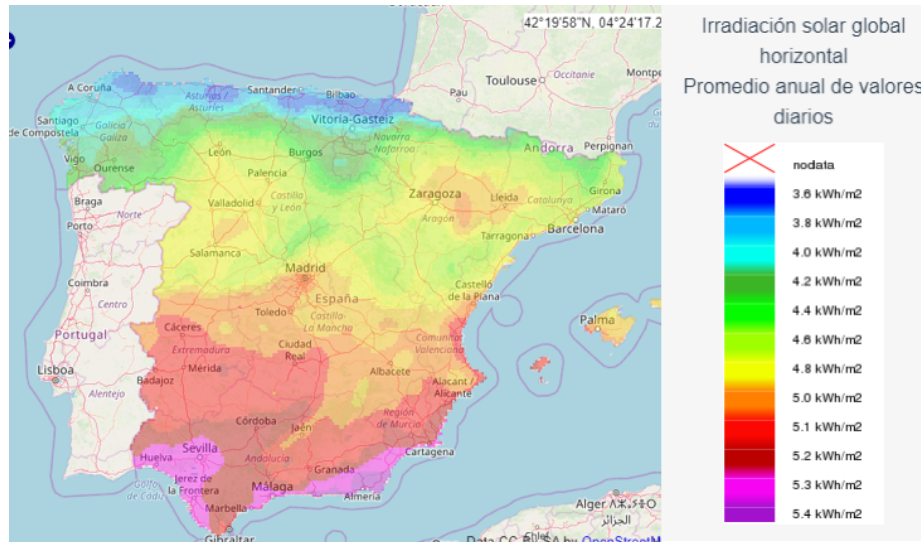


Figura 1. Radiación solar horizontal media anual en España

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
340	300	260	210	215	220	290	230	225	235	210	240

Tabla 1. Consumo medio mensual de un hogar en España

#### 4 Análisis del consumo medio

En este apartado se va a estudiar el consumo medio de una vivienda en España. Para ello analizaremos la tendencia de consumo medio durante el año, el consumo medio mensual de una vivienda y la tendencia de consumo medio diario.

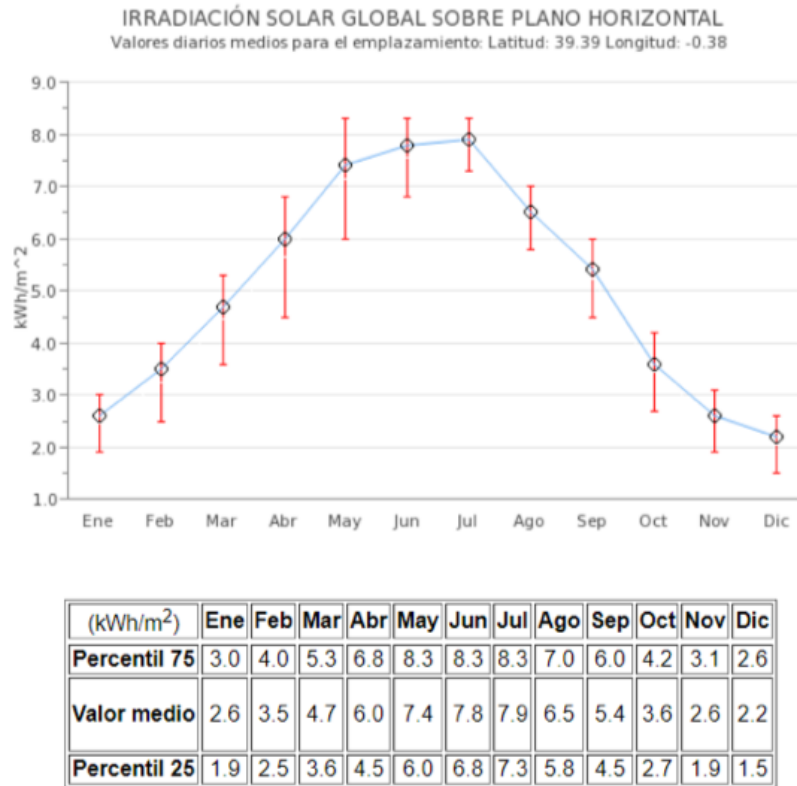
En España existe una clara tendencia en el consumo eléctrico anual, donde existen dos puntos de consumo más elevados, durante el mes de enero (el punto de más consumo) y durante el mes de julio. En la figura 3 podemos ver el ejemplo del 2019. Respecto al pico de consumo en julio, no resulta negativo en el caso de disponer de una instalación fotovoltaica porque es la época con más radiación solar, pero, el pico de diciembre (el mayor de los dos) coincide con la época de menos radiación solar, menos horas de luz solar y, por tanto, menos producción.

