



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo

MEMORIA PRESENTADA POR:

José Ros Cánovas

TUTOR:

Antonio Abellán García

GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: Junio de 2021

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio de una instalación solar fotovoltaica de una vivienda unifamiliar que estará conectada a red en la localidad de Monteagudo (Murcia).

Con el fin de conseguir un dimensionado adecuado a la vivienda se realizará un estudio de los consumos de la propia vivienda para así determinar el número de paneles, inversor, protecciones eléctricas y demás componentes que tendrá la instalación fotovoltaica, teniendo en cuenta en todo momento la normativa vigente, así como otras justificaciones técnicas de la instalación y el presupuesto correspondiente.

Resum

En aquest treball es presenta l'estudi d'una instal·lació solar fotovoltaica d'un habitatge unifamiliar que estarà connectada a xarxa en la localitat de Monteagudo (Múrcia).

Amb la finalitat d'aconseguir un dimensionament adequat a l'habitatge es realitzarà un estudi dels consums del propi habitatge per a així determinar el nombre de panells, inversor, proteccions elèctriques i altres components que tindrà la instal·lació fotovoltaica, tenint en compte en tot moment la normativa vigent, així com altres justificacions tècniques de la instal·lació i el pressupost corresponent.

Abstract

This work presents the study of a solar photovoltaic installation for a single-family house that will be connected to the grid in the town of Monteagudo (Murcia).

In order to achieve a suitable sizing for the house, a study of the consumption of the house itself will be carried out to determine the number of panels, inverter, electrical protections and other components that the photovoltaic installation will have, taking into account at all times the current regulations, as well as other technical justifications of the installation and the corresponding budget.

Palabras clave

Instalación fotovoltaica, consumo eléctrico, energía renovable, autoconsumo

Paraules clau

Instal·lació fotovoltaica, consum elèctric, energia renovable, autoconsum

Keywords

Photovoltaic installation, electricity consumption, renewable energy, self-consumption



ÍNDICE

1. Índice de tablas, gráficas e ilustraciones	1
1.1. Gráficas	1
1.2. Tablas	1
1.3. Ilustraciones	1
Capítulo 1: Introducción	3
1.1 Objeto del proyecto	4
1.2 Alcance del proyecto	4
1.3 Justificación	4
Capítulo 2: Memoria descriptiva	5
2.1 Aspectos generales de la instalación	6
2.2 Cambio climático y situación de la energía solar en España.....	6
2.3 Normativa de las instalaciones para autoconsumo	8
Capítulo 3: Diseño de la instalación	11
3.1 Ubicación.....	12
3.2 Estudio del consumo de la vivienda	13
3.3 Orientación e inclinación de los paneles solares	14
3.4 Cálculo del número de paneles solares.....	16
3.5 Inversor.....	18
3.6 Cableado	19
3.6.1 Cableado en el tramo de corriente continua	20
3.6.2 Cableado en el tramo de corriente alterna por capacidad térmica	20
3.6.3 Cableado en el tramo de corriente alterna por caída de tensión	23
3.7 Cableado de tierra de la instalación	24
3.8 Puesta a tierra.....	25
3.9 Protecciones.....	26
3.9.1 Protección contra sobrecargas en el lado de CC.....	26
3.9.2 Protección contra sobretensiones en el lado de CC.....	27
3.9.3 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en el lado de CA.....	27
3.9.4 Protección contra contactos indirectos en el lado de CA	27
3.10 Cableado de la derivación individual	27
3.10.1 Cableado de la derivación individual por capacidad térmica	28

3.10.2 cableado de la derivación individual por caída de tensión	28
3.11 Estructuras de soporte de los paneles y sombras	29
Capítulo 4: Estudio de retorno de la inversión	30
4.1 Estudio económico	31
4.1.1 Presupuesto.....	31
4.1.2 Valor actual neto (VAN).....	33
4.1.3 Tasa interna de retorno (TIR)	34
Capítulo 5: Pliego de condiciones	36
5.1 Antecedentes.....	37
5.2 Promotor	37
5.3 Emplazamiento	37
5.4 Objeto	37
5.5 Generalidades	38
5.6 Definiciones.....	38
5.6.1 Radiación solar	38
5.6.2 Instalación	39
5.6.3 Módulos	39
5.7 Características de la instalación fotovoltaica.....	39
5.7.1 Generador fotovoltaico.....	39
5.7.2 Estructura de soporte.....	40
5.7.3 Inversor	40
5.8 Características eléctricas de la instalación.....	40
5.8.1 Cableado.....	40
5.8.2 Conexión a Red.....	41
5.8.3 Protecciones.....	41
6.9 Puesta a tierra	41
5.10 Recepción y pruebas	41
Conclusiones.....	43
Bibliografía.....	44
Planos	45
Anexos	54



