

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Estudio de una instalación fotovoltaica en
vivienda unifamiliar aplicando el real decreto
244/2019 de 6 abril

Trabajo Fin de Grado

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

Autor: Jose Antonio Cerdá Leal

Tutor: Marcos Pascual Moltó

Curso: 2018-19

Resumen

En el presente trabajo se realizará el estudio de una instalación solar fotovoltaica con conexión a red en una vivienda unifamiliar aplicando el nuevo reglamento de autoconsumo aprobado el 6 de abril de 2019. Como paso previo al diseño de la instalación, se analizará el consumo eléctrico de la vivienda partiendo de los datos de la facturación energética. En dicho estudio, se abordará el diseño de la instalación teniendo en cuenta dos alternativas de diseño y se realizarán los cálculos técnicos necesarios. Se llevarán a cabo los presupuestos según las opciones planteadas y se realizará un estudio de viabilidad para cada alternativa de diseño permitiendo la comparación de rentabilidad económica entre los casos que forman el estudio.

Resum

En el present treball es realitzarà l'estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica amb connexió a la xarxa en un habitatge unifamiliar aplicant el nou reglament d'autoconsum aprovat el 6 d'abril de 2019. Com a pas previ al disseny de l'instal·lació, s'analitzarà el consum elèctric de l'habitatge partint de les dades de la facturació energètica. En aquest estudi, s'abordarà el disseny de la instal·lació tenint en compte dues alternatives de disseny i es realitzaran els càlculs tècnics necessaris. Es duran a terme els pressupostos segons les opcions plantejades i es realitzarà un estudi de viabilitat per a cada alternativa de disseny permetent la comparació de rendibilitat econòmica entre les dues alternatives que formen l'estudi.

Abstract

In this work the study of a photovoltaic solar installation with grid connection in a single-family home will be carried out applying the new self-consumption regulation approved on April 6, 2019. As a previous step to the design of the installation, the electrical consumption of housing based on energy billing data. In this study, the installation design will be addressed taking into account two design alternatives and the necessary technical calculations will be performed. The budgets will be carried out according to the options proposed and a feasibility study will be carried out for each design alternative allowing the comparison of economic profitability between the cases that form the study.

Palabras clave

Consumo eléctrico, ahorro energético, autoconsumo, energía renovable, solar fotovoltaica.

Paraules clau

Consum elèctric, estalvi energètic, autoconsum, energia renovable, solar fotovoltaica.

Keywords

Electricity consumption, energy saving, self-consumption, renewable energy, photovoltaic solar.

Tabla de contenido

1.	Índice de tablas, ilustraciones y gráficos	8
1.2	Tablas	8
1.3	Ilustraciones	8
1.4	Gráficos.....	8
2.	objetivos	9
3.	Estado de la energía solar en españa	9
4.	Análisis de la nueva normativa Real decreto 244/2019	14
4.2	Autoconsumo sin excedentes	15
4.3	Autoconsumo con excedentes.....	15
I.	Autoconsumo con excedentes acogida a compensación.....	15
II.	Autoconsumo con excedentes no acogida a compensación	16
5.	Localización.....	17
6.	ubicación.....	17
7.	análisis del Consumo eléctrico de la vivienda.....	18
8.	Criterios de diseño	22
8.1	Alternativa 1: generación del consumo promedio mensual.....	22
8.2	Alternativa 2: generación en las horas de mayor radiación solar	22
9.	Dimensiones de las alternativas de diseño	22
9.1	Energía producida	22
9.2	Alternativa 1: generación del consumo promedio mensual.....	23
9.3	Alternativa 2: generación en las horas de mayor radiación solar	24
10.	Cálculos eléctricos	25
10.1	Características de los paneles fotovoltaicos	25
10.2	Selección del inversor	27
10.3	Elección de conductores, corrientes de servicio y sección.....	28
I.	Conductores de corriente continua.....	28
II.	Conductores de corriente alterna.....	29
10.4	Puesta a tierra y protección contra contactos indirectos	31
10.5	Protecciones frente a sobrecorrientes	32
10.6	Protección contra sobretensiones	33
11.	Estudio económico	33
11.2	Presupuesto.....	33
11.3	Estudio de rentabilidad.....	33

11.4	Tasa interna de rentabilidad	37
12.	Pliego de condiciones técnicas.	37
12.1	Antecedentes	37
12.2	Promotor.....	38
12.3	Objeto	38
12.4	Generalidades	38
12.5	Emplazamiento.....	39
12.6	Características de la instalación fotovoltaica	39
13.	Referencias	47
14.	Anexo 1 : Esquemas eléctricos	51
15.	Anexo 3: Presupuestos	55
16.	Anexo 3: Características del inversor	64
17.	Anexo 4: precio inyección a red	67
18.	Anexo 5: factura tipo	69
19.	Anexo 6: Previsión PV-GIS	73
20.	Anexo 7: Tabla B.52-1 de la norma une 60364-5-52: 2014.....	75

1. ÍNDICE DE TABLAS, ILUSTRACIONES Y GRÁFICOS

1.2 Tablas

<i>Tabla 1. Potencia solar sobre potencia total en los países miembros de ENTSO-E en 2017.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Número de Instalaciones de Autoconsumo por Comunidad Autónoma.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3 Promedio de consumo mensual en %.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4 Energía FV y radiación solar mensual.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5 Irradiancia horaria.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6 Características del panel solar fotovoltaico.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 7 datos eléctricos cadenas de paneles.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 8 inversores.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 9 tensión sin carga máxima.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 10 Secciones normalizadas.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 11 Corrientes servicio.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 12 Sección de los conductores en A.C.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 13 Caídas de tensión A.C.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 14 Secciones mínimas de puesta a tierra.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 15 Interruptores magnetotérmicos.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 16 Presupuestos.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 17 VAN alternativa 1.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 18 VAN alternativa 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 19 Tasa interna de rentabilidad.....</i>	<i>37</i>

1.3 Ilustraciones

<i>Ilustración 1 Atlas solar español.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 2 ubicación en territorio español.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3 Ubicación de la instalación.....</i>	<i>18</i>

1.4 Gráficos

<i>Gráfico 1. Potencia solar fotovoltaica instalada. Sistema eléctrico nacional.....</i>	<i>10</i>
<i>Gráfico 2. Potencia solar sobre potencia total en los países miembros de ENTSO-E en 2017.....</i>	<i>12</i>
<i>Gráfico 3 Consumo mensual.....</i>	<i>19</i>
<i>Gráfico 4 Promedio de consumo mensual en %.....</i>	<i>20</i>
<i>Gráfico 5 consumo medio horario en kWh.....</i>	<i>21</i>

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente documento es el estudio sobre la rentabilidad económica en el consumo eléctrico que puede aportar una instalación fotovoltaica con conexión a red instalada en una vivienda unifamiliar.

Para ello se aplicará el nuevo Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

3. ESTADO DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

El consumo energético actual, está vinculado en mayor parte a la generación de energía a partir de recursos no renovables generadores de dióxido de carbono y otros contaminantes.

Las fuentes de energías renovables son una gran propuesta de energía inagotable y no contaminante para la generación de electricidad.

El hecho de que una fuente de energía limpia y renovable como la energía solar fotovoltaica no tenga un mayor peso en la generación de electricidad en España, es debido principalmente a las diferentes regulaciones existentes al largo de los últimos años.

Conociendo que en España es uno de los países europeos con más horas de sol al año, era de esperar que se apoyara desde un principio este tipo de tecnología con la ayuda de subvenciones. Y así España llegó a ser en 2008 uno de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada a nivel mundial.

No obstante, en septiembre de 2008 se aprobó una legislación en la que ya no se recibía una bonificación tan alta por kWh generado e inyectado a red en plantas fotovoltaicas, movimientos que lastraron el impulso de la energía solar fotovoltaica en España.

En los siguientes años, se aprobó nueva legislación que incluso llegaban a penalizar el uso de esta fuente de energía renovable y limpia.

En el siguiente gráfico, podremos comprobar lo citado anteriormente, un aumento considerable de potencia instalada durante el año 2007/2008 y un agresivo descenso a partir de este mismo año.

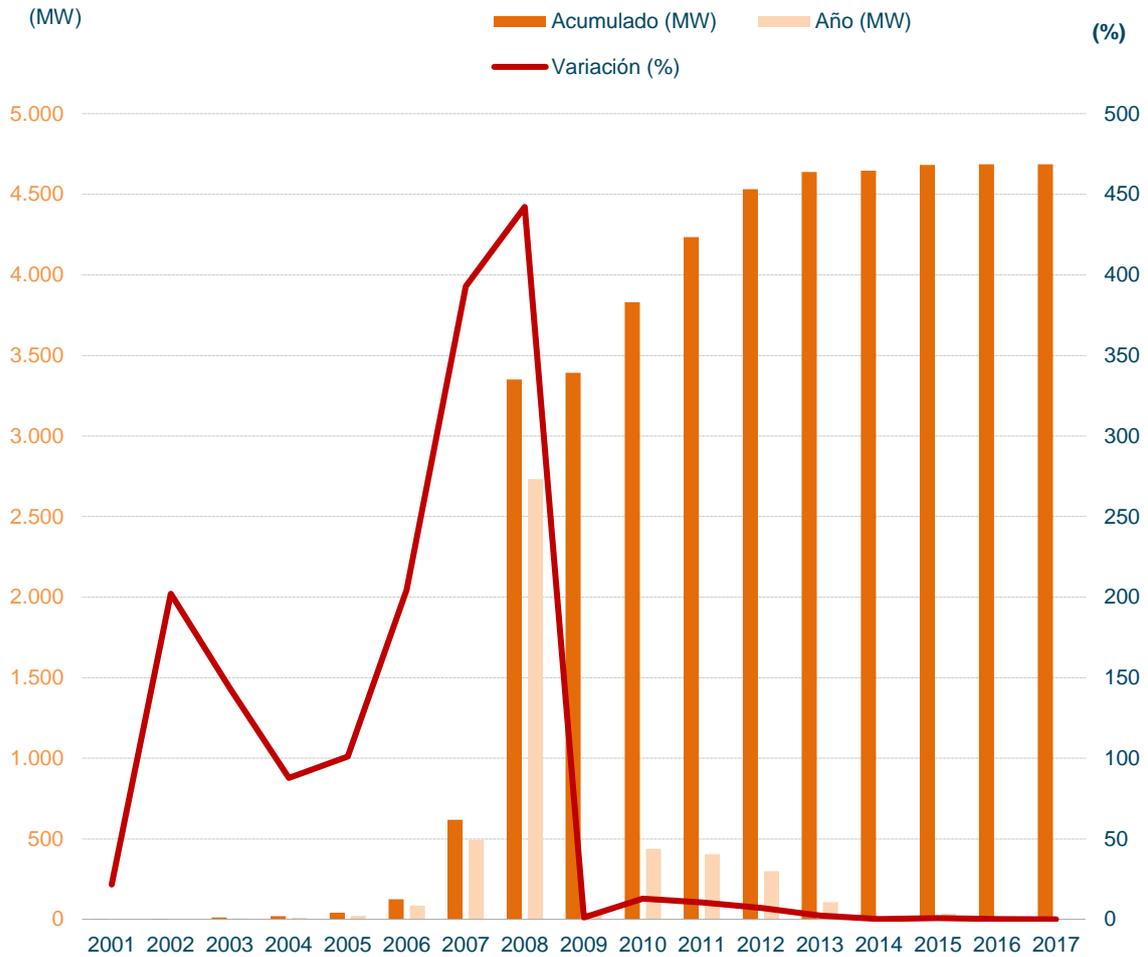


Gráfico 1. Potencia solar fotovoltaica instalada. Sistema eléctrico nacional¹

Analizando la potencia instalada en los países europeos, España a pesar de ser uno de los lugares con más radiación solar recibida no se encuentra en los primeros puestos, encabezando este ranking Alemania.

No obstante, a pesar de no ser uno de los países con más potencia solar fotovoltaica instalada sí que es uno de los países que más energía genera gracias a sol y esto es debido a la gran cantidad de energía que recibimos de este en el territorio español.

¹ Datos obtenidos de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA “Las energías renovables en el sistema eléctrico español”
 Información elaborada con datos a 27/02/2018.

País	Potencia solar (MW)	Potencia solar sobre potencia total (%)	Generación solar (GWh)	Generación solar sobre generación total (%)
Albania	0	0.0	0	0.0
Alemania	42 020	20.2	35 518	5.9
Austria	1 031	4.1	0	0.0
Bélgica	3 380	15.7	2 888	3.6
Bosnia-Herzegovina	0	0.0	0	0.0
Bulgaria	1 043	8.2	1 406	3.4
Chipre	0	0.0	0	0.0
Croacia	51	1.1	44	0.4
Dinamarca	908	5.8	789	2.7
Eslovaquia	530	6.9	581	2.2
Eslovenia	271	7.1	250	1.7
España	6 991	6.7	13 733	5.2
Estonia	9	0.3	8	0.1
Finlandia	0	0.0	21	0.0
Francia	7 647	5.8	9 045	1.7
Gran Bretaña	12 900	13.9	10 450	3.3
Grecia	2 448	14.9	3 719	8.1
Holanda	2 584	8.1	1 858	1.7
Hungría	94	1.1	91	0.3
Irlanda	0	0.0	0	0.0
Islandia	0	0.0	0	0.0
Italia	19 662	14.8	24 811	8.7
Letonia	0	0.0	0	0.0
Lituania	82	2.3	68	1.8
Luxemburgo	128	7.4	105	4.9
Macedonia del Norte	17	0.9	24	0.5
Montenegro	0	0.0	0	0.0
Noruega	6	0.0	0	0.0
Polonia	285	0.7	163	0.1
Portugal	490	2.5	853	1.6
República Checa	2 040	9.8	2 117	2.6
Rumania	1 285	6.4	1 850	3.1
Serbia	0	0.0	0	0.0
Suecia	0	0.0	0	0.0
Suiza	1 394	7.9	1 051	1.7

Tabla 1. Potencia solar sobre potencia total en los países miembros de ENTSO-E en 2017²

² Datos obtenidos de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA “Las energías renovables en el sistema eléctrico español”

Información elaborada con datos a 27/02/2018.