En la tabla 1 vemos el consumo medio de un hogar en España por meses:

Cabe mencionar que se ha corregido el dato de consumo medio eléctrico de diciembre, pues, esta se calcula como media de años anteriores y analizando los datos eléctricos de los últimos años, el consumo ha bajado drásticamente en diciembre. Esto es lógico viendo que las temperaturas en diciembre han subido mucho.

En cuanto a la distribución del consumo eléctrico en un hogar durante un día. Como se muestra en la figura 4, vemos que el consumo eléctrico de los hogares durante la noche es mínimo. A partir de las 8:00 comienza a aumentar muy poco a poco el consumo eléctrico, siendo a partir de las 14:00 cuando aumenta de manera más notable, teniendo su máximo en las horas de la noche hasta las 00:00 cuando decae rápidamente.

Este hecho afecta de manera poco notoria al escenario número tres gracias a las baterías, pero, afecta notoriamente al escenario número dos.



**Figura 2.** Radiación solar mensual en la Comunidad Valenciana

## 5 Estimación del desembolso inicial y costes

La compra e instalación del sistema de producción de energía fotovoltaico supondrá los desembolsos de la figura 5.

La batería añadiría una suma de 2.500€ a la suma porque se necesitarían dos de 2.8 kWh. La productividad de estas placas se calcula como:

$$\text{Irradiación solar} * \text{potencia máxima placa} / 1000 = \text{Potencia producida} \quad (1)$$

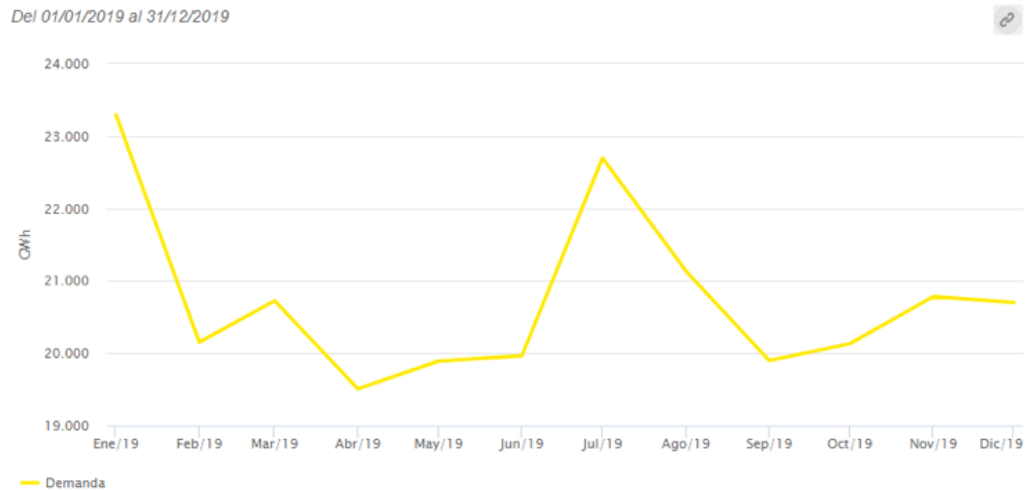
Para el cálculo de la pérdida de potencia por temperaturas sobre los 25 °C se utilizará la fórmula:

$$\text{Temperatura del panel} = \text{Temperatura ambiente} + (\text{NOCT} - 20) * \text{Radiación solar} / 800 \quad (2)$$