1. Índice de tablas, gráficas e ilustraciones

1.1. Gráficas

Gráfica 1. Potencia solar fotovoltaica instalada en España.	6
--	---

1.2. Tablas

Tabla 1. Potencia instalada nacional (MW) en el periodo 2006-2015.	7
Tabla 2. Potencia instalada nacional (MW) en el periodo 2016-2021.	7
Tabla 3: Cargas y consumo de la vivienda.....	14
Tabla 4: Especificaciones del panel solar escogido.....	16
Tabla 5. Comparativa de las características de los inversores.....	19
Tabla 6: Tipos de instalación de cables no enterrados	21
Tabla 7: Intensidades admisibles (A).	22
Tabla 8: Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase	24
Tabla 9: Valores orientativos de resistividad según el terreno.....	25
Tabla 10: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreo y las características del electrodo	25
Tabla 11: Intensidad admisible para cables soterrados	28
Tabla 12: Estudio económico	34

1.3. Ilustraciones

Ilustración 1. Irradiación total anual. Fuente: PVGIS.	8
Ilustración 2. Mapa de irradiación solar.	12
Ilustración 3. Ángulos óptimos de inclinación y azimut.	15
Ilustración 4. Nuevo cálculo de inclinación y azimut.	15
Ilustración 5. Energía producida con 2,5 kWp	17

Ilustración 6. Producción mensual.....	17
Ilustración 7: Energía producida con 2,7 kWp	18

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Capítulo 1: Introducción

1.1 Objeto del proyecto

La finalidad del presente trabajo es diseñar una instalación solar fotovoltaica que pueda cubrir la demanda de energía eléctrica de una vivienda unifamiliar ubicada en la localidad de Monteagudo (Murcia). Sin embargo, estará conectada a red para que en el supuesto caso que por razones meteorológicas o de otra índole la vivienda no quede privada de energía eléctrica.

Para llevar a cabo el diseño, se estudiarán los consumos de las cargas de la vivienda, la radiación de la zona para conocer la idoneidad de la ubicación para la instalación fotovoltaica, así como demás cálculos técnicos necesarios que se expondrán en las sucesivas páginas además del presupuesto, los planos pertinentes y el estudio de viabilidad económica de la instalación.

1.2 Alcance del proyecto

El alcance del trabajo se establecerá sobre dos puntos:

-Instalación fotovoltaica

Sobre este punto se desarrollarán tanto los componentes de la instalación tales como los paneles, el inversor, secciones de los cables o protecciones en base a los cálculos justificativos.

-Estudio económico

Por último, se planteará cuán viable es la instalación fotovoltaica estudiando el VAN y el TIR de la instalación, ya que el fin de tener una instalación fotovoltaica en este trabajo es una repercusión económica positiva.

1.3 Justificación

La principal motivación para llevar a cabo este estudio es conseguir un beneficio a largo plazo en forma de ahorro en la factura de la luz a cambio de realizar una inversión económica inicial en la instalación fotovoltaica aprovechando que una instalación de este tipo tiene una vida útil de unos 25 años.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Capítulo 2: Memoria descriptiva

2.1 Aspectos generales de la instalación

La instalación que se va a llevar a cabo se ha diseñado para una demanda anual de energía de 3768,8075 kWh. Esta demanda anual se estima suponiendo la época del año más desfavorable que es en invierno ya que es cuando más energía se consume.

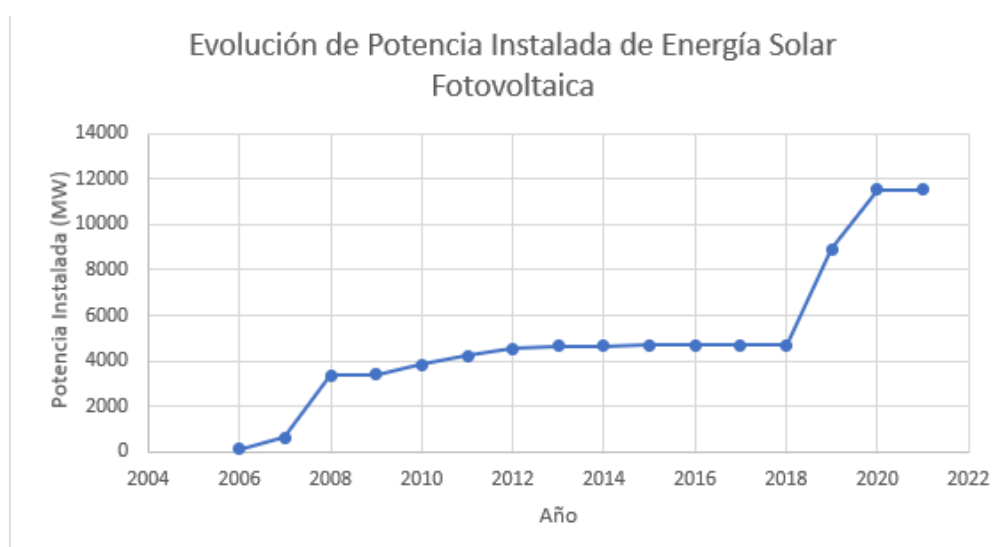
2.2 Cambio climático y situación de la energía solar en España

El cambio climático está forzando a los estados a cambiar su modelo de producción de energía basado en la quema de combustibles fósiles por nuevas formas de obtención de energía que no sean tan dañinas para el planeta, como son las fuentes de energía renovables.