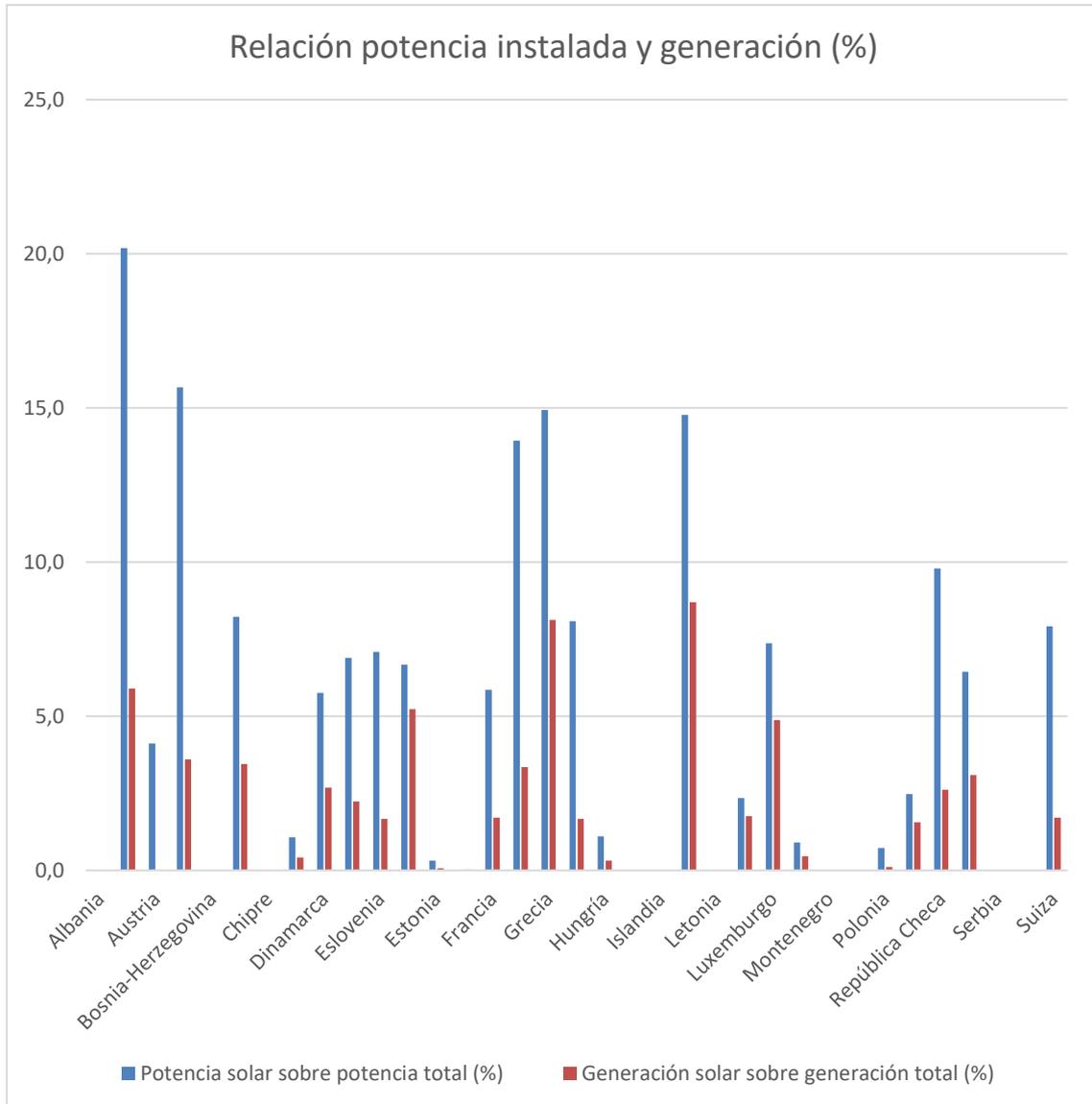


Gráfico 2. Potencia solar sobre potencia total en los países miembros de ENTSO-E en 2017³

El CTE (Código Técnico de la Edificación) proporciona un mapa del territorio español separado en cinco zonas la radiación solar.

A simple vista, podemos diferenciar las distintas zonas de radiación siendo las de mayor densidad provincias como la de Albacete, Alicante, Almería, Sevilla o Huelva ente otras.

³ Gráfico realizado a partir de los datos de la Tabla 1. Potencia solar sobre potencia total en los países miembros de ENTSO-E en 2017

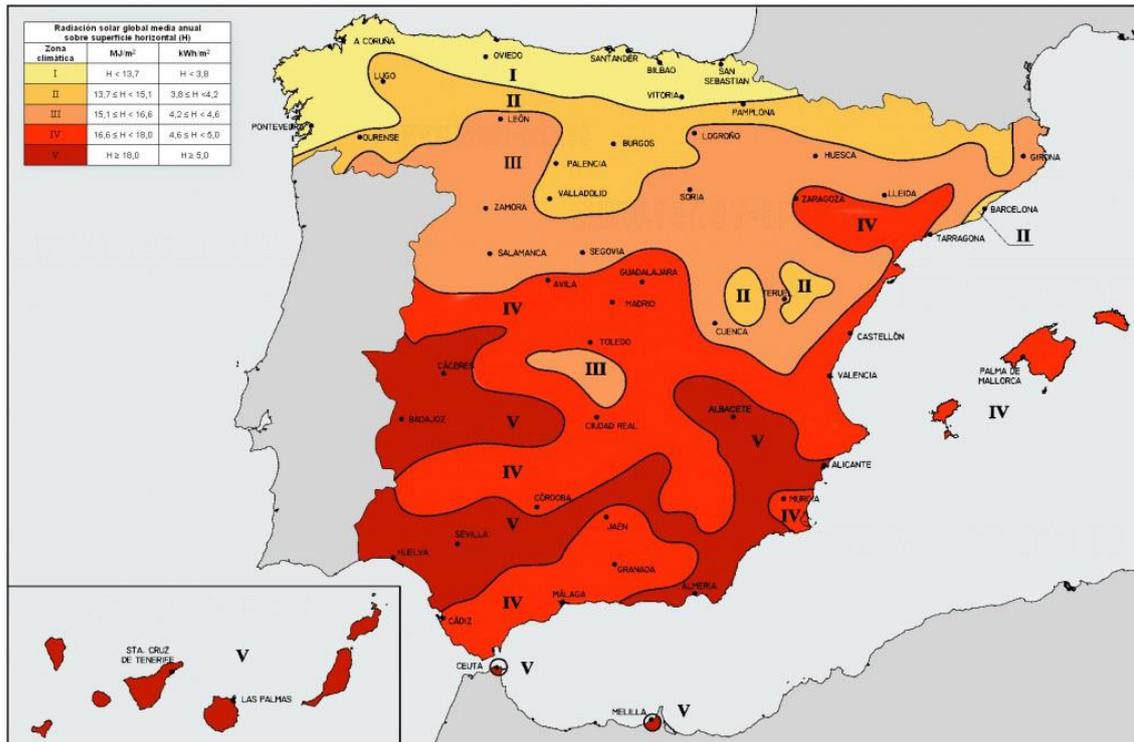


Tabla 4.4. Radiación solar global media diaria anual

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Ilustración 1 Atlas solar español

Por último, la Tabla 2. Número de Instalaciones de Autoconsumo por Comunidad Autónoma, nos muestra el número de instalaciones fotovoltaicas registradas de autoconsumo en España por comunidad autónoma y por potencia instalada a finales de 2017.

Es en Cataluña donde existen mayor número de instalaciones dólares fotovoltaicas instaladas seguido de Andalucía y de Galicia.

A la vista de los resultados, las instalaciones registradas se han visto frenadas por el Real Decreto 900/2015 por el que se regulaba el registro, la inscripción y el procedimiento de inscripción en el Registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica por la sentencia del Tribunal Supremo a mediados de 2017. No obstante, el registro sigue abierto y es posible realizar la inscripción en el mismo de manera voluntaria.

Número de Instalaciones de Autoconsumo por Comunidad Autónoma y Potencia Instalada		
TOTAL POR COMUNIDADES AUTONOMAS		
CCAA	TOTAL, nº. Instalaciones por CCAA	TOTAL potencia instalada por CCAA (kW)
Andalucía	121	3.124,01
Aragón	6	184,07
Cantabria	3	15,10
Castilla y León	31	1.088,45
Castilla La Mancha	32	425,12
Cataluña	130	4.065,74
Comunidad de Madrid	51	717,88
Comunidad Valenciana	25	294,28
Extremadura	7	63,04
Galicia	85	5874,54
Illes Balears	32	635,71
Islas Canarias	22	650,96
La Rioja	3	6,56
Navarra	26	595,10
País Vasco	14	421,20
Principado de Asturias	12	46,29
Región de Murcia	45	746,88
Ceuta (Ciudad Autónoma)	1	24,00
Total	646,00	18.978,9

Tabla 2. Número de Instalaciones de Autoconsumo por Comunidad Autónoma⁴

4. ANÁLISIS DE LA NUEVA NORMATIVA REAL DECRETO 244/2019

En los siguientes párrafos, se desarrollará una descripción del nuevo Real Decreto 244/2019.

⁴ Datos extraídos de la Unión Española Fotovoltaica (UNEF). Informe anual 2018

Tal y como se ha nombrado anteriormente, en las últimas décadas la normativa que hace referencia a instalaciones fotovoltaicas ha sufrido modificaciones en periodos de tiempo inferiores a la amortización de dichas inversiones.

Ahora en 2019, el reglamento que ha entrado en vigor es más favorable para esta tecnología ya que permite el autoconsumo y venta de excedentes de energía.

El Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Lo dispuesto en este Real Decreto resulta de aplicación instalaciones y sujetos acogidos a cualquiera de las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Dicho esto, las instalaciones de autoconsumo pertenecerán a una de las siguientes modalidades:

4.2 Autoconsumo sin excedentes

Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.a) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En dichas modalidades se deberá instalar un mecanismo antivertido que impida la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o de distribución. En este caso existirá un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que será el sujeto consumidor.

4.3 Autoconsumo con excedentes

Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo podrán, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos existirán dos tipos de sujetos de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que serán el sujeto consumidor y el productor.

I. Autoconsumo con excedentes acogida a compensación

Instalación de autoconsumo con excedentes en el que el consumidor utiliza la energía generada por la instalación cuando la necesita e inyecta a la red pública la energía que genera la instalación y no es capaz de aprovechar dicho usuario. Este tipo de modalidad, también permite la compra de energía de la red en momentos en los que la instalación no tenga la capacidad de abastecer el consumo requerido.

Para poder pertenecer a este ámbito de autoconsumo, se deben cumplir las siguientes características.

- i. La fuente de energía primaria sea de origen renovable.
- ii. La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100 kW.

iii. Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 del presente real decreto.

iv. El consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo definido en el artículo 14 del presente real decreto.

v. La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.

II. Autoconsumo con excedentes no acogida a compensación

Pertenecerán a esta modalidad, los autoconsumos con excedentes que no cumplan con alguna de las características anteriores o que voluntariamente opten por no acogerse a ella.

A continuación, se narrará el mecanismo de compensación simplificada en el que está definido como se recibirá la compensación de la inyección de excedentes energéticos a la red eléctrica.

El mecanismo de compensación simplificada consistirá en un saldo en términos económicos de la energía consumida en el periodo de facturación con las siguientes características:

i. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro con una comercializadora libre:

a. La energía horaria consumida de la red será valorada al precio horario acordado entre las partes.

b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio horario acordado entre las partes.

ii. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro al precio voluntario para el pequeño consumidor con una comercializadora de referencia:

a. La energía horaria consumida de la red será valorada al coste horario de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor en cada hora, TCUh, definido en el artículo 7 del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio medio horario, Pmh; obtenido a partir de los resultados del mercado diario e intradiario en la hora h, menos el coste de los desvíos CDSVh, definidos en los artículos 10 y 11 respectivamente del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

En ningún caso, el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de la energía horaria consumida de la red en el periodo de facturación, el cual no podrá ser superior a un mes. Asimismo, en el caso de que los consumidores y productores asociados opten por acogerse a este mecanismo de compensación, el productor no podrá participar de otro mecanismo de venta de energía.

5. LOCALIZACIÓN

Como se ha comentado anteriormente, el emplazamiento de las instalaciones es un factor muy determinante para conseguir generar la máxima energía eléctrica en relación a la potencia de paneles instalada.

Sabiendo que nuestro país se encuentra dentro de la zona europea con alta radiación solar por lo que es una de las zonas europeas más favorables para este tipo de instalaciones.

Como se puede apreciar en la Ilustración 1 Atlas solar español en España existen diversas zonas con distinta recepción de radiación solar.

La vivienda unifamiliar para la cual se ha realizado el estudio se ubica en la Comunidad Valenciana, concretamente en el municipio de Castalla provincia de Alicante. Coordenadas 38.590890, -0.676145

Esta ubicación se encuentra dentro de la zona 5, zona de mayor irradiancia dentro del territorio español, con una irradiancia media diaria superior a 5kWh/m^2

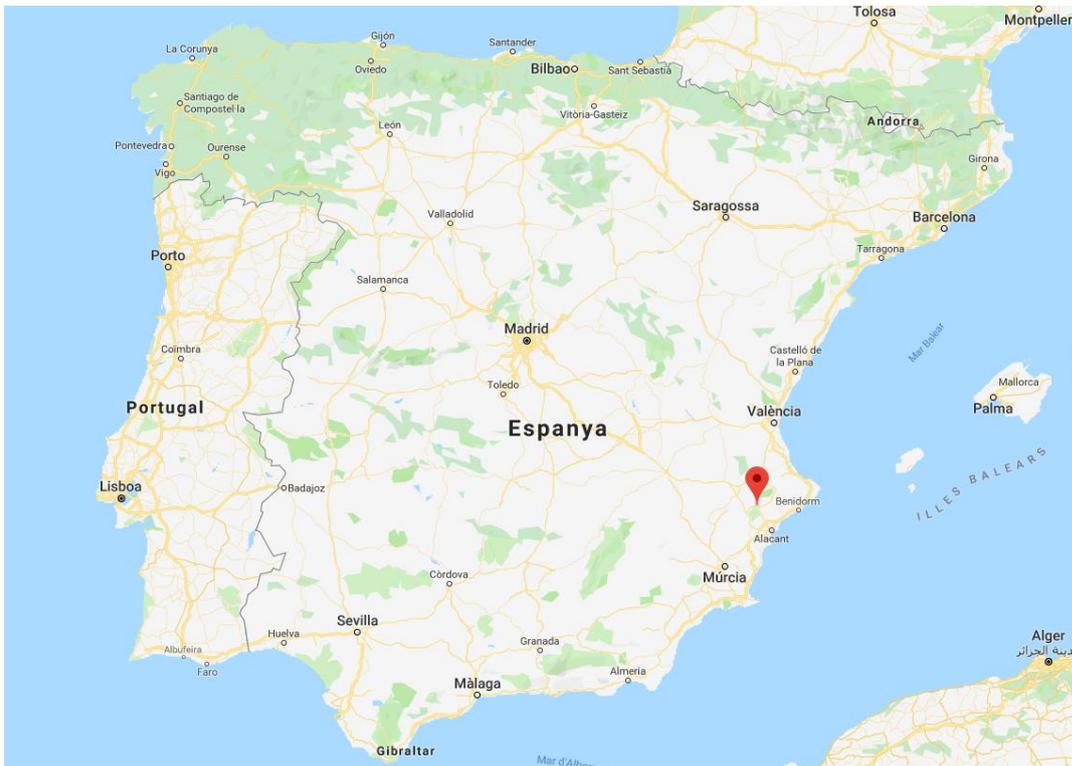


Ilustración 2 ubicación en territorio español

6. UBICACIÓN

Desafortunadamente, las aguas de la cubierta de la vivienda unifamiliar no se ubican en dirección Sur que es la orientación óptima para maximizar la generación de energía en paneles solares fotovoltaicos.

No obstante, la vivienda cuenta con una terraza con superficie plana en la que se pueden instalar dos paneles fotovoltaicos de $2 \times 1 \text{ m}^2$. En caso de necesitar instalar un mayor número de paneles, estos se ubicarán en la cubierta con la correspondiente estructura metálica.



Ilustración 3 Ubicación de la instalación

7. ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA

Para conocer el consumo eléctrico de la vivienda, se recurrirá a los datos aportados por la compañía comercializadora en la facturación del consumo eléctrico durante un periodo cercano a los dos años.

Hay que tener en cuenta que en esta vivienda residen cuatro personas, además de que no se cuenta con calefacción eléctrica, cocina de inducción o aire acondicionado ya que son electrodomésticos que debido a su alto consumo provocarán una gran diferencia a la hora de abordar dicho estudio.

La casa unifamiliar cuenta con dos placas solares para el agua caliente sanitaria, así como una caldera diésel de apoyo, que también se emplea para calefacción, es por ello que el consumo eléctrico no varía en gran exceso entre los meses más fríos o calurosos a lo largo del año.