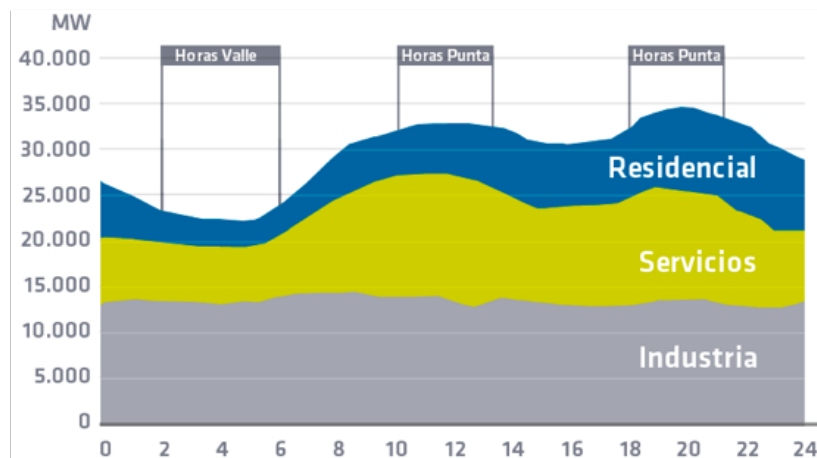
Y después calcularemos la temperatura excedente sobre los 25 y la multiplicaremos por la pérdida de potencia por grado del panel.

## 6 Estimación del desempeño

En este apartado vamos a calcular la productividad de las placas por meses y determinar la cantidad monetaria que debemos desembolsar para pagar el consumo de la red eléctrica y la cantidad monetaria obtenida por la venta del exceso de producción. Con esto calcularemos la factura mensual aplicando los impuestos. Al final se sumarán las cantidades mensuales para



**Figura 3.** Consumo eléctrico medio en España en 2019



**Figura 4.** Consumo eléctrico de los hogares por horas

sacar una estimación anual.

Para poder hacer el cálculo vamos a determinar los kWh que consume un hogar clasificados en dos grupos, los consumidos durante el día y los consumidos durante la noche, ateniendo a la figura 6. Se hace esta distinción porque la producción de electricidad solo estará activa durante el día, por tanto, toda la producción que consigamos será durante esas horas y, esta electricidad se invertirá en cubrir la demanda diurna, cargar la batería (s la hay) y, en última instancia, se venderá. El consumo nocturno lo abastecerá la batería (si la hay). En ambos casos, si se da la tesitura de que el sistema de generación de energía eléctrica solar no puede cubrir, en cualquiera de las dos etapas del día, la demanda eléctrica, se comprará de la red eléctrica.

En este cálculo se obviará la existencia de picos en la demanda eléctrica del hogar, se considerará una demanda constante en cada periodo (diurno y nocturno).

No hay datos disponibles sobre el porcentaje de consumo durante el día y durante la noche, además, este cambia según la época del año por la cantidad de horas de sol. Vamos a suponer para cada mes en específico el porcentaje de consumo durante el día calculando el porcentaje de horas de sol sobre el número de horas totales. Para los meses de veranos se sumarán un 15 %

Componente	Precio	Unidades
Paneles fotovoltaicos	250,00 €	4
Inversor solar	1.600,00 €	1
Estructura soportante	90,00 €	3
Contador bidireccional	250,00 €	1
Cuadro de protecciones para CC y AC	350,00 €	1
Legislación y boletín	300,00 €	
Mano de obra y materiales	750,00 €	1
<b>Total:</b>	<b>4.220,00 €</b>	

	Desembolso inicial
Escenario 1	0,0000 €
Escenario 2	4.220,0000 €
Escenario 3	6.720,0000 €

Figura 5. Inversión necesaria para la instalación fotovoltaica

al consumo diurno y un 7 % a los meses contiguos para reproducir el mayor consumo durante las horas cercanas a la noche.