Si bien es cierto que la producción de energía no es el único agente que genera este tipo de contaminación, tiene un gran impacto ya que la quema de estos combustibles libera a la atmósfera grandes cantidades de CO₂, que es el principal gas de efecto invernadero causante de este cambio en el clima.

Por todo ello, se está fomentando el uso de fuentes de energía que no generen esas emisiones de CO₂ y cuya implantación a gran escala es una de las medidas que se estima que reducirán estas emisiones.

En España, se impulsó la energía solar fotovoltaica a partir del año 2006 y a pesar de que tuvo un periodo de estancamiento entre los años 2008 y 2018, en los últimos 2 años ha tenido un gran auge. Esto se puede observar en la siguiente gráfica realizada a partir de datos que proporciona Red Eléctrica de España (REE):



Gráfica 1. Potencia solar fotovoltaica instalada en España.

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR SITUADA EN MONTEAGUDO

MEMORIA DESCRIPTIVA

Los datos representados en la gráfica anterior proceden de las siguientes tablas:

	Potencia instalada nacional (MW)									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hidráulica convencional y mixta	14,567	14,580	14,636	14,636	14,656	14,668	14,887	14,890	14,897	17,026
Bombeo puro	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	2,451	3,329
Nuclear	7,456	7,456	7,456	7,456	7,515	7,573	7,573	7,573	7,573	7,573
Carbón	11,393	11,326	11,325	11,325	11,342	11,572	11,064	11,079	10,936	10,936
Fuel + Gas	8,900	6,959	6,659	5,369	4,698	3,383	3,106	2,996	2,996	2,490
Ciclo combinado	16,358	21,951	22,653	24,184	26,573	26,634	26,670	26,670	26,670	26,670
Hidroeléctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	11	11
Resto hidráulica ⁽¹⁾	1,797	1,870	1,978	2,021	2,031	2,037	2,040	2,095	2,095	-
Eólica	11,416	13,664	16,133	18,861	19,707	21,167	22,758	23,009	23,028	22,956
Solar fotovoltaica	125	618	3,351	3,392	3,829	4,233	4,532	4,638	4,646	4,678
Solar térmica	11	11	61	232	532	999	1,950	2,299	2,299	2,304
Térmica renovable/Otras renovables ⁽²⁾	593	613	654	782	820	886	974	950	987	882
resto/Cogeneración ⁽³⁾	6,442	6,558	6,810	7,044	7,215	7,297	7,238	7,179	7,169	6,120
Residuos no renovables ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	505
Residuos renovables ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157
Total	81,509	88,057	94,166	97,751	101,371	102,898	105,243	105,830	105,758	105,638

⁽¹⁾ Incluye todas aquellas unidades menores de 50 MW que no pertenecen a ninguna unidad de gestión hidráulica (UGH). A partir de 2015 están incluidas en hidráulica convencional y mixta.
⁽²⁾ Otras renovables incluyen biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica. Los valores de potencia incluyen residuos hasta el 31/12/2014.
⁽³⁾ Los valores de potencia incluyen residuos hasta el 31/12/2014.
⁽⁴⁾ Potencia incluida en térmica renovable y térmica no renovable/cogeneración y resto/cogeneración hasta Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) hasta 2014 en: resto hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, térmica renovable/otras renovables, térmica no renovable/cogeneración y resto/cogeneración y residuos.
 Datos a 31 de diciembre.

Tabla 1. Potencia instalada nacional (MW) en el periodo 2006-2015.

	Potencia instalada nacional (MW)									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Hidráulica convencional y mixta	17,030	17,028	17,046	17,085	17,085	17,085	-	-	-	-
Bombeo puro	3,329	3,329	3,329	3,329	3,329	3,329	-	-	-	-
Nuclear	7,573	7,117	7,117	7,117	7,117	7,117	-	-	-	-
Carbón	10,004	10,004	10,030	9,683	5,733	5,386	-	-	-	-
Fuel + Gas	2,490	2,490	2,490	2,447	2,447	2,447	-	-	-	-
Ciclo combinado	26,670	26,670	26,284	26,284	26,284	26,284	-	-	-	-
Hidroeléctrica	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-
Resto hidráulica ⁽¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eólica	23,002	23,084	23,548	25,876	27,259	27,259	-	-	-	-
Solar fotovoltaica	4,683	4,685	4,712	8,914	11,547	11,547	-	-	-	-
Solar térmica	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	-	-	-	-
Térmica renovable/Otras renovables ⁽²⁾	870	872	877	1,078	1,076	1,076	-	-	-	-
resto/Cogeneración ⁽³⁾	5,939	5,774	5,701	5,650	5,633	5,630	-	-	-	-
Residuos no renovables ⁽⁴⁾	493	493	487	487	477	477	-	-	-	-
Residuos renovables ⁽⁴⁾	157	157	157	157	157	157	-	-	-	-
Total	104,556	104,020	104,093	110,423	110,462	110,111	-	-	-	-

⁽¹⁾ Incluye todas aquellas unidades menores de 50 MW que no pertenecen a ninguna unidad de gestión hidráulica (UGH). A partir de 2015 están incluidas en hidráulica convencional y mixta.
⁽²⁾ Otras renovables incluyen biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica. Los valores de potencia incluyen residuos hasta el 31/12/2014.
⁽³⁾ Los valores de potencia incluyen residuos hasta el 31/12/2014.
⁽⁴⁾ Potencia incluida en térmica renovable y térmica no renovable/cogeneración y resto/cogeneración hasta Fuente: Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) hasta 2014 en: resto hidráulica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, térmica renovable/otras renovables, térmica no renovable/cogeneración y resto/cogeneración y residuos.
 Datos a 31 de diciembre.
 (*) Para el año 2021 datos a enero de 2021.