Con la recopilación de las facturas eléctricas de la vivienda, se han podido obtener los consumos mensuales a lo largo del año, así como los consumos horarios a lo largo del día.

Bien es cierto que la medición de consumo eléctrico en la facturación no coincide exactamente con el día uno de cada mes, pero es necesario hacer el estudio de este modo ya que lo que se busca es un ahorro económico en la facturación de este servicio.

En caso de excedentes de producción se generará un saldo para la compensación de la facturación eléctrica mensual, no permitiéndose la acumulación de saldo para la resta de mensualidades y es por este aspecto por lo que se ha decidido emplear este método para valorar el consumo energético de la vivienda.

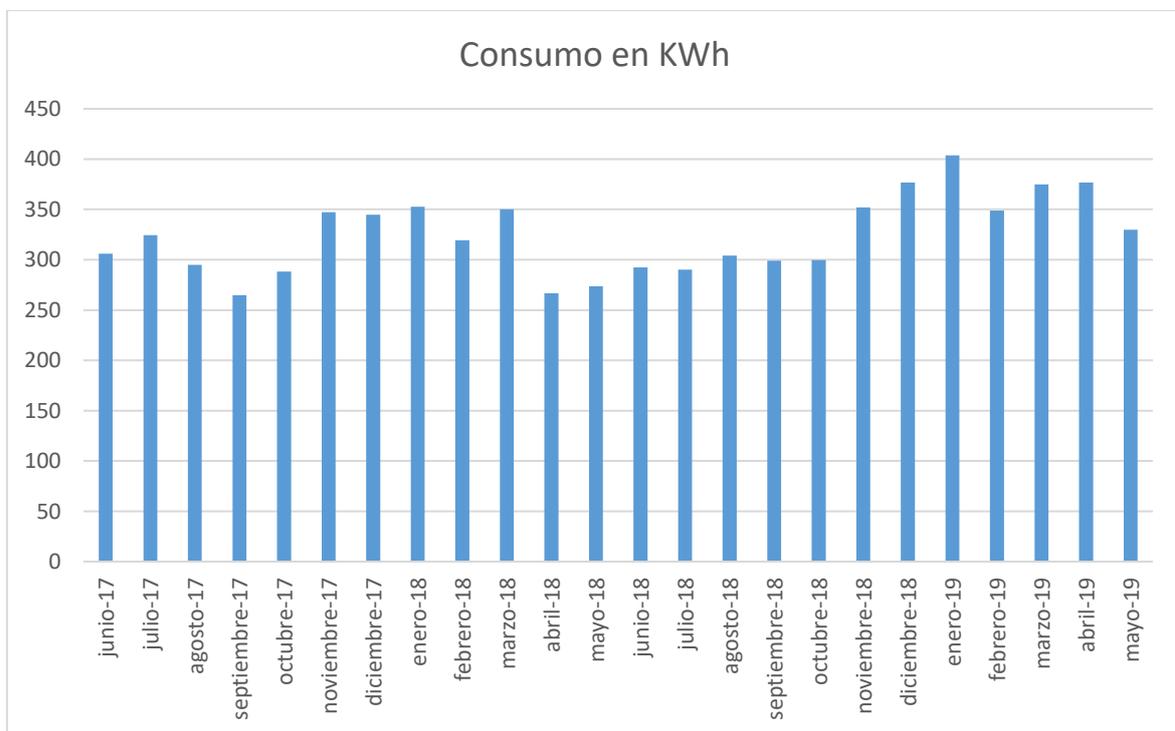


Gráfico 3 Consumo mensual

Al tener acceso a la facturación mensual durante un periodo de prácticamente dos años, se ha decidido realizar una comparativa de consumos entre el periodo que se abarca desde mayo de 2017 a mayo de 2019.

En la Tabla 3 Promedio de consumo mensual en % podemos observar como el consumo en la vivienda se ha incrementado una media de un 11.67% cada mes. Un porcentaje bastante elevado sabiendo que en esta vivienda no se ha añadido ningún electrodoméstico o equipo de alto consumo. Los propietarios de la vivienda acusan este consumo a una mayor utilización de los electrodomésticos como secadora y lavadora, así como la no desconexión de dispositivos electrónicos que permanecen gran parte del tiempo en *standby*.

Mes	Consumos en kWh del 28/05/2017 al 28/05/2018	Consumos en kWh del 28/05/2018 al 28/05/2019	aumento %
Mayo	32.85	41	24.81%
Junio	306.04	292.36	-4.47%
Julio	324.31	290.07	-10.56%
Agosto	294.94	304.21	3.14%
Septiembre	264.77	299.16	12.99%
Octubre	288.21	299.59	3.95%
Noviembre	347.38	351.96	1.32%
Diciembre	344.78	376.66	9.25%
Enero	352.72	403.88	14.50%
Febrero	319.46	348.93	9.22%
Marzo	350.17	374.82	7.04%
Abril	266.77	376.85	41.26%
Mayo	241.8	336.84	39.31%

Aumento en el consumo en % en el año periodo
05/2018 - 05/2019 respecto al periodo
05/2017 - 05/2018 **11.67%**

Tabla 3 Promedio de consumo mensual en %

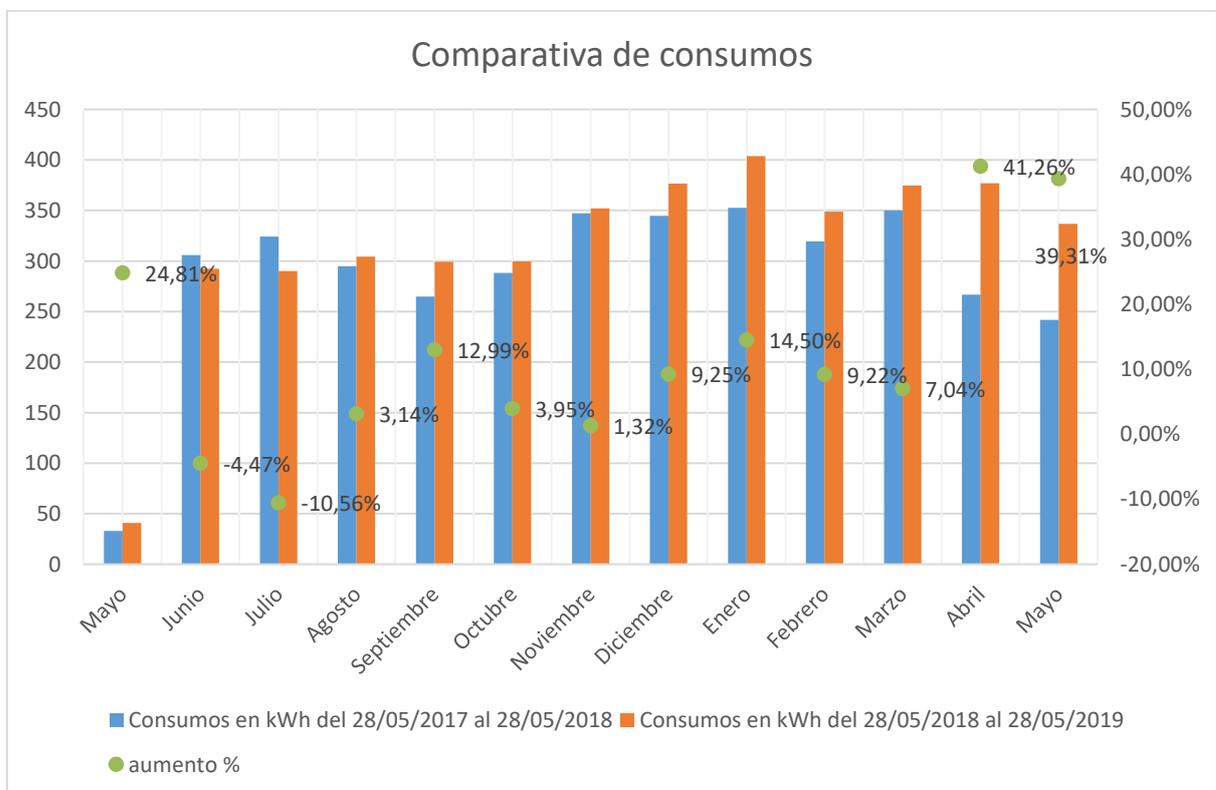


Gráfico 4 Promedio de consumo mensual en %

En el Gráfico 5 consumo medio horario en kWh podremos visualizar los consumos durante un mes cada hora del día.

En el Gráfico 5 consumo medio horario en kWh se visualizan dos grandes zonas donde se aumenta el consumo de la vivienda, la zona de mayor consumo se registra desde las 17:00h hasta las 00:00h mientras que la otra zona de mayor consumo se registra entre las 08:00h y las 13:00h.

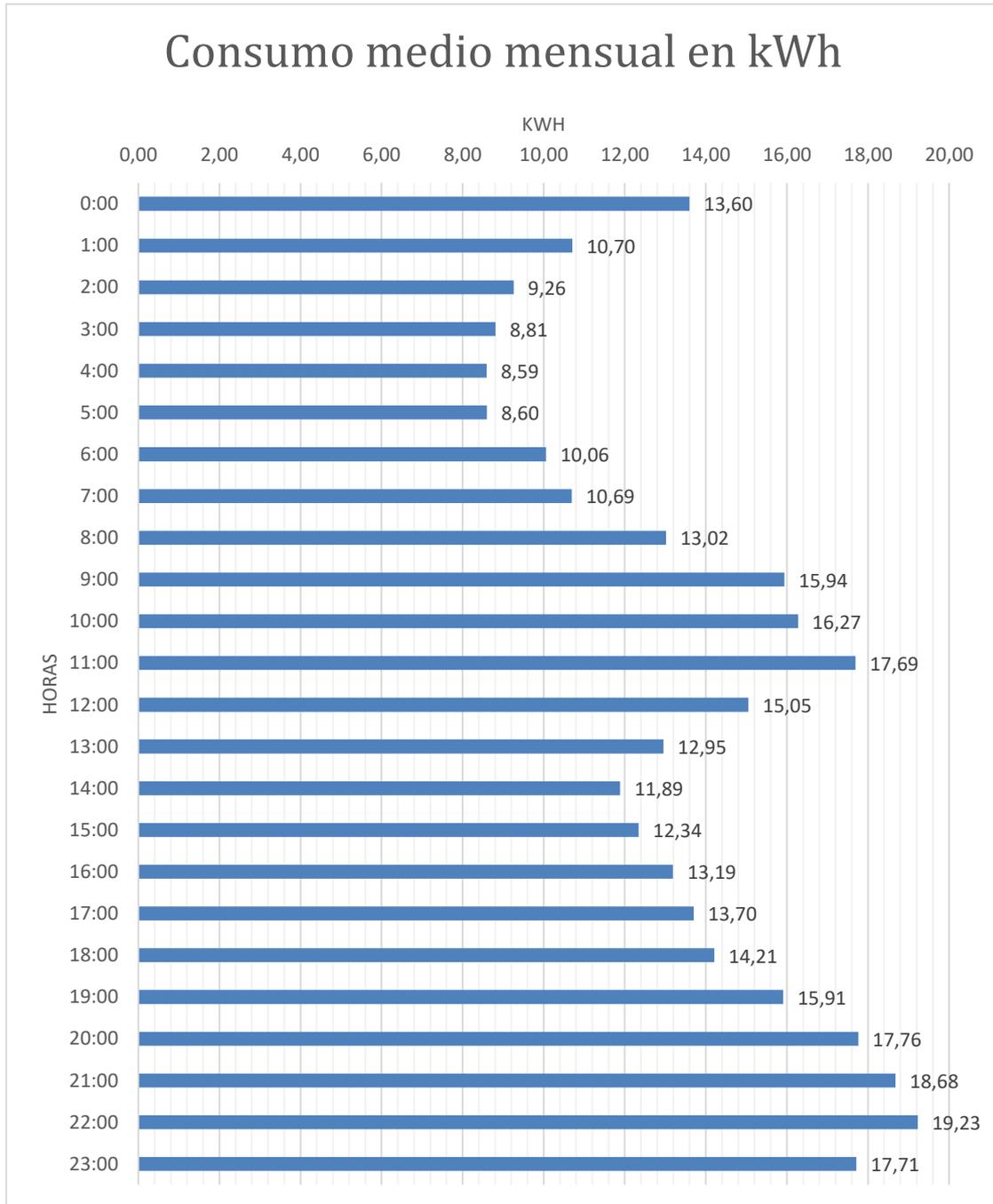


Gráfico 5 consumo medio horario en kWh

8. CRITERIOS DE DISEÑO

En el presente documento, se estudiarán dos alternativas de diseño para comprobar cuál de ellas es capaz de adaptarse mejor a la nueva normativa aplicable y cuál de las dos opciones es económicamente más rentable.

En las dos opciones de diseño, la instalación no dispondrá de componentes para el almacenamiento de energía y la inclinación de los paneles será la óptima para obtener una generación eléctrica de cantidad similar durante todos los meses del año.

El objetivo de la instalación solar es actuar como apoyo de alimentación en parte de los consumos de la vivienda.

8.1 Alternativa 1: generación del consumo promedio mensual

Debido a que el nuevo reglamento, permite el vertido de energía excedentaria a la red, en esta alternativa se calculara la instalación fotovoltaica capaz de generar la energía promedio consumida por la vivienda en las mensualidades registradas en el Gráfico 3 Consumo mensual durante el último año.

8.2 Alternativa 2: generación en las horas de mayor radiación solar

En este caso la instalación se calculará para evitar el vertido a red y por lo tanto minimizar los excedentes energéticos, de este modo se realizará la instalación observando los consumos eléctricos de la vivienda que coincidan con las horas de mayor radiación solar.

9. DIMENSIONES DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

9.1 Energía producida

En este apartado se obtendrá la energía por kW instalado que son capaces de suministrar los paneles fotovoltaicos. El rendimiento de los paneles y por lo tanto la producción energética se ven afectadas tanto por la radiación solar que reciben como por la temperatura a la que se encuentran.

Las valoraciones de la energía eléctrica producida se pueden obtener de la herramienta on-line PVGIS de la Comisión Europea, el cual es capaz de realizar estimaciones de producción de energía eléctrica en diferentes zonas geográficas a partir de bases de datos de radiación solar, además de contar con un coeficiente de pérdidas asumidas.

Facilitando a PVGIS la ubicación, la orientación y la inclinación de los paneles fotovoltaicos instalados, además de la tecnología de paneles empleada el software nos ha mostrado los siguientes valores de energía producida para un sistema fotovoltaico fijo con montaje sobre chasis metálico.

Los resultados mostrados en la Tabla 4 Energía FV y radiación solar mensual se han obtenido para una potencia de instalación fotovoltaica de 1kWp.

Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	121	144	13.9
Febrero	116	139	19.7
Marzo	135	166	15.4
Abril	122	154	11.6
Mayo	125	163	8.29
Junio	119	159	4.94
Julio	128	173	3.93
Agosto	135	180	4.79
Septiembre	124	161	14.3
Octubre	127	160	14.8
Noviembre	115	139	17
Diciembre	118	139	13.8

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

Tabla 4 Energía FV y radiación solar mensual

9.2 Alternativa 1: generación del consumo promedio mensual

Como se ha mostrado en líneas anteriores, el consumo en la vivienda ha aumentado un 11.67% durante el último año, y es por eso que en esta alternativa se deseará cubrir el promedio de energía consumida durante cada mes en el último año registrado, es decir, desde mayo de 2018 a mayo de 2019.