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
H sol	228,1	230,9	254,9	210,6	278,4	319,9	338	317,4	230,4	250,2	194,9	160,5
H totales	744	672	744	720	744	720	744	720	744	720	744	744
% consumo día	31%	34%	34%	29%	44%	59%	60%	58%	39%	34%	27%	22%
Consumo	340	300	260	210	215	220	290	230	225	235	210	240
Consumo día	104,2392473	103,0803571	89,077957	61,425	95,5016129	130,747222	175,247312	132,620968	87,75	79,0282258	56,8458333	51,7741935
Consumo noche	235,7607527	196,9196429	170,922043	148,575	119,498387	89,2527778	114,752688	97,3790323	137,25	155,971774	153,154167	188,225806
CN/día	7,605185571	7,032844388	5,51361429	4,9525	3,85478668	2,97509259	3,70169962	3,14125911	4,575	5,03134755	5,10513889	6,07180021
CD/día	3,362556365	3,681441327	2,87348248	2,0475	3,08069719	4,35824074	5,65313909	4,27809573	2,925	2,54929761	1,89486111	1,67013528

Figura 6. Consumos diurnos y nocturnos promedio, por meses

## 7 Producción de electricidad

Para este cálculo necesitamos saber la potencia total del sistema y la pérdida por temperatura. En nuestro caso, atendiendo a la figura 4, no superamos como media la temperatura de 25° (que es la temperatura que tendremos en cuenta en el estudio), con lo que asumimos que no va a haber pérdida de la potencia por la temperatura.

Ahora calculamos la potencia de producción del sistema para cada mes teniendo en cuenta que son seis paneles de 405 W cada uno. Además, supondremos un rendimiento de trabajo del 90 %.

## 8 Cálculo mensual de las cantidades monetarias

Para el cálculo de la factura de electricidad de cada mes tenemos que saber que:

- A día de hoy la compensación por excedente de producción aún tiene aspectos que pulir en la legislación española.
- Lo que se puede hacer ahora mismo es compensar lo que excedes con lo que consumes, con lo cual, solamente podrás compensar tu excedente con tu consumo mensual. Si tiene más excedente que compensar no podrás.
- Existen modalidades que permiten posponer las compensaciones restantes para otros meses,

	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Radiación	2,6	3,5	4,7	6	7,4	7,8	7,9	6,5	5,4	3,6	2,6	2,2
Producción kW	117,5148	142,884	212,4306	262,44	334,4652	341,172	357,0642	293,787	236,196	162,7128	113,724	99,4356
Almacenamiento kW	13,27555269	39,80364286	123,352643	173,6	173,6	173,6	173,6	161,166032	148,446	83,6845742	56,8781667	47,6614065
Excedente con bat kW	0	0	0	27,415	65,3635871	36,8247778	8,21688817	0	0	0	0	0
Excedente sin bat kW	13,27555269	39,80364286	123,352643	201,015	238,963587	210,424778	181,816888	161,166032	148,446	83,6845742	56,8781667	47,6614065
Consumo electricidad con bat	222,4852	157,116	47,5694	0	0	0	0	0	0	72,2872	96,276	140,5644
Consumo electricidad sin bat	235,7607527	196,9196429	170,922043	148,575	119,498387	89,2527778	114,752688	97,3790323	137,25	155,971774	153,154167	188,225806

Figura 7. Cálculo del consumo y excedentes

	Escenario 1	Escenario 2		Escenario 3	
Año	Precio anual pago	Precio anual pago	Precio anual venta	Precio anual pago	Precio anual venta
1	482,460441 €	293,067475 €	63,888812 €	119,352137 €	5,829908 €
Precio a pagar	482,460441 €		229,178663 €		113,522229 €
2	490,448339 €	297,918940 €	65,504462 €	121,327725 €	5,977337 €
Precio a pagar	490,448339 €		232,414478 €		115,350388 €
3	498,638239 €	302,893090 €	67,160969 €	123,353273 €	6,128495 €
Precio a pagar	498,638239 €		235,732121 €		117,224778 €
4	507,035249 €	307,993029 €	68,859366 €	125,430043 €	6,283475 €
Precio a pagar	507,035249 €		239,133663 €		119,146568 €
5	515,644606 €	313,221937 €	70,600713 €	127,559332 €	6,442375 €
Precio a pagar	515,644606 €		242,621224 €		121,116958 €
6	524,471681 €	318,583077 €	72,386096 €	129,742468 €	6,605292 €
Precio a pagar	524,471681 €		246,196981 €		123,137176 €
7	533,521979 €	324,079792 €	74,216629 €	131,980811 €	6,772330 €
Precio a pagar	533,521979 €		249,863163 €		125,208482 €
8	542,801145 €	329,715509 €	76,093453 €	134,275759 €	6,943592 €
Precio a pagar	542,801145 €		253,622057 €		127,332168 €
9	552,314966 €	335,493746 €	78,017739 €	136,628743 €	7,119184 €
Precio a pagar	552,314966 €		257,476007 €		129,509558 €
10	562,069378 €	341,418105 €	79,990687 €	139,041230 €	7,299218 €