Tabla 2. Potencia instalada nacional (MW) en el periodo 2016-2021.

Según estos datos, para el mes de enero de 2021, de los 110,111 MW de potencia instalada en España, corresponde a energía solar fotovoltaica 11,574, es decir, un 10,48% de la potencia instalada total. Sin embargo, se prevé que esta potencia instalada aumente ya que el Real Decreto- Ley 23/2020 establece que para la etapa 2020-2025 haya 29.000 MW de potencia renovable, de los cuales 25.000 correspondería a eólica y solar.

Por otro lado, España es de los países europeos que más irradiación solar recibe, tal y como se muestra en la Ilustración 1, por lo que es especialmente apropiado aprovechar esta situación geográfica para fomentar el uso de las instalaciones solares.

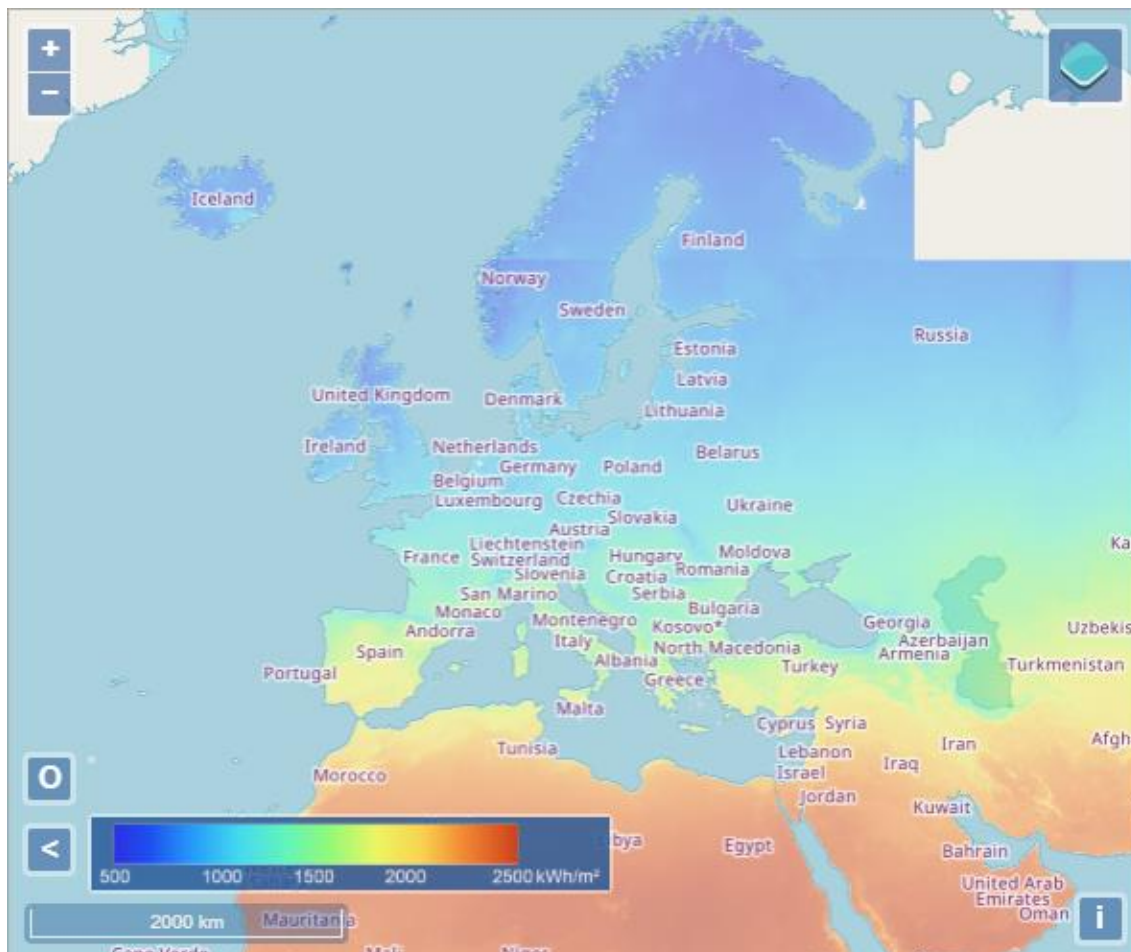


Ilustración 1. Irradiación total anual. Fuente: PVGIS.