En este caso en concreto, el promedio de consumo mensual en la vivienda es de 338 kWh. Como se muestra en la Tabla 3 Promedio de consumo mensual en % los meses más calurosos y con más horas solares, se generará más energía que la consumida por la vivienda, pero con el nuevo reglamento, este excedente de energía se podrá verter a la red pública a cambio de un saldo pactado con la comercializadora eléctrica

El promedio mensual de energía generada por 1 kWp de paneles instalados supone 123.75 kWh mensuales.

A partir de estos datos y con este criterio de diseño, se podrá calcular que nuestra instalación necesitará 2.73 kWp de potencia fotovoltaica instalada.

Los paneles fotovoltaicos seleccionados para esta instalación son de 330 W que con un total de 8 paneles se tendría una potencia instalada de 2.64 kW capaces de producir una energía de 326.7 kWh una cantidad ligeramente inferior al promedio mensual de energía consumida por la vivienda durante el último año registrado.

Con este criterio de instalación la mayor parte de la generación de la energía se concentrará entre las 10:00h y las 16:00h produciendo más cantidad de energía de la que la vivienda es capaz de consumir durante ese periodo de tiempo. Debido a esa incapacidad de no aprovechar la energía generada, esta se podrá inyectar a la red eléctrica a cambio de un saldo que se canjeará por el gasto que realiza la vivienda en horas en las que se necesite más energía eléctrica que la instalación es capaz de generar.

Volver a destacar que la energía en forma de excedente que se inyecta a la red eléctrica será remunerada en forma de saldo a un precio que se llevará a cabo con la comercializadora, un precio inferior al que lo adquiriremos en la actualidad en caso de que nuestro sistema no tenga la capacidad de proporcionarnos la energía en el momento necesario.

9.3 Alternativa 2: generación en las horas de mayor radiación solar

En este caso la instalación se calculará para evitar el vertido a red y por lo tanto minimizar los excedentes energéticos, de este modo se realizará la instalación observando los consumos eléctricos de la vivienda que coincidan con las horas de mayor radiación solar.

Debido a que el software PVGIS muestra la generación mensual y no diaria de la energía producida por la instalación, será necesario conocer la irradiancia promedio que se recibe en la zona.

De nuevo la herramienta PVGIS facilita esta tarea mostrando los datos promedio de irradiancia horaria en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

A la vista de los datos obtenidos por el software online, se observa que el 84% de la irradiancia la se obtiene en el periodode tiempo abarcado entre las 9:45 h y las 15:45 h. De este modo en este criterio de diseño se calculará la instalación para que la energía generada cubra los consumos diarios de la vivienda durante el periodo de 10:00 h hasta 16:00h.

Para simplificar los cálculos en el diseño de la instalación se supondrá que en el periodo entre las 10:00h y las 16:00h la generación eléctrica de nuestro sistema es constante.

Time	Enero	Febre ro	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost o	Septie mbre	Octub re	Novie mbre	Dicie mbre	Total	
0:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5:45	0	0	0	0	4	11	4	0	0	0	0	0	19	0%
6:45	0	0	0	17	38	43	38	29	11	0	0	0	176	0%
7:45	0	6	83	122	129	105	94	116	132	126	41	0	954	2%
8:45	186	221	278	301	310	288	283	311	337	322	274	249	3360	5%
9:45	368	416	464	484	485	463	465	505	528	528	464	382	5552	9%
10:45	566	589	633	633	615	610	620	657	664	675	615	563	7440	12%
11:45	690	697	730	694	699	708	726	761	725	745	709	672	8556	14%
12:45	749	735	757	699	717	724	771	793	731	732	712	701	8821	14%
13:45	725	714	723	663	677	702	758	775	707	702	663	692	8501	14%
14:45	607	646	651	576	605	620	683	700	616	599	541	578	7422	12%
15:45	460	501	510	460	466	483	539	558	482	449	372	404	5684	9%
16:45	283	338	343	305	311	322	363	374	307	247	242	247	3682	6%
17:45	9	91	163	156	143	148	171	177	130	27	2	0	1217	2%
18:45	0	0	8	27	42	53	48	34	9	0	0	0	221	0%
19:45	0	0	0	0	8	19	19	4	0	0	0	0	50	0%
20:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
21:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
22:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
23:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%

Tabla 5 Irradiancia horaria

Con la ayuda de los datos registrados en el Gráfico 5 consumo medio horario en kWh el consumo horario medio mensual entre las 10:00h y las 16:00h es de 99.39 kWh.

El promedio mensual de energía generada por un kWp de paneles instalados supone 123.75 kWh mensuales.

A partir de estos datos y con este criterio de diseño, se calcula que nuestra instalación necesitará 0.95 kWp de potencia fotovoltaica instalada.

Los paneles fotovoltaicos seleccionados al igual que en anterior criterio son de 330 Wp que con un total de 3 paneles se tendría una potencia instalada de 990 Wp capaces de producir una energía de 122.5 kWh.

En esta alternativa de diseño se pueden seleccionar paneles más económicos y de menor potencia, pero debido a que se instalaran un número reducido de estos y el precio entre los paneles no perjudicará en gran medida al presupuesto final de la instalación, se ha optado por estos.

10. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

10.1 Características de los paneles fotovoltaicos

Los paneles seleccionados para la instalación son de la marca Atersa de la línea ULTRA. Según el fabricante estos paneles son idóneos para plantas o sistemas de Conexión a Red a nivel mundial especialmente en la UE y los EEUU.

Para la alternativa 1 de diseño, se emplearán paneles fotovoltaicos con las siguientes especificaciones eléctricas para una radiación estándar de 1000W/m² y una temperatura de 25°C.

PANEL ATERSA A-330M	
Potencia Nominal (0/+5 W)	330W
Eficiencia del módulo	16.96%
Corriente Punto de Máxima Potencia (I_{mp})	8,67 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (V_{mp})	38,07 V
Corriente en Cortocircuito (I_{sc})	9.12 A
Tensión de Circuito Abierto (V_{oc})	46,78 V
Coefficiente de temperatura V_{oc} (β)	-0,32% /°C
Dimensiones (\pm 2 mm)	1965x990x40

Tabla 6 Características del panel solar fotovoltaico

La variación de la tensión sin carga V_{oc} de un módulo FV respecto a las condiciones estándar $V_{oc,stc}$ en función de la temperatura de funcionamiento de las células T_{CEL} viene expresada mediante la siguiente ecuación:

$$V_{oc}(T) = V_{oc(25^{\circ}\text{C})} - \beta \times (25 - T_{CEL})$$

Dónde:

β Es el coeficiente de variación de la tensión con respecto a la temperatura, dato que debe ser facilitado por el fabricante.

Como se ha comentado en líneas anteriores, los paneles solares fotovoltaicos se instalarán sobre bastidor metálico, efecto que favorece la ventilación de dichos módulos y se evita con ello una gran variación en el rendimiento debido al efecto de temperatura.

Para el cálculo de tensión máxima sin carga, es necesario conocer la temperatura más baja que se pueda dar en la zona y que se considera de 4°C bajo cero.

Por seguridad se aplicará un coeficiente del 120% a los resultados obtenidos.

Empleando la misma ecuación, se calcularán los valores de máxima tensión $V_{mp_{max}}$ a 4°C bajo cero y el valor de mínima tensión $V_{mp_{min}}$ a 70°C.

Al tratarse de unas instalaciones serie la máxima corriente en estas será la misma que la de un solo panel:

$$I_{n,max} = I_{cc}$$

Alternativa1:

$$V_{oc}(-4^{\circ}\text{C}) = 46.78\text{V} - \left(46.78 \times \frac{-0.32\%}{100}\right) \times (25^{\circ}\text{C} - (-4^{\circ}\text{C})) = 51.12\text{V}$$

$$V_{oc,max} = 61.34\text{V}$$

$$V_{mp_{max}} = 38.07 - \left(38.07 \times \frac{-0.32\%}{100}\right) \times (25^{\circ}\text{C} - (-4^{\circ}\text{C})) = 41.60\text{V}$$

$$V_{mp_{min}} = 38.07 - \left(38.07 \times \frac{-0.32\%}{100}\right) \times (25^{\circ}\text{C} - (70^{\circ}\text{C})) = 32.59\text{V}$$

$$I_{n,max} = 9.12\text{A}$$

En la Tabla 7 datos eléctricos cadenas de paneles podemos visualizar los datos eléctricos de voltaje para las cadenas de paneles.

Alternativa	Paneles por cadena	V_{mp} (V)	$V_{mp_{max}}$ (V)	$V_{mp_{min}}$ (V)	$V_{oc,max}$ (V)
1	8	304.56	332.8	260.72	490.72
2	3	114.21	124.8	97.77	183.75

Tabla 7 datos eléctricos cadenas de paneles

10.2 Selección del inversor

La instalación fotovoltaica genera energía en forma de corriente continua y el consumo de energía eléctrica en nuestra vivienda es en corriente alterna.

El dispositivo capaz de hacer esta conversión es el inversor. Con él, podremos consumir nuestra energía generada por nuestros paneles como en caso de tener excedentes poderlos verter a la red eléctrica.

Para conseguir un mayor rendimiento en la instalación, se seleccionará un inversor que cuente con la tecnología MPPT que significa Seguidor de Punto de Máxima Potencia por sus siglas en inglés (Maximum Power Point Tracker).

Los controladores de carga con MPPT buscan el balance entre tensión y corriente en el que los paneles solares operan a su máxima potencia incrementando la producción energética.

Uno de los criterios más importantes para la elección del inversor es conocer la potencia de nuestra instalación

$$Potencia\ instalacion = n^{\circ}\ paneles \cdot Potencia\ de\ cada\ panel$$

El la alternativa 1 la potencia total instalada es de 1980 W mientras que en la alternativa 2 esta es de 990 W.

Alternativa	$P_{instalada}$ (W)	$P_{entrada\ max.}$ (W)	P_{salida} (W)	Modelo
1	2640	3630	3000	Sununo Plus 3K
2	990	1200	1000	Sununo Plus 1K

Tabla 8 inversores

Otro criterio a comprobar es que el inversor tenga la capacidad de operar en el rango de tensiones en el que puede funcionar nuestra instalación.

Alternativa	$V_{oc,max}$ (V)	$V_{oc,max\ inversor}$ (V)
1	490.72	550
2	183.75	450

Tabla 9 tensión sin carga máxima

Para que el controlador MPPT opere correctamente, la tensión generada por la cadena de paneles debe contenerse entre el rango de tensiones MPPT del inversor.

El rango de voltaje MPPT para el modelo Sununo Pus 3K abarca tensiones desde los 60V hasta los 500V mientras que en el modelo Sununo Plus 1K las tensiones van desde los 60V a los 425V. Las dos alternativas cumplen adecuadamente con este criterio.

Finalmente se debe comprobar que la corriente que genera la instalación es inferior a la corriente máxima de entrada que admite el inversor. Según las especificaciones del fabricante los dos modelos de inversores soportan una corriente máxima de entrada de 11 A que es superior a los 9.12 A registrados en cada una de las alternativas.

10.3 Elección de conductores, corrientes de servicio y sección.

En las dos alternativas de diseño, se pueden diferenciar dos tramos de conductores debido al tipo de corriente que circula a través de ellos.

El cableado por el que circula corriente continua es el destinado a interconectar los paneles solares entre sí además del inversor, por otra parte, el cableado encargado de la conexión del inversor con la red de la vivienda es el encargado de conducir la energía en forma de corriente alterna.

I. Conductores de corriente continua

Estos conductores deben tener aislamiento doble o reforzado (clase II) para minimizar el riesgo de defecto a tierra y de cortocircuito.

El cableado del lado de corriente continua, conectan por la parte posterior las cadenas de paneles, lugar donde se llegan alcanzar altas temperaturas (entorno a los 70°C) es necesario que estén previstos de soportar radiación ultravioleta y altas temperaturas.

Según la ITC-BT-40 del reglamento de baja tensión los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

$$I_b = 1.25 \times I_{SC}$$

Sabiendo que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor es de 15m se aplica la siguiente ecuación para conocer la sección del conductor.

$$S = \frac{200 \times I_b \times L}{\gamma \times \%v \times V}$$

Donde:

S = Sección del conductor en mm²

I_b = Corriente de diseño

L = Longitud de la línea en metros

γ = Conductividad del material conductor en $\Omega \cdot m / mm^2$ a temperatura real (Para este caso se tomará la temperatura máxima de funcionamiento de 90° como caso más

desfavorable debido a que los conductores estarán expuestos tras los paneles solares donde se alcanzará gran temperatura $\gamma_{70} = 48 \frac{\Omega \cdot m}{mm^2}$

$\%v$ = Caída de tensión máxima permitida (1.5% Según ITC-BT-40)

V = Voltaje de la línea en voltios (Para este caso tomaremos el voltaje más desfavorable que será el mínimo en MPPT)

Alternativa	I_b (A)	V (V)	S (mm ²)	$\%v$ (%)
1	11.4	260.72	2.5	1.09
2	11.4	97.77	6	1.21

Tabla 10 Secciones normalizadas

En todos los casos se comprueba que la corriente nominal del cableado I_z es superior a la corriente de diseño I_b .

II. Conductores de corriente alterna

El circuito de corriente alterna perteneciente a la instalación fotovoltaica, tiene su inicio a la salida del inversor y concluye en el cuadro general de la vivienda.

La sección de estos conductores soportará la máxima potencia que es capaz de suministrar el inversor. Para conocer la corriente máxima que circulará por el conductor se empleará la ecuación que relaciona la potencia con la tensión y la corriente siendo esta:

$$I_B = \frac{P}{V \times \cos\varphi}$$

Donde:

I_B = Corriente nominal

P = Potencia máxima capaz de entregar el inversor

V = Tensión alterna monofásica (230 V)

$\cos\varphi$ = Factor de desplazamiento de la instalación (Se tomará 0.8)

Alternativa 1:

$$I_B = \frac{3000 \text{ W}}{230 \text{ V} \times 0.8} = 16.30 \text{ A}$$

Alternativa 2:

$$I_B = \frac{1000 \text{ W}}{230 \text{ V} \times 0.8} = 5.43 \text{ A}$$

Alternativa	$P(W)$	$I_B(A)$
1	3000	16.30
2	1000	5.43

Tabla 11 Corrientes servicio

En la Tabla 11 Corrientes servicio aparecen las intensidades que deberán soportar los conductores en cada alternativa de diseño.

La sección adecuada de estos conductores, vendrá determinada por la corriente nominal del conductor y la temperatura máxima admisible asignada a los materiales de recubrimiento de este. Para ello, se consulta la TABLA B.52-1 de la norma UNE-HD 60364-5-52: 2014 Métodos de instalación de referencia. Los conductores serán unipolares con un recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC) instalados en tubos en montaje superficial, correspondiendo al grupo B1 de la TABLA B.52-1.

Para conocer la sección adecuada del conductor, será necesario comprobar que existen interruptores magnetotérmicos normalizados en un intervalo superior o igual a la intensidad de cálculo del circuito e inferior o igual a la corriente nominal admisible por el conductor.

El resultado de los conductores de corriente alterna para cada alternativa son:

Alternativa	$I_B (A)$	$S (mm^2)$	$I_z(A)$
1	16.30	4	26
2	5.43	1.5	14.5

Tabla 12 Sección de los conductores en A.C

Considerando que este circuito pertenezca a un circuito interior de la vivienda, la caída máxima de tensión permitida será del 3%.