**Figura 8.** Resumen de ingresos y gastos anuales en concepto de electricidad

pero estas en algunas circunstancias no son claras y no están bien definidas.

- Para el ejemplo vamos a suponer que se pueden compensar los excedentes del mes en otros meses también. El motivo es que esta medida a pronto termino estará bien definida y disponible para cualquier circunstancia.
- La evolución del precio de la parte variable del término de energía es alcista siendo el incremento del precio en los últimos 10 años del 50 %. La previsión de la evolución de los precios en el sector eléctrico es muy compleja, sensible a las especulaciones y a la producción diaria de energía (si las renovables no producen mucha electricidad sube el precio). Para poder hacer un estudio realista, sin tener que hacer un estudio de la evolución de los precios, vamos a suponer un crecimiento de esta parte y del precio de venta en un IPC (1 % previsto para 2020) +1.5 % anual. Suponemos un crecimiento por encima del IPC por como ha ido evolucionando en los últimos 10 años. No vamos a suponer un incremento mayor en los precios pese a la evolución porque se ha terminado el año 2019 con una bajada en los precios gracias al buen rendimiento de las renovables, esto puede indicar que a pesar de que se prevé que siga aumentando, lo haga más lentamente.
- A la evolución del precio normal le vamos a aplicar un correctivo. El correctivo se aplicará a los meses de primavera y al mes de septiembre. En la evolución del precio normal de un año en España, los precios bajan en primavera y tienen una pequeña subida en otoño, normalmente en septiembre.
- Para el cálculo del VAN y el TIR de la operación se va a utilizar como tasa de actualización la inflación en España en el año 2019, que es de un 0.8 %.

En la figura 8 podemos ver el resumen de las cantidades monetarias que se pagan en facturas por el consumo y las cantidades monetarias que nos descuentan de las facturas por la venta del excedente.