2.3 Normativa de las instalaciones para autoconsumo

Dado que se va a realizar una instalación para el autoconsumo, hay que conocer la normativa que hay que aplicar. La más actual es el Real Decreto 244/2019 del 5 de abril y en este decreto se regulan las condiciones técnicas, administrativas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica que sirve como reforma del artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre y se aplican cinco modificaciones:

- Se define nuevamente el concepto de autoconsumo, dando a entender que es el consumo de energía eléctrica por parte de uno o varios consumidores procedente de instalaciones generadoras de energía próximas a las instalaciones de consumo y asociadas a ellas.

MEMORIA DESCRIPTIVA

-Únicamente habrá dos modalidades de autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedentes, donde en ningún caso se podrá verter energía a red.
- Autoconsumo con excedentes, donde sí se podrá inyectar energías a red.

- Para el consumidor asociado a instalaciones de autoconsumo sin excedentes que ya disponga de permiso de acceso y conexión para consumo no será necesaria la obtención de los permisos de acceso y conexión de las instalaciones generadoras.

-Para instalaciones de potencia igual o menor a 100 kW se habilita a crear mecanismos para la compensación entre el déficit o exceso de los consumidores con la modalidad de autoconsumo con excedentes.

- El registro de autoconsumo estará simplificado considerablemente y tendrá gran importancia a nivel estadístico para recabar datos.

A continuación, se detallarán las modalidades de autoconsumos existentes a las que se acogerán las instalaciones generadoras:

Autoconsumo sin excedentes

Será la correspondiente a las modalidades definidas en el artículo 9.1. a) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. Deberá incorporar la instalación un mecanismo antivertido que evite la inyección de energía eléctrica excedentaria a la red. El único existente de los indicados en el artículo 6 de la Ley 4/2013 será el consumidor.

Autoconsumo con excedentes

Será la correspondiente a las modalidades definidas en el artículo 9.1. b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En este caso, las instalaciones generadoras próximas y asociadas a las consumidoras podrán inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. Aquí se prevén dos tipos de sujetos de los indicados en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que corresponden con el sujeto productor y el sujeto consumidor.

a) Autoconsumo con excedentes acogido a compensación: Serán aquellos casos de suministro en los que voluntariamente el consumidor y el productor se acogen a un mecanismo de compensación de excedentes. Únicamente se podrá realizar si se cumplen las siguientes condiciones:

- i. La fuente de energía primaria es de origen renovable.
- ii. La totalidad de la potencia de las instalaciones de producción asociadas es inferior o igual 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.

MEMORIA DESCRIPTIVA

iv. Habrá un contrato suscrito del consumidor y el productor asociado de compensación de excedentes de autoconsumo según lo indicado en el artículo 14 del Real Decreto 244/2019 del 5 de abril.

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

b) Modalidad con excedentes no acogida a compensación: Pertencerán a esta modalidad, todos aquellos casos de autoconsumo con excedentes que no cumplan con alguno de los requisitos para pertenecer a la modalidad con excedentes acogida a compensación o que voluntariamente opten por no acogerse a dicha modalidad.

Además, el propietario se acogerá a las ayudas que fomentan el autoconsumo de energías renovables en Murcia mediante la publicación 7602, emitida por el Boletín Oficial de la Región de Murcia (BORM), el 21 de diciembre de 2018.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Capítulo 3: Diseño de la instalación

3.1 Ubicación

La vivienda se encuentra en la población de Monteagudo, a 6 km de Murcia. Este lugar es óptimo para la utilización de placas solares ya que la Región de Murcia es una de las áreas de España que más irradiancia recibe tal y como se muestra en el mapa de irradiancia solar.



Ilustración 2. Mapa de irradiación solar.

La irradiación solar promedio anual se observa que es 5,2 kWh/m², valores indicativos de la idoneidad de la zona. La Ilustración 2 se obtiene de la plataforma ADRASE (Acceso a datos de radiación solar de España), del centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

3.2 Estudio del consumo de la vivienda

Para poder realizar el diseño adecuado de la instalación fotovoltaica es de gran importancia conocer las cargas que tiene la vivienda para establecer sus consumos.

Con este fin, se realizará una tabla donde se calculará la potencia que consume la vivienda. Para estimar cuál sería el consumo más alto que podría tener y por tanto que más potencia exigiría a la instalación, el criterio que se utilizará es el uso de las cargas en épocas invernales y otoñales, que es cuando más se utilizarían algunas de ellas como luminarias y radiadores, al bajar las temperaturas y disminuir las horas de luz.

Carga	Unidades	Potencia por unidad (W)	Potencia total (W)	Horas/ día	Energía (Wh/día)
Recibidor					
Bombilla LED	1	5	5	0,5	2,5
Salón					
Ventilador de techo	1	60	60	0	0
Bombilla LED	1	12	12	5	60
Televisión	1	115	115	7	805
Aire Acondicionado/calefactor	1	850	850	2,5	2125
Pasillo					
LED	2	5	10	0.1	1
Habitación 1					
Televisión	1	65	65	0,5	32,5
Bombilla LED (Techo)	3	5	15	1	15
Bombilla LED (Mesa)	2	5	10	0,5	5
Habitación 2					
Bombilla LED (Techo)	1	5	5	2	10
Bombilla LED (Mesa)	1	5	5	0,5	2,5
Habitación 3					
Bombilla LED (Techo)	1	5	5	2	10
Bombilla LED (Mesa)	1	5	5	0,5	2,5
Bombilla LED (Escritorio)	1	6	6	5	30
Cocina					
Tubo Led	2	18	36	2	72
Horno	1	1300	1300	0,25	325
Microondas	1	1000	1000	0.1	100
Congelador	1	210	210	8	1680
Extractor	1	70	70	0,25	17,5
Frigorífico	1	350	350	8	2800
Lavavajillas	1	1500	1500	0,3	450