Para el cálculo de la caída de tensión se emplea la ecuación:

$$\%V = \frac{200 \times P \times l}{\gamma \times S \times V^2}$$

Donde:

$\%V$ = Caída de tensión en la línea

P = Potencia de la instalación

l =Longitud de la línea

γ = Conductividad del material conductor

S = Sección del conductor

V = Tensión de la línea

Alternativa 1:

$$\%V = \frac{200 \times 3000 \text{ W} \times 13 \text{ m}}{48 \frac{\Omega\text{m}}{\text{mm}^2} \times 4 \text{ mm}^2 \times (230 \text{ V})^2} = 0.77\%$$

Alternativa 2:

$$\%V = \frac{200 \times 1000 \text{ W} \times 13 \text{ m}}{48 \frac{\Omega\text{m}}{\text{mm}^2} \times 1.5 \text{ mm}^2 \times (230 \text{ V})^2} = 0.68\%$$

Como se puede apreciar en Tabla 13 Caídas de tensión A.C los valores de caídas de tensión cumplen con la normativa.

Alternativa	$S \text{ (mm}^2\text{)}$	$l \text{ (m)}$	$P \text{ (W)}$	$\%V \text{ (\%)}$
1	4	13	3000	0.77
2	1.5	13	1000	0.68

Tabla 13 Caídas de tensión A.C

Finalmente será necesario calcular el diámetro de tubo por el que se canalizarán los conductores de alterna. Para ello se emplea la Tabla 2 de la ITC BT-21 del REBT, y como resultado se obtiene que el diámetro exterior del tubo no será inferior a 12mm en cada una de las alternativas planteadas.

Al tratarse de un montaje superficial se empleará en ambas alternativas de diseño tubo rígido.

10.4 Puesta a tierra y protección contra contactos indirectos

Tal y como se detalla en el Real Decreto 842/2002 actualizada a abril de 2019, y en concreto en la ITC BT-40 en instalaciones generadoras interconectadas, conectadas a instalaciones receptoras que pueden ser alimentadas, de forma simultánea o independiente, por dichos grupos o por la Red de Distribución Pública, cuando la instalación receptora esté acoplada a una Red de Distribución Pública que tenga el neutro puesto a tierra, el esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la Red de Distribución pública.

El calibre del conductor de protección se obtiene de la tabla 2 de la ITC BT-18 del REBT:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$

$S > 35$	$S_p = S/2$
----------	-------------

Tabla 14 Secciones mínimas de puesta a tierra

Según la ITC BT-18 del REBT la Tabla 14 Secciones mínimas de puesta a tierra solamente es aplicable en el caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos.

Dado que los conductores de la instalación son inferiores a una sección de 16 mm^2 , los conductores de protección tendrán la misma sección que los conductores de la instalación. No obstante si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica la mínima sección permitida será de 4 mm^2 .

Aplicando la ITC BT-40 todos los generadores con autoconsumos con excedentes independientemente de su potencia que se conecten a instalaciones interiores o receptoras de usuario, lo harán a través de un circuito independiente y dedicado desde un cuadro de mando y protección que incluya protección diferencial tipo A, que será de 30 mA en instalaciones de vivienda

En dicha instalación se emplearán interruptores diferenciales supeinmunizados (tipo A) con una sensibilidad de 30 mA y una corriente nominal de 25 A

10.5 Protecciones frente a sobrecorrientes

En el tramo de corriente continua, no será necesario disponer de dispositivos de protección contra sobrecorrientes debido a que los conductores se han diseñado para soportar el 125% de la corriente nominal de funcionamiento siendo esta de 11.4 A.

En el circuito de corriente alterna, será necesario incorporar un interruptor magnetotérmico con una corriente nominal superior o igual a la corriente de diseño del circuito e inferior o igual a la corriente que el conductor es capaz de soportar

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Siendo:

I_B : Intensidad de diseño o de cálculo del circuito.

I_N : Intensidad nominal del interruptor

I_Z : Intensidad máxima admisible por el conductor

Alternativa	I_B (A)	S (mm^2)	I_Z	I_N
1	16.30	4	26	20
2	5.43	1.5	14.5	6

Tabla 15 Interruptores magnetotérmicos

10.6 Protección contra sobretensiones

Para garantizar la protección de la instalación fotovoltaica de sobretensiones tipo rayo, se colocará un dispositivo de protección frente a sobretensiones con capacidad para proteger a los equipos inversores de la instalación.

En la alternativa 1 la tensión máxima que soporta el equipo son 550 V de modo que la protección actuará antes de llegar a este nivel de tensión.

En la alternativa 2 la tensión máxima soportada por el inversor es de 450 V.

11. ESTUDIO ECONÓMICO

Ya diseñada y dimensionada la instalación solar fotovoltaica para el autoconsumo de una vivienda unifamiliar, se podrá llevar a cabo el estudio de viabilidad económicamente hablando. En el siguiente apartado, se realizará el presupuesto de ambas alternativas. En el estudio de viabilidad económica, se tendrá en cuenta el precio actual de la energía, el precio de venta de la energía por kWh inyectado a red y los costes de mantenimiento de la instalación, así como la capacidad de producción eléctrica de la planta y la capacidad de la vivienda de poder consumir dicha energía durante el periodo de producción de los paneles fotovoltaicos.

11.2 Presupuesto

En los anexos se incluyen los presupuestos desglosados de las dos alternativas que forman parte del estudio

Alternativa	Costo con IVA (€)
1	5983.39
2	2936.07

Tabla 16 Presupuestos

El capital inicial en ambas alternativas, no se considera elevado de modo que la cobertura económica se realizará al cien por cien por el propietario de la vivienda sin necesidad de la obtención de créditos bancarios.

Como se observa en la Tabla 16 Presupuestos la alternativa 2 es mucho más económica que la alternativa 1 y esto es debido a un menor número de paneles fotovoltaicos instalados, un menor número de bastidores a instalar y un inversor de menor potencia y menor precio.

11.3 Estudio de rentabilidad

En este apartado del trabajo, se emplearán los métodos VAN (valor actual neto) y TIR (Tasa Interna de rentabilidad).

Con el método VAN, se conseguirá calcular la rentabilidad de cada una de las alternativas a medida que pasan los años de la instalación hasta el final de su vida útil, restando la inversión inicial y teniendo en cuenta un tipo de interés al que se hubiera podido invertir el capital necesario para dicha instalación.

La ecuación del método VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{n=0}^n \left(\frac{FC_n}{(1 + C_c)^n} \right) - I_0$$

Dónde:

FC_n = Rentabilidad anual

C_c = Tasa de interés

n = número de año

I_0 = capital invertido

Los cálculos se realizan hasta los 25 años, que es cuando termina la vida útil de la instalación. Se considerará que la producción de energía descende un 0.5% anual. Por otra parte, se empleará una tasa de interés del 2% anual para el cálculo de rentabilidad económica.

Para realizar el estudio económico, más concretamente para calcular la rentabilidad anual de la instalación, se necesita conocer el coste de cada kWh que proporciona la comercializadora (que se puede consultar fácilmente en la factura energética siendo de 0.204 €/KWh con IVA incluido), así como también el saldo que recibiremos por kWh inyectado red. En la web /www.esios.ree.es se tiene acceso al precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC).

Como podemos apreciar en el los documentos anexados el precio de compensación por kWh vertido a red varía entre 60€/MWh y los 40€/MWh. Para los cálculos del estudio económico, se considerará que el precio del MWh es de 47€.

En el estudio de económico de la alternativa 2 se considerará que no se producen excedentes energéticos de la planta fotovoltaica, ya que el criterio de diseño empleado ha sido minimizar al máximo la generación de energía excedentaria, mientras que en la alternativa 1 se generarán excedentes de energía durante las horas con mayor radiación solar. De este modo el kWh generado por la planta que es capaz de consumir la vivienda en un mismo periodo de tiempo será valorado con un coste igual al valorado por la compañía comercializadora, mientras que los kWh que genera la planta y la vivienda no es capaz de consumir se valorarán económicamente como kWh vertido a red a un precio de 47€/MWh.

A los beneficios aportados por la planta, se restará el coste de mantenimiento. Este se estima en una visita anual a un precio de 40 € para ambas alternativas.

A continuación, se muestran las tablas de amortización:

Alternativa 1

Año	Energía generada (kWh/año)	ingresos autoconsumo (€)	ingresos inyección a red(€)	coste de mantenimiento (€)	flujo de caja no actualizado (€)	Ganancias (€)	Flujo de caja actualizado (€)	Valor actual neto (VAN) (€)
1	3920.4	300	115	40	-5608.34	-5608.34	-5498.37	-5498.37
2	3901	300	114	40	374.13	-5234.21	359.60	-5138.77
3	3881	300	113	40	373.21	-4861.00	351.68	-4787.09
4	3862	300	112	40	372.30	-4488.70	343.95	-4443.14
5	3843	300	112	40	371.39	-4117.31	336.38	-4106.76
6	3823	300	111	40	370.49	-3746.82	328.98	-3777.78
7	3804	300	110	40	369.59	-3377.24	321.75	-3456.03
8	3785	300	109	40	368.70	-3008.54	314.68	-3141.35
9	3766	300	108	40	367.81	-2640.73	307.76	-2833.59
10	3747	300	107	40	366.92	-2273.81	301.00	-2532.58
11	3729	300	106	40	366.04	-1907.77	294.39	-2238.19
12	3710	300	105	40	365.16	-1542.61	287.93	-1950.26
13	3692	300	104	40	364.29	-1178.32	281.61	-1668.65
14	3673	300	104	40	363.42	-814.89	275.43	-1393.22
15	3655	300	103	40	362.56	-452.33	269.39	-1123.83
16	3636	300	102	40	361.70	-90.63	263.48	-860.35
17	3618	300	101	40	360.85	270.22	257.70	-602.65
18	3600	300	100	40	360.00	630.22	252.06	-350.59
19	3582	300	99	40	359.15	989.37	246.53	-104.06
20	3564	300	98	40	358.31	1347.68	241.13	137.07
21	3546	300	98	40	357.47	1705.15	235.85	372.92
22	3529	300	97	40	356.64	2061.79	230.69	603.61
23	3511	300	96	40	355.81	2417.60	225.64	829.25
24	3494	300	95	40	354.98	2772.59	220.70	1049.95
25	3476	300	94	40	354.16	3126.75	215.87	1265.83

Tabla 17 VAN alternativa 1

Alternativa 2

Año	Energía generada (kWh/año)	ingresos autoconsumo (€)	ingresos inyección a red(€)	coste de mantenimiento (€)	flujo de caja no actualizado (€)	Ganancias (€)	Flujo de caja actualizado (€)	Valor actual neto (VAN) (€)
1	1470	300	0	40	-2676.19	-2676.19	-2623.72	-2623.72
2	1463	298	0	40	258.38	-2417.81	248.35	-2375.37
3	1455	297	0	40	256.89	-2160.92	242.07	-2133.30
4	1448	295	0	40	255.40	-1905.52	235.95	-1897.34
5	1441	294	0	40	253.93	-1651.59	229.99	-1667.35
6	1434	292	0	40	252.46	-1399.13	224.18	-1443.18
7	1426	291	0	40	251.00	-1148.14	218.51	-1224.67
8	1419	290	0	40	249.54	-898.60	212.98	-1011.69
9	1412	288	0	40	248.09	-650.50	207.59	-804.10
10	1405	287	0	40	246.65	-403.85	202.34	-601.76
11	1398	285	0	40	245.22	-158.63	197.22	-404.54
12	1391	284	0	40	243.79	85.16	192.23	-212.31
13	1384	282	0	40	242.37	327.53	187.36	-24.94
14	1377	281	0	40	240.96	568.50	182.62	157.67
15	1370	280	0	40	239.56	808.05	177.99	335.67
16	1364	278	0	40	238.16	1046.21	173.49	509.15
17	1357	277	0	40	236.77	1282.98	169.09	678.25
18	1350	275	0	40	235.38	1518.37	164.81	843.05
19	1343	274	0	40	234.01	1752.37	160.63	1003.68
20	1336	273	0	40	232.64	1985.01	156.56	1160.24
21	1330	271	0	40	231.27	2216.29	152.59	1312.83
22	1323	270	0	40	229.92	2446.20	148.72	1461.55
23	1317	269	0	40	228.57	2674.77	144.95	1606.50
24	1310	267	0	40	227.23	2902.00	141.27	1747.77
25	1303	266	0	40	225.89	3127.89	137.69	1885.46

Tabla 18 VAN alternativa 2

11.4 Tasa interna de rentabilidad

En este apartado del estudio, se procederá a calcular la tasa interna de rentabilidad o TIR, que se define como la tasa de interés equivalente de la inversión para obtener un VAN equilibrado de valor cero.

En la siguiente tabla, se mostrará el TIR de ambas inversiones al final de su vida útil.

Alternativa	TIR (%)
1	2
2	6

Tabla 19 Tasa interna de rentabilidad

En este estudio se han analizado económicamente dos alternativas de diseño para la construcción de un generador fotovoltaico encargado de suministrar una vivienda unifamiliar con conexión a red.

Ambas alternativas de estudio son rentables dentro de la vida útil de la instalación, aunque se trata de inversiones a muy largo plazo. Inversiones que comienzan a ser rentables a partir del catorceavo año para la alternativa de diseño número dos y al vigésimo año para la alternativa número uno.

De las dos opciones planteadas, la elección más lógica es tomar la alternativa número dos, ya que tiene una mayor rentabilidad y no es necesario aportar un capital inicial tan elevado.

Con la alternativa número dos conseguimos obtener una rentabilidad del 6% al final de la vida útil, un porcentaje muy superior al que ofrecen las entidades bancarias en inversiones de bajo riesgo, no obstante, al tratarse de una inversión tan longeva y con la experiencia de lo cambiante que ha sido la normativa durante los últimos años, no es una decisión fácil de tomar.

12. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

12.1 Antecedentes

El presente documento se redacta con la finalidad de fijar las condiciones técnicas mínimas y requerimientos que se deben cumplir en la realización de dicho proyecto (instalación solar fotovoltaica de autoconsumo instalada en una vivienda unifamiliar con conexión a red). Dicha instalación pertenece a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación según el Real Decreto 244/2019. Así pues, se deberán tener en cuenta todos los requerimientos establecidos en la reglamentación actual.

El ámbito de aplicación de este pliego de preinscripciones técnicas se extiende a todos los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos que forman parte de dicha instalación. Además, siempre se respetara el cumplimiento de los requisitos técnicos contenidos en la normativa vigente perteneciente al sector eléctrico y del reglamento aplicable instalaciones de autoconsumo con capacidad de vertido a red. Que en concreto serán los

requeridos por el nuevo Real Decreto 244/2019 aprobado el de 5 de abril y el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión.

12.2 Promotor

El promotor de la instalación solar fotovoltaica, será el mismo propietario de la vivienda con su domicilio fiscal en la misma con NIF 00000005T y tratándose del principal responsable familiar.

12.3 Objeto

El objeto de dicho documento, es la definición de los aspectos técnicos y requerimientos materiales que influyen en la instalación. El pliego de condiciones, pretende servir de referente a instaladores y fabricantes de material, definiéndose las condiciones mínimas que deben cumplir este tipo de instalaciones para asegurar su calidad y seguridad final.

12.4 Generalidades

La instalación solar fotovoltaica, se ha diseñado para una vivienda situada en la zona del levante español más concretamente en la provincia de Alicante. La instalación tiene por finalidad el autoconsumo actuando como apoyo en parte del consumo eléctrico de la vivienda. Con la aprobación del nuevo reglamento, la generación de excedentes energéticos se inyectarán a la red recibiendo una compensación.

En cualquier modo y sin restricciones, se aplicara la normativa vigente a dichas instalaciones, que a la fecha de la redacción del presente documento son:

RD 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica

RD 738/2015, de 31 de julio, por la que se regula la producción de energía eléctrica.