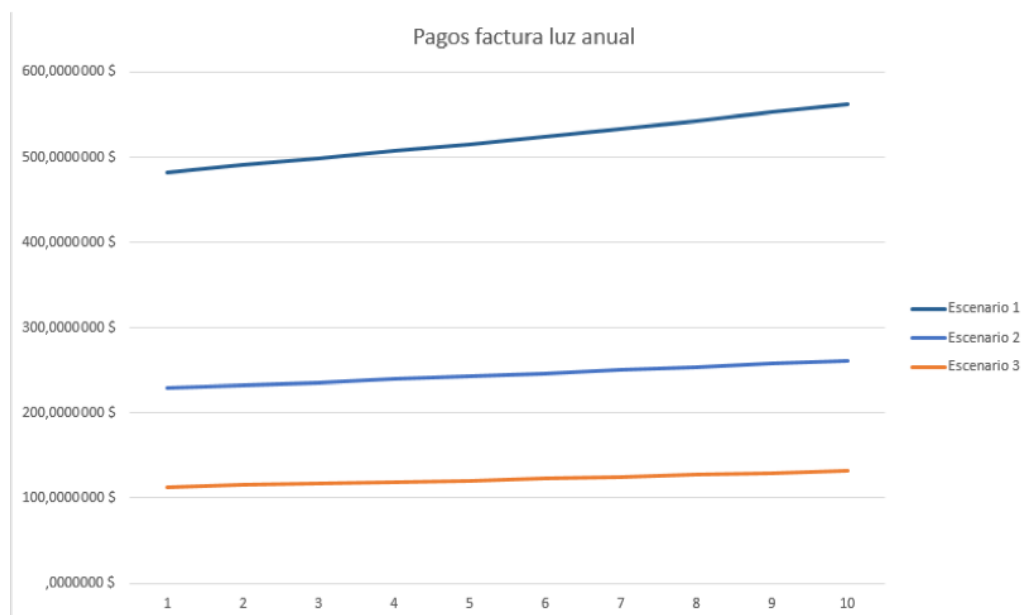


Figura 9. Evolución del coste de la factura de electricidad en los próximos años

Año	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
	Pg. Acum.	Pg. Acum.	Pg. Acum.
1	482,460441 €	4.449,178663 €	6.833,522229 €
2	972,908780 €	4.681,593141 €	6.948,872616 €
3	1.471,547019 €	4.917,325262 €	7.066,097394 €
4	1.978,582268 €	5.156,458925 €	7.185,243962 €
5	2.494,226874 €	5.399,080149 €	7.306,360920 €
6	3.018,698555 €	5.645,277130 €	7.429,498096 €
7	3.552,220534 €	5.895,140293 €	7.554,706577 €
8	4.095,021679 €	6.148,762350 €	7.682,038745 €
9	4.647,336645 €	6.406,238357 €	7.811,548304 €
10	5.209,406023 €	6.667,665776 €	7.943,290316 €

Figura 10. Desembolsos de dinero acumulado por escenario

Como muestra la figura 9 la diferencia entre las facturas con sistema y sin sistema a lo largo del tiempo, cada vez son mayores.

## 9 Análisis de viabilidad

En este apartado estudiaremos la viabilidad de la inversión en el sistema fotovoltaico (Mur, 2011). Analizando la tabla de la figura 10 que muestra los importes monetarios gastados acumulados en el tiempo para cada uno de los escenarios, vemos que, en el plazo de diez años hemos gastado menos dinero en el escenario uno. El escenario menos favorable es el escenario número tres que recordamos es la instalación con baterías.

Si ponemos estos datos de la figura 10 en una gráfica podremos ver mejor la evolución. Esto lo podemos ver en la figura 11.

Las líneas de los diferentes escenarios nos muestran que la pendiente de evolución del dinero gastado acumulado a lo largo de los años es mucho menor en los que tienen sistemas





**Figura 11.** Desembolsos de dinero acumulado por escenario

fotovoltaicos de generación de electricidad. De entre los dos con este sistema el que menor pendiente tiene es el sistema con batería. Esto nos hace pensar que llegará el punto en que habremos pagado más sin sistemas de generación eléctrico fotovoltaico que sin. Pero en un plazo de diez años se desembolsa menos dinero sin ningún sistema, es decir, en el escenario 1.

Pero para ver si realmente es rentable vamos a utilizar el VAN y el TIR de la inversión. En el caso del VAN se tiene en cuenta la tasa de actualización, pues, no vale lo mismo una unidad monetaria ahora que dentro de diez años.

En la figura 12 tenemos el cálculo de estos para cada escenario. Como podíamos predecir, no es rentable instalar el sistema fotovoltaico en ningún caso en un marco temporal de 10 años.

Vamos a estudiar la inversión en un marco de 20 años para ver si en este tiempo alguna alternativa es más rentable que la solución sin instalar nada. Esto es posible pues los sistemas fotovoltaicos tienen una vida útil de 25 años mínimo.

Como podíamos predecir, en un marco de 20 años las opciones con sistema de generación eléctrico fotovoltaico son más rentables que no poner nada. De entre las dos alternativas planteadas es más rentables la opción con batería.

## 10 Conclusiones

Actualmente está subiendo el coste de la electricidad en España y se prevé que siga una tendencia creciente los próximos años. Se ha estudiado la opción de instalar un sistema de generación de electricidad fotovoltaico en una vivienda ubicada en un punto de la Comunidad Valenciana con un consumo medio en España.