Baño					
Bombilla LED	3	5	15	1,5	22,5
Calentador	1	2000	2000	0.5	1000
Despensa y luces exteriores					
LED	3	5	15	0,5	7,5
Lavadora	1	1500	1500	0.5	750
		Total	9164	Total	10325,5

Tabla 3: Cargas y consumo de la vivienda

EL consumo es de 10325,5 kWh/día y para poder realizar futuros cálculos es necesario conocer el consumo en kWh/año por lo que se aplicará la siguiente expresión:

$$\text{Energía anual} \left(\frac{kWh}{\text{año}} \right) = \text{Consumo diario} \left(\frac{kWh}{\text{día}} \right) \times 365 \text{ días}$$

Obteniendo como resultado:

$$\text{Energía anual} \left(\frac{kWh}{\text{año}} \right) = 10,3255 \times 365 = 3768,8075 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Por lo que la demanda anual de energía es de 3768,8075 kWh/año.

3.3 Orientación e inclinación de los paneles solares

La orientación de los paneles solares es un punto clave para optimizar la instalación fotovoltaica y captar la mayor energía solar posible. La orientación ideal es hacia el sur ya que es la dirección en la que mayor parte del día se recibe la radiación solar. Sin embargo, una orientación hacia los polos Este y Oeste no supondría una variación tan grande en la generación de energía que llegara a considerarse que la instalación fotovoltaica no tiene un buen rendimiento. La vivienda sobre la que se hará la instalación está orientada hacia el sudeste y con el fin de aprovechar la superficie plana y cuasi-cuadrada de la terraza de la vivienda y que no se dispongan diagonalmente respecto a la terraza, los paneles se orientarán hacia el sudeste.

Por otro lado, se establecerá el ángulo de inclinación de los paneles y el ángulo azimut. El ángulo de inclinación del panel es la inclinación que tendrán los paneles respecto a ras de suelo. En este caso al hacerse sobre una terraza es sobre plano horizontal. La orientación se determinará a partir del ángulo azimut que es el ángulo de desviación tomando de referencia la dirección ideal hacia el sur.

Para estimar estos ángulos se utilizará el programa PVGIS. En dicho programa se introducirá la localización de la vivienda indicando el municipio o la latitud y longitud. Monteagudo se sitúa en una Latitud 38,019 y Longitud -1,095. También se escogerá la opción de “optimizar inclinación y azimut”; las pérdidas del sistema se mantendrán las

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

predeterminadas (14%); la potencia fotovoltaica de pico instalada será de 1 kWp y en la posición de montaje se escogerá “integrado en edificio”.

Una vez se simula con estas condiciones el programa indica que el ángulo de inclinación óptimo es 35 ° y el ángulo azimut 1°.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	38.019, -1.095	Ángulo de inclinación:	35 (opt) °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	1 (opt) °
Base de datos:	PVGIS-SARAH	Producción anual FV:	1590.08 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	2129.33 kWh/m ²
FV instalado:	1 kWp	Variación interanual:	48.66 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.54 %
		Efectos espectrales:	0.57 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-11.4 %
		Pérdidas totales:	-25.32 %

Ilustración 3. Ángulos óptimos de inclinación y azimut.

Sin embargo, la vivienda no está orientada directamente hacia el sur, sino a unos 35° hacia el este, con lo cual el ángulo azimut que habría que utilizar es -35°. Se indica sentido negativo porque la orientación es hacia el este. Ya que el ángulo azimut óptimo y el ángulo azimut sobre el que se orientarán los paneles son tan dispares, se procederá a obtener la producción fotovoltaica que se generará con azimut -35° y calcular la variación de producción fotovoltaica entre ambos y conocer si es una variación admisible.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	38.019, -1.095	Ángulo de inclinación:	35 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-35 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH	Producción anual FV:	1527.21 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	2046.84 kWh/m ²
FV instalado:	1 kWp	Variación interanual:	36.15 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.67 %
		Efectos espectrales:	0.54 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-11.33 %
		Pérdidas totales:	-25.39 %

Ilustración 4. Nuevo cálculo de inclinación y azimut.

La producción anual fotovoltaica con azimut 1° es de 1590,08 kWh y con azimut -35° es de 1527.21 kWh. Aplicando la siguiente expresión se estimará cuanto se reducirá la producción solar fotovoltaica:

$$\Delta \text{Producción anual FV}(\%) = \frac{\text{Producción (Azimut = 1)} - \text{Producción (Azimut = 35)}}{\text{Producción (Azimut = 1)}} \times 100$$

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

$$\Delta \text{Producción anual FV} = \frac{1590,08 - 1527,21}{1590,08} \times 100 = 3,95\%$$

El decremento que se da en la producción es de 3,95% y es una reducción de la producción admisible ya que no es un gran porcentaje de pérdida..