Circular 3/2014, de 2 de julio, la presente referida por parte de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia, y en la que se establece la metodología de cálculos de los peajes pertinentes por la utilización de la red eléctrica.

RD 1699/2011, de 18 de noviembre, en el que se regula las condiciones de conexión a la red eléctrica para instalaciones de pequeña potencia.

RD 110/2007, de 24 de agosto, por el que queda aprobado un reglamento unificador para los puntos de medición eléctrica.

RD 1955/2000, de 1 de diciembre, en el que se regulan el transporte, la distribución, la comercialización y los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Nota informática IDAE, en el que existen referencias al autoconsumo de energía eléctrica en la norma vigente.

RD 413/2014, en el que se regula la actividad de producción eléctrica bajo fuentes renovables, cogeneración y residuos.

RD 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para asegurar la estabilidad financiera del sector eléctrico.

RD 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología y forma de pago por los derechos que derivan de la utilización de la red eléctrica pública.

RD 13/2009, de 30 de marzo, en el que se aclaran conceptos de mercados interiores en cuanto a la energía eléctrica.

RD 24/2013, de 26 de diciembre, en el que se pretende garantizar un desarrollo de la actividad del autoconsumo y mantener una estabilidad eléctrica.

Normativa de la empresa propietaria de la red eléctrica, que en este caso será Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.

Reglamento electrotécnico de Baja Tensión vigente, además de las instrucciones técnicas correspondientes.

BOE n°243, de 10 de octubre de 2015, en el que se refleja toda la normativa aplicable con las últimas correcciones pertinentes.

BOE n°302, de 18 de diciembre de 2015, en el que se aclaran las últimas disposiciones para el cumplimiento de la nueva legislación referente a energía fotovoltaica.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

12.5 Emplazamiento

La instalación se llevará a cabo en un municipio de la provincia de Alicante, concretamente en Castalla con dirección Les Eres 103, Castalla (Alicante).

12.6 Características de la instalación fotovoltaica

Conforme al documento PCT-C-REV - julio 2011 Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, realizado por el el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y CENSOLAR, que tiene por finalidad establecer las condiciones técnicas que deben tomarse en consideración en las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica de distribución, se desarrollan las siguientes condiciones técnicas.

A) Generalidades

A.1 Como condiciones generales se aseguraran, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e

inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), a excepción de los conductores de corriente continua, obligatoriamente cumplirán con doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

A.2 La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

A.3 El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

A.4 Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

A.5 Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

A.6 Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

A.7 En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

A.8 Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

B) Sistemas generadores fotovoltaicos

B.1 Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre.

Cualificación del diseño y homologación.

- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres.

Cualificación del diseño y aprobación de tipo.

- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

B.2 El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

B.3 Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

B.3.1 Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

B.3.2 Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

B.3.3 Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

B.3.4 Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

B.4 Será deseable una alta eficiencia de las células.

B.5 La estructura del generador se conectará a tierra.

B.6 Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

B.7 Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

C) Estructura soporte

C.1 Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

C.2 La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

C.3 El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

C.4 Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

C.5 El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

C.6 La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

C.7 La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

C.8 Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

C.9 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

C.10 Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

C.11 La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

C.12 Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

C.13 Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.

C.14 En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva

2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

D Inversores

D.1 Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

D.2 Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

D.3 Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

D.4 Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

D.5 Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

D.6 Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

D.6.1 El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de magnitud un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

D.6.2 Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.

D.6.3 El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.

D.6.4 El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

D.6.5 Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

D.6.6 Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

E). Cableado

E.1 Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

E.2 Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

E.3 Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de engancho por el tránsito normal de personas.

E.4 Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

F) Conexión a red

F.1 Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

G Medidas

G.1 Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

H) Protecciones

H.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

H.2 En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

I) Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

I.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

I.2 Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.

I.3 Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

J) Armónicos y compatibilidad electromagnética

J.1 Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

K) Medidas de seguridad

K.1 Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.

K.2 La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.

K.3 Todas las centrales fotovoltaicas con una potencia mayor de 1 MW estarán dotadas de un sistema de teledesconexión y un sistema de teled medida.

La función del sistema de teledesconexión es actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad así lo recomienden. Los sistemas de teledesconexión y teled medida serán compatibles con la red de distribución a la que se

conecta la central fotovoltaica, pudiendo utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente.

K.4 Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

12.6.2. Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- a) Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- b) Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- c) Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- d) Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo I.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- a) Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
- b) Retirada de obra de todo el material sobrante.
- c) Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres

años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

12.7. Consideraciones finales

Los materiales proporcionados por cada uno de los suministradores deberán cumplir todos los aspectos técnicos y físicos señalados tanto en la ley vigente como en el documento presentado. Se debe garantizar la integridad de cada uno de los componentes tanto en el transporte, manipulación y montaje de cada uno de ellos.

Se deberá presentar toda la documentación necesaria pertinente que asegure todo lo anteriormente citado.

Antes de iniciar los trámites necesarios para una instalación de autoconsumo conviene asegurarse de que la instalación podrá llevarse a cabo y que no existe ningún impedimento legal para realizar la instalación diseñada en el emplazamiento elegido.

Por tanto el primer paso sería consultar en el Departamento de Urbanismo del Ayuntamiento al que pertenezca el emplazamiento, si existe alguna restricción, por ejemplo derivada del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) o alguna obligación derivada por ejemplo de una ordenanza solar municipal.

13. REFERENCIAS

Cuadernillos ABB® para instalaciones fotovoltaicas.

Boletín Oficial del Estado, en cuanto a normativa vigente.

Guía de tramitación del autoconsumo IDEA

RBT, Reglamento de Baja Tensión.

Informe anual 2018 UNEF (Unión Española Fotovoltaica)

Informe de red Eléctrica de España

Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. IDEA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Estudio de una instalación fotovoltaica en
vivienda unifamiliar aplicando el real decreto
244/2019 de 6 abril

Trabajo Fin de Grado

[Grado en Ingeniería Eléctrica]

Autor: Jose Antonio Cerdá Leal

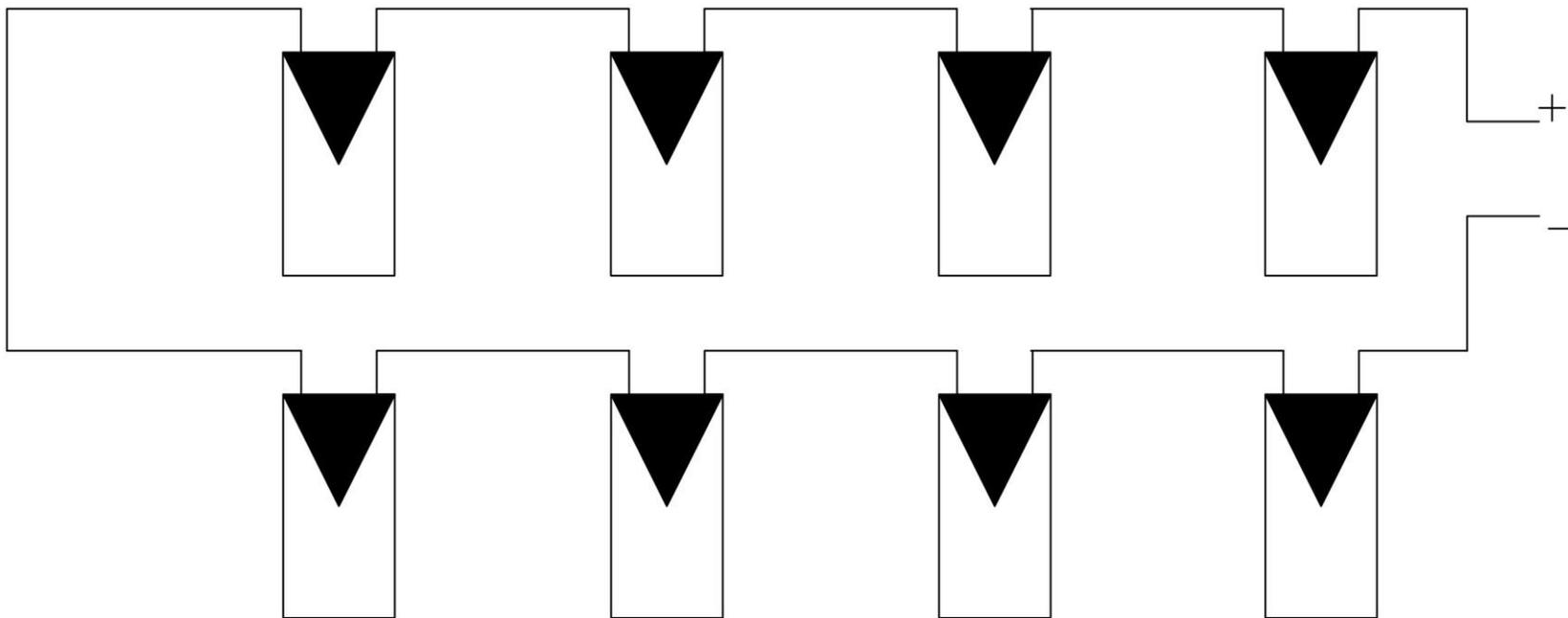
Tutor: Marcos Pascual Moltó

Curso: 2018-19



Anexos

14. ANEXO 1 : ESQUEMAS ELÉCTRICOS

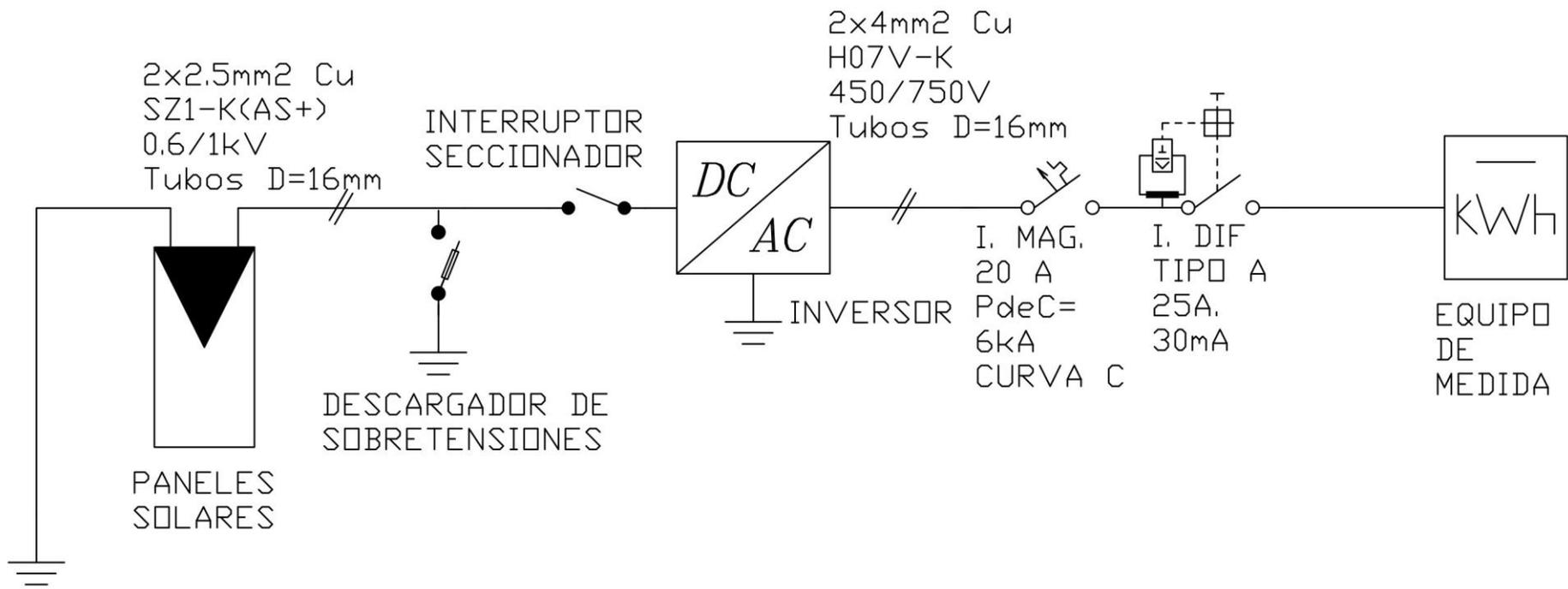


<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	
<i>Julio/2019</i>	<i>Jose Antonio Cerdá Leal</i>		<i>UPV campus de Alcoy</i>

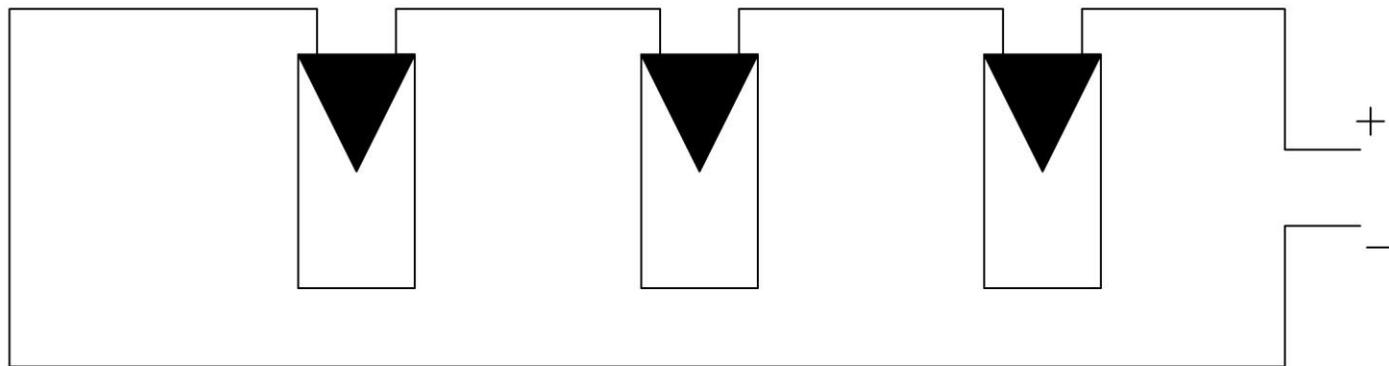


**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

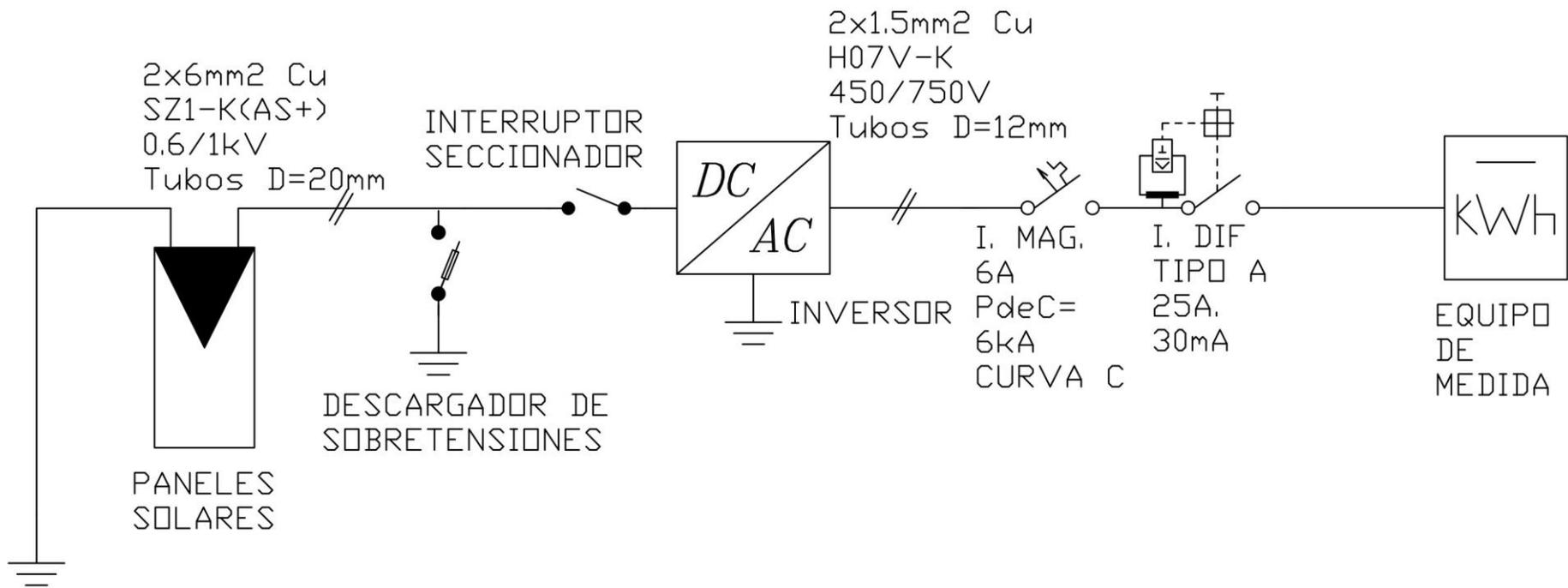
Esquema N° 1 Alternativa 1.