Cabe mencionar que en el análisis no se ha incluido la opción de un sistema totalmente independiente de la corriente eléctrica. Además, no se ha tenido en cuenta el calentamiento global en el pasar de los años, ni el aumento del consumo eléctrico que existe en el tiempo, ni posibles recesiones. Por último, remarcar que la predicción de los precios de la electricidad es

Año	Cantidad		
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
0	0	-4.220,0000 €	-6.720,0000 €
1	0	253,281778 €	368,938212 €
2	0	258,033861 €	375,097951 €
3	0	262,906118 €	381,413461 €
4	0	267,901586 €	387,888681 €
5	0	273,023382 €	394,527648 €
6	0	278,274700 €	401,334505 €
7	0	283,658816 €	408,313497 €
8	0	289,179088 €	415,468977 €
9	0	294,838959 €	422,805408 €
10	0	300,641960 €	430,327366 €
VAN	0,00 €	-1.470,72 €	-2.908,09 €
TIR	#¡NUM!	-7%	-8%

Figura 12. TIR y VAN de la inversión

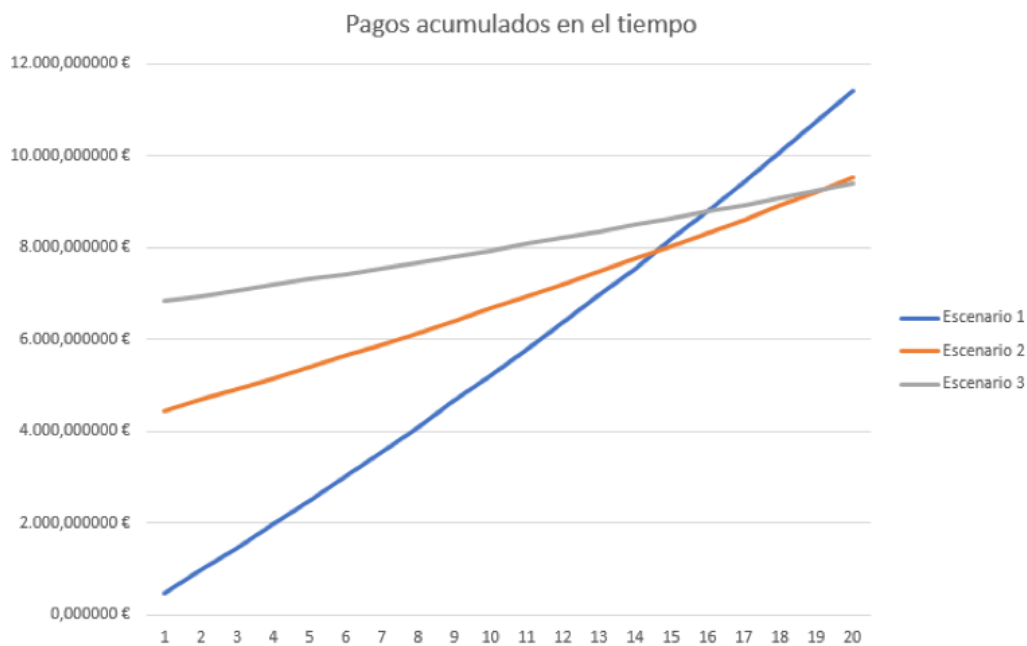


Figura 13. Evolución de los desembolsos acumulados de la inversión durante 20 años

muy compleja, estos pueden variar bastante de los tenidos en cuenta en el estudio.

Atendiendo al estudio realizado se ha concluido que esta inversión no es rentable en un marco de 10 años. Hemos podido comprobar que para un marco de 20 años resultaría más rentable un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica sin baterías.

## Referencias

- ADRASE. (2020). *Acceso a datos de radiación solar en España*. Descargado de <http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>
- Climate Data. (2020). *Clima Valencia: Temperatura, climograma y temperatura del agua de Valencia*. Descargado de <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/valencia-845>
- Mur, M. B. (2011). Cálculo de la producción anual de una instalación fotovoltaica en cubierta. *Técnica Industrial*, 293, 36–42.
- Red Eléctrica de España. (2020). *Término de facturación de energía activa del pvpc*. Descargado de <https://www.esios.ree.es/es/pvpc>