3.4 Cálculo del número de paneles solares

Una parte fundamental del diseño de la instalación es conocer el número de paneles solares que van a ser necesarios en la instalación. Los paneles que se van a utilizar son Ja Solar 450 W 24 V monocristalino Perc.

El panel solar que se utilizará tiene las siguientes especificaciones detalladas en la Tabla 4.

Especificaciones	Ja Solar 450 W
Potencia nominal	450 W
Tensión de circuito abierto (Voc)	49,7 V
Tensión a máxima potencia (Vmp)	41,52 V
Corriente a máxima potencia (Imp)	10,84 A
Corriente de cortocircuito (Isc)	11,36 A
Dimensiones	2120 x1052x40 (mm)

Tabla 4: Especificaciones del panel solar escogido

En primer lugar, habría que establecer la potencia de pico instalada. Como se puede apreciar en la Ilustración 4, con una potencia de pico instalada de 1 kWp la producción fotovoltaica anual es de 1527,21 kWh. Habría que relacionar esta producción con el consumo anual de la vivienda para obtener la potencia de pico instalada necesaria para la instalación. Para ello se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{Potencia de pico a instalar} = \frac{\text{Demanda anual de energía de la vivienda}}{\text{Producción anual de energía}}$$

Se sustituyen los datos conocidos:

$$\text{Potencia de pico a instalar} = \frac{3768,8075}{1527,21} = 2,467 \text{ kWp}$$

Este valor se va a aproximar a 2,5 kWp. Se vuelve a realizar la simulación en PVGIS con esta potencia instalada de pico y se obtiene, como se aprecia en la Ilustración 5 que la producción anual es 3818,03 kWh, con lo que cumpliría la demanda anual de energía, ya que esta última es 3768,8075 kWh.

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	38.019, -1.095	Ángulo de inclinación:	35 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-35 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH	Producción anual FV:	3818.03 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	2046.84 kWh/m ²
FV instalado:	2.5 kWp	Variación interanual:	90.38 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.67 %
		Efectos espectrales:	0.54 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-11.33 %
		Pérdidas totales:	-25.39 %

Ilustración 5. Energía producida con 2,5 kWp

Sin embargo, haciendo un análisis más detallado y visualizando cuál sería la producción de energía cada mes, se aprecia en la Ilustración 6 que en los meses de octubre hasta febrero la producción no cubre la demanda, pero de marzo a septiembre habría excedente de producción de energía fotovoltaica que sería inyectada a red. Por el propio hecho de ser una instalación conectada a red, el suministro quedaría asegurado en los meses que la producción no sea suficiente.

Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	264.7	133.2	28.7
Febrero	252.3	128.6	29.5
Marzo	331.9	173.0	34.5
Abril	345.2	183.7	28.4
Mayo	375.4	204.1	25.9
Junio	384.3	213.7	12.1
Julio	395.6	223.2	9.3
Agosto	379.7	212.7	12.2
Septiembre	322.2	177.1	19.6
Octubre	292.1	156.4	24.9
Noviembre	238.3	122.7	30.4
Diciembre	236.4	118.5	20.2

Ilustración 6. Producción mensual.

Donde:

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema (kWh)

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²).

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual (kWh).

Una vez se ha establecido la potencia de pico ya se puede calcular el número de paneles solares necesarios según la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{\text{Potencia de pico instalada}(W)}{\text{Potencia del panel}(W)}$$

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{2500}{450} = 5,55 \text{ paneles}$$

Ya que el número de paneles obtenido es 5,55 se va a redondear a 6, por lo tanto, la instalación estará formada por 6 paneles, con lo que la potencia producida por los paneles es la siguiente:

$$\text{Potencia producida por los paneles} = N^{\circ} \text{ de paneles} \times \text{Potencia del panel}$$

$$\text{Potencia producida por los paneles} = 6 \times 450 = 2700 \text{ W}$$

Al establecer el número de paneles en 6, la potencia de pico instalada pasa de ser 2,5 kWp a 2,7 kWp, con lo que seguiría cubriendo la demanda anual. Con lo que se volverá a calcular la producción anual con la potencia de pico que realmente se instalará y se muestra en la Ilustración 7.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	38.019, -1.095	Ángulo de inclinación:	35 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-35 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH	Producción anual FV:	4298.65 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	2046.84 kWh/m ²
FV instalado:	2.7 kWp	Variación interanual:	105.55 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.67 %
		Efectos espectrales:	0.53 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-7.57 %
		Pérdidas totales:	-22.22 %

Ilustración 7: Energía producida con 2,7 kWp

3.5 Inversor

El inversor es el componente de la instalación cuyo propósito es transformar la tensión continua que generan los paneles solares a 230 V de tensión alterna para que pueda ser utilizada en la vivienda. La instalación fotovoltaica a realizar estará conectada a red con lo que se utilizará un inversor específico para conexiones a red que pueda inyectar energía a esta en el caso de que los paneles generen un excedente de energía.