Fecha	Nombre	Firma:	
Julio/2019	Jose Antonio Cerdá Leal		UPV campus de Alcoy
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			Esquema N° 2 Alternativa 1.



<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	
<i>Julio/2019</i>	<i>Jose Antonio Cerdá Leal</i>		<i>UPV campus de Alcoy</i>
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			<i>Esquema N° 1 Alternativa 2.</i>



Fecha	Nombre	Firma:	
Julio/2019	Jose Antonio Cerdá Leal		UPV campus de Alcoy



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Esquema N° 2 Alternativa 2.

15. ANEXO 3: PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1:

Nº	Descripción	medición	Precio ud.	Importe (€)
Instalación de paneles fotovoltaicos				
1.01	Módulo fotovoltaico monocristalino para instalación aislada/conexión a red, potencia de pico 330 Wp, con marco de aluminio anodizado, protección con vidrio templado, caja de conexión, precableado con conectores especiales, con una eficacia mínima del 14,1%, colocado con soporte sobre tejado inclinado	8	297.96	2381.52
1.02	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 3 cables SZ1-K(AS+) unipolares (fase + neutro + tierra) resistentes al fuego, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0.6/1 kV de tensión nominal, contruidos por conductores de cobre flexible de 1.5 mm ² , con aislamiento de elástomero vulcanizado y cubierta de poliolefina, instalada bajo tubo, canal protectora o bandeja, totalmente instalada, conectada y en correcto funcionamiento, según Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 200	15	5.15	77.25
1.03	Suministro e instalación de tubo rígido de PVC enchufable de 16mm de diámetro nominal para canalización en superficie con una resistència a la compresión >1250N, una resistencia al impacto >2j a -5°C y una temperatura mínima y máxima de utilización de -5+60°C, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002	15	3.30	49.5
1.04	Interruptor en carga modular de 32 A, bipolar (2P), corte completamente aparente con indicador mecánico de señalización del estado de los contactos, sin indicador luminoso, 1 módulo de anchura (18mm p/ módulo), fijado a presión	1	20.76	20.76
1.05	Protector para sobretensiones transitorias, bipolar (1P+N), de 20 kA de intensidad máxima	1	85.63	85.63

	transitoria, de 2 módulos DIN de 18 mm de ancho, para montar sobre carril DIN			
Instalación de conexión a red				
3.01	Equipo multifunción para instalación fotovoltaica con funciones de inversor y regulador, de 3000W de potencia, monofásico de 230 V de onda sinusoidal pura, rendimiento mínimo 94 %, colocado y conectado	1	800.35	800.35
3.02	Medidor de energía monofásico bidireccional homologado por IBERDROLA, con sistemas PLC y PRIME, necesario para la legalización de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico según el RD900/2015.	1	1	121,25
3.03	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 3 cables H07V-K unipolares (fase + neutro + tierra), de 450/750 V de tensión nominal, contruidos por conductores de cobre flexible de 6 mm ² , con aislamiento de PVC, instalada bajo tubo, canal protectora o bandeja, totalmente instalada, conectada y en correcto funcionamiento, según Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 200	13	4.93	64.09
3.04	Suministro e instalación de tubo rígido de PVC enchufable de 16mm de diámetro nominal para canalización en superficie con una resistencia a la compresión >1250N, una resistencia al impacto >2j a -5°C y una temperatura mínima y máxima de utilización de -5+60°C, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002	13	3.30	42.90
3.05	Interruptor diferencial de la clase A, gama residencial, de 20 A de intensidad nominal, bipolar (2P), de sensibilidad 0,03 A, de desconexión fijo instantáneo, con botón de test incorporado y con indicador mecánico de defecto, rearme manual, totalmente instalado y en correcto estado de funcionamiento, construido según las especificaciones de la norma UNE-EN 61008-1, de 2 módulos DIN de 18 mm de ancho, montado en	1	91.85	91.85

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2

Nº	Descripción	medición	Precio ud.	Importe (€)
Instalación de paneles fotovoltaicos				
1.01	Módulo fotovoltaico monocristalino para instalación aislada/conexión a red, potencia de pico 330 Wp, con marco de aluminio anodizado, protección con vidrio templado, caja de conexión, precableado con conectores especiales, con una eficacia mínima del 14,1%, colocado con soporte sobre tejado inclinado	3	297.96	893.88
1.02	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 3 cables SZ1-K(AS+) unipolares (fase + neutro + tierra) resistentes al fuego, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de 0.6/1 kV de tensión nominal, contruidos por conductores de cobre flexible de 6 mm ² , con aislamiento de elastomero vulcanizado y cubierta de poliolefina, instalada bajo tubo, canal protectora o bandeja, totalmente instalada, conectada y en correcto funcionamiento, según Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002	15	7.56	113.4
1.03	Suministro e instalación de tubo rígido de PVC enchufable de 16mm de diámetro nominal para canalización en superficie con una resistencia a la compresión >1250N, una resistencia al impacto >2j a -5°C y una temperatura mínima y máxima de utilización de -5+60°C, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002	15	3.30	49.5
1.04	Interruptor en carga modular de 32 A, bipolar (2P), corte completamente aparente con indicador mecánico de señalización del estado de los contactos, sin indicador luminoso, 1 módulo de anchura (18mm p/ módulo), fijado a presión	1	20.76	20.76
1.05	Protector para sobretensiones transitorias, bipolar	1	85.63	85.63

	(1P+N), de 20 kA de intensidad máxima transitoria, de 2 módulos DIN de 18 mm de ancho, para montar sobre carril DIN			
Instalación de conexión a red				
3.01	Equipo multifunción para instalación fotovoltaica con funciones de inversor y regulador, de 1200W de potencia, monofásico de 230 V de onda sinusoidal pura, rendimiento mínimo 94 %, colocado y conectado	1	399.30	399.30
3.02	Medidor de energía monofásico bidireccional homologado por IBERDROLA, con sistemas PLC y PRIME, necesario para la legalización de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico según el RD900/2015.	1	1	121,25
3.03	Suministro y tendido de línea monofásica formada por 3 cables H07V-K unipolares (fase + neutro + tierra), de 450/750 V de tensión nominal, contruidos por conductores de cobre flexible de 1.5 mm ² , con aislamiento de PVC, instalada bajo tubo, canal protectora o bandeja, totalmente instalada, conectada y en correcto funcionamiento, según Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 200	13	3.76	48.88
3.04	Suministro e instalación de tubo rígido de PVC enchufable de 16mm de diámetro nominal para canalización en superficie con una resistencia a la compresión >1250N, una resistencia al impacto >2j a -5°C y una temperatura mínima y máxima de utilización de -5+60°C, no propagador de la llama, totalmente instalado, incluso ayudas de albañilería y sin incluir el cableado, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de 2002	13	3.30	42.90
3.05	Interruptor diferencial de la clase A, gama residencial, de 20 A de intensidad nominal, bipolar (2P), de sensibilidad 0,03 A, de desconexión fijo instantáneo, con botón de test incorporado y con indicador mecánico de defecto, rearme manual, totalmente instalado y en correcto estado de funcionamiento, construido según las especificaciones de la norma UNE-EN 61008-1, de	1	91.85	91.85

	2 módulos DIN de 18 mm de ancho, montado en perfil DIN			
3.06	Interruptor automático magnetotérmico de 20 A de intensidad nominal, tipo PIA curva C, bipolar (2P), de 6000 A de poder de corte según UNE-EN 60898 totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento, según el Reglamento de Baja Tensión de 2002	1	8.45	8.45
Instalación de elementos estructurales				
4.01	Estructura inclinada a 30° o 60° de acero galvanizado con marcado CE para soporte de 2 paneles fotovoltaicos de 330 Wp, instalada en tejado o terraza plana, con tratamiento contra inclemencias meteorológicas y fabricada según exigencias de la Unión Europea, totalmente instalada según DB SE y DB HE-5 del CTE	1	300.35	300.35
4.02	Estructura inclinada a 30° o 60° de acero galvanizado con marcado CE para soporte de 1 panel fotovoltaico de 330 Wp, instalada en tejado o terraza plana, con tratamiento contra inclemencias meteorológicas y fabricada según exigencias de la Unión Europea, totalmente instalada según DB SE y DB HE-5 del CTE	1	250.35	250.35
			total	2426.5
			Iva 21%	509.57
			total	2936.07



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

*Estudio de una instalación fotovoltaica en vivienda unifamiliar
aplicando el real decreto 244/2019 de 6 abril*

16. ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DEL INVERSOR



Características

Flexible y eficiente

- Algoritmo MPPT global optimizado, la eficiencia MPPT es mayor que 99.5%
- Eficiencia máxima de 97.2%, eficiencia europea de 96.7%
- Amplio rango de voltaje de entrada (50V-450V), sistema de soporte con un mínimo de 3 paneles solares
- Poca pérdida de energía en temperatura alta, aumenta la generación de energía del sistema

Fácil de instalar

- Sin transformadores., Tamaño más pequeño y ligero hasta 5,6 kg
- Diseño de conector rápido de salida de CA, para una instalación más rápida.

Inteligente y fácil de usar

- Configuración de seguridad con un solo botón, fácil configuración de todos los parámetros
- Chip de reloj RTC independiente incorporado, permite almacenamiento de datos de 25 años
- Interfaces RS232 / Wi-Fi integradas, para una mejor comunicación
- Monitoreo a distancia desde cualquier lugar y en cualquier momento
- Mantenimiento inteligente local y remoto para PC, así como dispositivos IOS y Android
- Responde al despacho de la red electric y permite la gestión energética de la microred

Seguro y confiable

- Alto grado de protección IP65 para instalaciones al interior y al exterior
- Diseño de caja de aluminio para mejorar la disipación de calor y prevenir la oxidación, prolonga el tiempo de vida útil
- Interruptor de CC de alta tensión opcional para un mantenimiento y uso más seguro
- Convección natural para una vida útil más larga

Datos técnicos



Sununo Plus 1K/1.5K/2K/2.5K/3K

Tipo	Sununo Plus 1K	Sununo Plus 1.5K	Sununo Plus 2K	Sununo Plus 2.5K	Sununo Plus 3K
Parámetros de entrada [DC]					
Potencia máxima de CC de entrada [W]	1200	1800	2400	3000	3630
Voltaje máximo de entrada de CC [V]	450	450	500	500	550
Rango de voltaje de MPPT[V]	60-425	60-425	60-450	60-450	60-500
Voltaje de entrada nominal[V]			360		
Voltaje de arranque [V]			70		
Voltaje mínimo de entrada [V]			50		
Corriente máxima de entrada [A]			11		
Ruta de seguimiento MPPT			1		
Cantidad de componentes [MPPT por canal]			1		
Interruptor de CC			Estándar		
Parámetros de salida [AC]					
Potencia de salida nominal [W]	1000	1500	2000	2500	3000
Potencia de salida máxima[W]	1100	1650	2200	2750	3300
Corriente de salida nominal[A]	4.5	6.8	9.1	11.4	13.6
Corriente de salida máxima [A]	4.8	7.2	10.6	13.3	15.9
Voltaje / rango de CA nominal [V]			220/180-280		
Frecuencia / rango de la red nominal [Hz]			50/45-55		
Factor de potencia [cos φ]			Carga completa]		
Distorsión armónica total a potencia nominal [THD]			< 3%		
Número de fase de salida			1/1		
Eficiencia					
Eficiencia máxima	97.1%	97.2%	97.4%	97.5%	97.6%
Eficiencia europea [@360Vdc]	96.6%	96.7%	96.9%	97.0%	97.1%
Eficiencia de MPPT			>99.5%		
Protección					
Protección contra sobretensión			Estándar		
Monitoreo de aislamiento de CC			Estándar		
Monitoreo de componente DC			Estándar		
Monitoreo de corriente de falla a tierra			Estándar		
Control de cuadrícula incorporado			Estándar		
Protección de cortocircuito de la salida de CA			Estándar		
Protección contra rayos AC			Estándar		
Protección contra sobrecalentamiento			Estándar		
Monitoreo de protección anti-isla			AFD		
Conector					
Conector lateral CA			Conector rápido		
Conector lateral DC			MC4/H4		
Pantalla LCD/LED		LCD[16*2caracteres, contra luz] / LED[3 luces]			
Idioma			Inglés		
Interfaz de comunicación			Rs232		
Método de comunicación			[Opcional]		
Parámetros generales					
Tipo de aislamiento			Sin transformador		
Consumo nocturno [W]			<0.2		
Consumo en modo de espera [W]			6		
Rango de temperatura de funcionamiento			-25 ° C a + 60 ° C [45 ° C a 60 ° C con reducción de potencia]		
Modo de enfriamiento			Convección natural		
Humedad ambiental permitida			0% a 100% sin condensación		
Altura máxima permitida			hasta 2000m		
Ruido [dBA]		<15		<25	
Grado de protección			[se puede instalar en interiores y exteriores]		
Modo de instalación			Achterpaneel		
Dimensiones [H * W * D] [mm]		315*260*120	354*305*120		
Peso Neto[kg]		5.6	7.8	8.3	8.4
Período de garantía [año]			5 [Estándar] / 10/15/20/25 [Opcional]		
Certificados			RD1699/2011,IEC62109-1/2, IEC61000-6-2/3, IEC61683,IEC60068-2,IEC62116,IEC61717, PEA/MEA,NRS 097-2-1,UTE-C-15-712-1,VDE0126-1-1/A1, VDE-AR-N 4105, AS4777.2,AS4777.3, C-TICK,CQC NB/T 32004,G83-2,G59-3,NBR 16149,NBR 16150,TF 3.2.1		

Guangzhou Sanjing Electric Co.,Ltd. (stock code: 835613)

Adres: SAJ Innovation Park, No.9, Lizhishan Road, Science City, Guangzhou High-tech Zone, Guangdong, P.R.China. (Zip: 510663)

Telefoon: +86 20 6660 0058 E-mail: info@saj-electric.com Website: www.saj-electric.com

17. ANEXO 4: PRECIO INYECCIÓN A RED

24/7/2019

Análisis | ESIOS electricidad · datos · transparencia



PRECIO DE LA ENERGÍA EXCEDENTARIA DEL AUTOCONSUMO PARA EL MECANISMO DE COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA (PVPC)

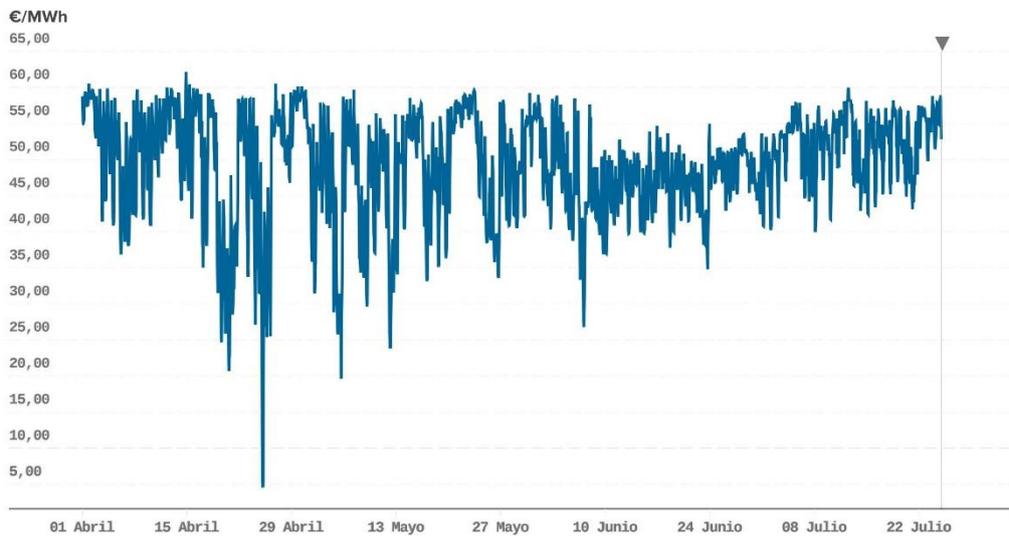


COMPARATIVO

TEMPORAL

GEOGRÁFICO

DESDE EL 01-04-2019 A LAS 00:00 HASTA EL 24-07-2019 A LAS 23:50 AGRUPADOS POR HORA



PRECIO DE LA ENERGÍA EXCEDENTARIA DEL
AUTOCONSUMO PARA EL MECANISMO DE
COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA (PVPC)
(24/07/2019 23:00)

52,83 €/MWh

https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?vis=1&start_date=01-04-2019T00%3A00&end_date=24-07-2019T23%3A50&compare_start_date=29-0... 1/2

18. ANEXO 5: FACTURA TIPO



INFORME DE CONSUMOS

JOSE ANTONIO [REDACTED]

DATOS DE FACTURA

Dirección de suministro:

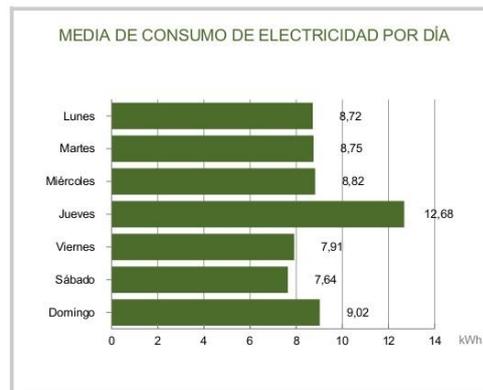
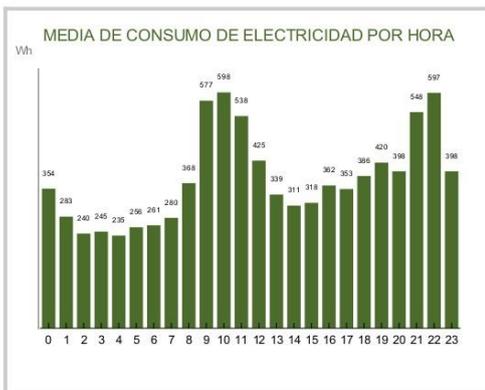
[REDACTED] 03420-CASTALLA - ALICANTE

- Plan | Plan Iberdrola
- Importe | 79,62 €
- Consumo | 309 kWh
- Número de factura | [REDACTED] emitida el 29 de Septiembre de 2017
- Periodo de facturación | del 22 de Agosto de 2017 al 24 de Septiembre de 2017
- Referencia contrato suministro | [REDACTED]

1 Consulte el consumo de electricidad que ha realizado cada día.



2 A continuación, le mostramos la media del consumo realizado por hora y día de la semana



3 ¿Sabe cómo ahorrar en su factura?

Instala interruptores divididos para encender solamente las luces que sean necesarias.



INFORME DE CONSUMOS

4 Le mostramos el detalle de consumo de luz realizado en cada hora de cada día:

EVOLUCIÓN DE CONSUMO POR HORA DE SU FACTURA

Horas (Wh)	00 - 01h	01 - 02h	02 - 03h	03 - 04h	04 - 05h	05 - 06h	06 - 07h	07 - 08h	08 - 09h	09 - 10h	10 - 11h	11 - 12h	12 - 13h	13 - 14h	14 - 15h	15 - 16h	16 - 17h	17 - 18h	18 - 19h	19 - 20h	20 - 21h	21 - 22h	22 - 23h	23h - 00h	Total (kWh)
Días																									
Martes 22 Ag.	545	325	213	258	225	237	239	242	571	1.358	320	983	218	277	386	629	564	694	520	428	458	705	1.085	414	11,9
Miércoles 23 Ag.	410	339	294	354	273	312	289	264	330	515	612	290	519	342	323	622	635	674	598	405	275	359	358	357	9,7
Jueves 24 Ag.	386	301	340	285	342	285	287	324	311	1.861	1.770	2.146	1.257	473	306	661	627	663	554	424	321	363	582	518	15,4
Viernes 25 Ag.	563	404	422	204	308	212	197	279	239	356	245	272	190	270	295	383	496	442	409	510	350	246	330	508	8,1
Sábado 26 Ag.	423	340	267	307	227	280	226	271	283	1.611	579	384	294	316	287	261	281	205	279	619	431	529	564	390	9,7
Domingo 27 Ag.	387	305	214	285	209	283	248	340	227	657	1.417	413	365	282	226	261	292	257	284	261	274	279	230	279	8,3
Lunes 28 Ag.	216	302	272	288	210	281	222	261	234	387	509	452	620	549	477	219	272	189	1.459	764	329	339	446	322	9,6
Martes 29 Ag.	333	238	265	202	280	203	269	219	322	244	344	339	410	273	257	310	241	336	289	587	508	996	936	332	8,7
Miércoles 30 Ag.	346	216	272	284	228	259	197	287	207	243	345	700	1.022	314	209	262	207	214	309	334	293	381	1.116	572	8,8
Jueves 31 Ag.	483	402	246	192	236	227	185	431	536	899	2.425	398	281	199	221	250	193	1.223	707	688	290	391	535	332	12
Viernes 1 Sept.	218	262	190	259	223	211	252	238	252	943	384	390	426	430	322	284	1.377	340	289	320	390	355	984	465	9,8
Sábado 2 Sept.	286	418	233	274	204	218	259	283	335	339	288	341	291	200	237	227	201	269	314	333	332	550	367	401	7,2
Domingo 3 Sept.	270	284	223	194	242	264	253	446	221	230	370	289	325	343	201	256	267	347	534	370	536	1.973	1.183	296	9,9
Lunes 4 Sept.	340	352	244	261	286	202	247	294	232	252	201	294	388	317	772	492	782	293	355	370	253	313	217	273	8
Martes 5 Sept.	368	355	220	230	258	217	278	279	203	263	214	314	331	226	343	331	318	303	261	307	337	353	351	351	7
Miércoles 6 Sept.	456	316	243	260	181	270	198	246	338	391	229	402	389	298	198	259	199	247	245	321	309	230	353	340	6,9
Jueves 7 Sept.	263	311	207	233	235	238	293	203	746	875	1.922	1.680	466	299	196	397	352	394	238	272	196	366	393	293	11,1
Viernes 8 Sept.	314	207	256	301	227	272	198	257	341	289	251	211	401	311	477	312	294	334	216	356	313	264	212	249	6,9
Sábado 9 Sept.	260	282	272	216	199	262	209	266	359	273	461	1.287	479	224	210	243	213	246	202	339	344	367	407	398	8
Domingo 10 Sept.	366	206	243	239	218	253	232	206	265	396	231	671	530	1.569	716	221	237	239	281	553	338	1.009	311	262	9,8
Lunes 11 Sept.	263	234	206	235	230	192	387	467	213	239	178	263	188	238	227	211	451	289	382	725	401	457	1.256	281	8,2
Martes 12 Sept.	279	211	235	252	191	401	309	237	327	364	216	228	212	260	186	292	237	271	201	264	394	1.336	991	270	8,2
Miércoles 13 Sept.	310	259	233	222	217	220	245	314	373	418	456	470	487	503	475	439	437	461	471	474	511	528	465	384	9,4
Jueves 14 Sept.	328	312	216	227	252	310	380	257	660	2.066	1.196	1.720	1.292	226	284	216	288	199	267	761	909	399	419	312	13,5
Viernes 15 Sept.	291	280	239	231	225	337	236	276	197	506	230	211	313	197	306	271	344	303	478	505	320	395	381	378	7,4
Sábado 16 Sept.	290	243	192	244	242	205	231	287	267	389	629	283	209	275	196	208	247	190	375	380	425	461	427	371	7,3
Domingo 17 Sept.	245	252	198	191	234	228	199	202	234	349	294	309	235	196	222	228	190	261	190	249	304	371	622	1.843	7,8
Lunes 18 Sept.	294	246	221	212	208	210	237	301	360	405	439	454	470	484	457	422	422	444	454	460	498	515	451	370	9
Martes 19 Sept.	1.049	209	215	240	193	392	345	245	188	299	244	184	237	207	193	261	190	201	285	270	340	607	1.091	267	8
Miércoles 20 Sept.	305	255	230	219	214	216	242	309	368	412	449	463	480	495	467	432	431	453	464	467	504	520	458	378	9,2
Jueves 21 Sept.	294	305	241	200	233	274	251	278	2.120	941	2.046	601	191	190	255	181	256	291	364	284	200	848	452	216	11,5
Viernes 22 Sept.	229	216	203	258	198	284	527	222	192	240	208	186	247	260	264	285	220	298	353	340	522	896	258	396	7,3
Sábado 23 Sept.	372	229	190	236	237	247	260	264	206	334	322	285	250	225	191	248	247	229	263	204	338	291	202	194	6,1
Domingo 24 Sept.	240	219	191	223	310	195	241	222	262	289	318	366	438	260	196	222	315	202	218	335	974	653	1.860	522	9,3
Total (kWh)	12	9,6	8,1	8,3	8	8,7	8,9	9,5	12,5	19,6	20,3	18,3	14,5	11,5	10,6	10,8	12,3	12	10,1	14,3	13,2	18,6	20,3	13,6	

Así ha concentrado el consumo por hora en esta factura.



19. ANEXO 6: PREVISIÓN PV-GIS



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

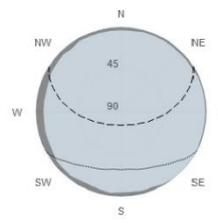
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.591, -0.676
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-CMSAF
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 1 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 60 °
 Ángulo de azimut: 0 °
 Producción anual FV: 1480 kWh
 Irradiación anual: 1880 kWh/m²
 Variación interanual: 45.30 %
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3 %
 Efectos espectrales: 0.7 %
 Temperatura y baja irradiancia: -5.8 %
 Pérdidas totales: -20.9 %

Perfil del horizonte:

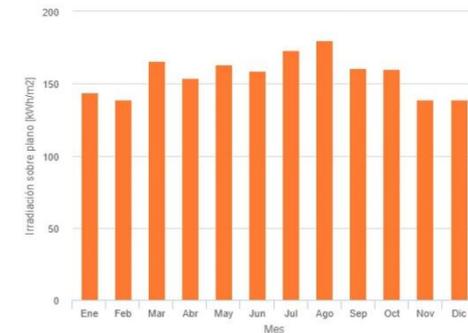


■ Altura del horizonte
 - - Elevación solar, Junio
 - - Elevación solar, Diciembre

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	Em	Hm	SDm
Enero	121	144	13.9
Febrero	116	139	19.7
Marzo	135	166	15.4
Abril	122	154	11.6
Mayo	125	163	8.29
Junio	119	159	4.94
Julio	128	173	3.93
Agosto	135	180	4.79
Septiembre	124	161	14.3
Octubre	127	160	14.8
Noviembre	115	139	17
Diciembre	118	139	13.8

Em: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].
 Hm: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SDm: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestra política es mantener la información precisa y a día. Reservados los derechos de autor de las páginas que se nos asignan. No obstante, la Comisión no asume responsabilidad alguna en relación con la información contenida en estas páginas. Para más información: El uso de cualquier elemento no supone circunstancias específicas de personas u organizaciones concretas, ni es necesariamente exhaustivo, completo, exacto o actualizado. El contenido en algunas ocasiones puede estar sujeto a cambios sin previo aviso. Los servicios de la Comisión no tienen control alguno y respecto de los cambios, la Comisión no asume ninguna responsabilidad. El uso de cualquier elemento no supone circunstancias específicas de personas u organizaciones concretas, ni es necesariamente exhaustivo, completo, exacto o actualizado. El contenido en algunas ocasiones puede estar sujeto a cambios sin previo aviso. Los servicios de la Comisión no tienen control alguno y respecto de los cambios, la Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar este sitio o sitios externos con enlaces al mismo.



PVGIS ©Unión Europea, 2001-2017.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Datos mensuales de irradiación 2019/07/29

**20. ANEXO 7: TABLA B.52-1 DE LA NORMA UNE
60364-5-52: 2014**

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Métodos de instalación de referencia

Instalación de referencia		Tabla y columna				
		Intensidad admisible para los circuitos simples				
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
		Número de conductores				
		2	3	2	3	
	Local	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
	Local	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
		B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
		B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
		C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
		D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
		D2				
		E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
		F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
		G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

$\rho = K_{\theta} \cdot \rho_{20}$ Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):

5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_{θ} : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																	
	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
A1	PVC 3	PVC 2	PVC 2				XLPE 3	PVC 2			XLPE 3	XLPE 2						
A2	PVC 3	PVC 2					XLPE 3	PVC 2			XLPE 3	XLPE 2						
B1				PVC 3	PVC 2						XLPE 3	XLPE 2						
B2				PVC 3	PVC 2						XLPE 3	XLPE 2						
C								PVC 3			PVC 2		XLPE 3			XLPE 2		
E								PVC 3			PVC 2					XLPE 3		XLPE 2
F											PVC 3				PVC 2	XLPE 3		XLPE 2
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Sección mm ²																		
Cobre																		
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	—
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	—
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	—
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	—
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	—
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	—
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	—	—	—	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	—	—	—	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	—	—	—	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	—	—	—	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	—	—	—	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	—	—	—	—	—	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	—	—	—	—	—	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	—	—	—	—	—	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
Aluminio																		
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	—
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	—
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	—
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	—
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	—
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
35	—	—	—	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
50	—	—	—	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
70	—	—	—	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
95	—	—	—	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
120	—	—	—	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
150	—	—	—	—	—	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
185	—	—	—	—	—	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
240	—	—	—	—	—	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482

Aislamientos termoestables (90°C) **Aislamientos termoplásticos (70°C)**
 XLPE: Polietileno reticulado EPR: Etileno-propileno PVC: Policloruro de vinilo



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA
CAMPUS D'ALCOI

*Estudio de una instalación fotovoltaica en vivienda unifamiliar aplicando el real decreto 244/2019
de 6 abril*