Los paneles fotovoltaicos de la instalación generarán 2700 W con lo cual el inversor a seleccionar será aquel que sea de una potencia superior a la de generación, por ello se decidirá escoger entre dos inversores:

- S5-GR1P3.6K-M de Solis
- Primo 3.6-1 de Fronius

Con el fin de elegir uno de los siguientes inversores se hará una comparativa de las principales características de cada uno de ellos.

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

DATOS DE ENTRADA	INVERSORES	
	S5-GR1P3.6K-M	Primo 3.6-1
Máxima corriente de entrada	19 A	12 A
Máxima corriente de cortocircuito	30 A	18A
Tensión de entrada mínima	90 V	80 V
Tensión de entrada máxima	600 V	1000 V
Número de MPPT	1	2
Rango de tensión MPPT	80-500 V	200-800 V
DATOS DE SALIDA		
Potencia nominal CA	3600 W	3680 W
Máxima potencia de salida	3600 VA	3680 VA
Corriente de salida CA	16 A	16 A
Rango de tensiones	220 V/230 V	180-270V
Factor de potencia ($\cos\phi$)	0,8	0,85

Tabla 5. Comparativa de las características de los inversores.

Atendiendo a los datos aportados en la Tabla 3, tienen valores muy similares los inversores, sin embargo, el Primo 3.6-1 destaca porque tiene dos MPPT (Maximum Power Point Traking) que es un chopper controlado que adapta el voltaje de funcionamiento de los paneles para que trabajen en el punto de máxima potencia. Por ello, se utilizará este inversor en la instalación.

El inversor Primo 3.6-1 de Fronius es monofásico y no necesita baterías para conectarse con la red eléctrica y además tiene un rendimiento máximo de 97,9 %.

3.6 Cableado

La instalación eléctrica de la vivienda consta de una parte de corriente continua que es la que corresponde entre el generador fotovoltaico y el inversor. Por otro lado, la parte de la instalación referente a la vivienda es en corriente alterna. En los dos tramos el material conductor que se utilizará es el cobre.

En la ITC-BT-40 se exponen las especificaciones que han de tener los conductores para cumplir con la normativa establecida. En esta ITC se indica que los conductores estarán dimensionados para una intensidad al menos de un 125% de la intensidad máxima del generador. También se establece que tanto en el punto de distribución a la red pública o a la instalación interior de la vivienda la caída de tensión desde el generador no será mayor al 1,5%, para la intensidad nominal.

3.6.1 Cableado en el tramo de corriente continua

El cálculo de sección del cable en el tramo de continua irá desde el panel más lejano hasta el inversor y se estima que hay una longitud de 20 metros. Para ello se aplicará la siguiente expresión en la que se tiene en cuenta la caída de tensión:

$$S = \frac{200 \times L \times I}{\gamma \times \Delta U \times V_{minmppt}}$$

Donde:

S = Sección del cable

L = Longitud del cable

I = Corriente dimensionada a un 125% de la máxima del generador

γ = Conductividad del cobre a 90°C (44 m/Ω mm²)

ΔU = Caída de tensión máxima permitida

$V_{minmppt}$ = Tensión mínima de entrada al inversor

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$S = \frac{200 \times 20 \times 1,25 \times 10,84}{44 \times 1,5 \times 200} = 4,1 \text{ mm}^2$$

La sección comercial más próxima a la sección calculada es de 6 mm² por lo que se pondrán conductores de esta sección en la parte de continua.

3.6.2 Cableado en el tramo de corriente alterna por capacidad térmica

El cableado de la parte de corriente alterna será aquel que parta desde la salida del inversor hasta el contador de la vivienda. En este apartado se calculará la sección por el método de capacidad térmica en el que se tiene que cumplir:

$$I_B \leq I_Z$$

Siendo:

I_B : Intensidad de servicio

I_Z : Intensidad admisible

Para dimensionar la sección de los conductores, en primer lugar, se calculará de intensidad de servicio mediante la expresión:

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

Donde:

P : Potencia máxima que generarán los paneles solares

V : Tensión de fase monofásica

$\cos\varphi$: Factor de potencia del inversor

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la expresión anterior, la tensión que se utilizará son los 230 V estándar de tensión de línea en monofásica y el factor de potencia es el que indica el fabricante y es 0,85.

$$I_B = \frac{2700}{230 \times 0,85} = 13,81 A$$

Una vez conocida la corriente de servicio, se ha de obtener la corriente admisible (I_z), que es la corriente que puede circular por el conductor en servicio continuo sin que sufra daños.

Para ello, se utilizará la tabla 4 para saber qué tipo de instalación de cables no enterrados con una temperatura de 40°C en el aire. En este caso, corresponde con el tipo B1 porque son conductores aislados unipolares en tubos empotrados en obra.

A1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes - Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes. - Conductores unipolares aislados en molduras. - Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas. - Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.
B1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra - Conductores aislados o cable unipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Conductores unipolares aislados en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en conductos cerrados de sección no circular en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores aislados en conductos cerrados de sección no circular empotrados en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2K·m/W ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora empotrada en el suelo - Conductores aislados o cables unipolares en conductos perfilados empotrados - Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora suspendida - Conductores aislados o cables unipolares en tubos en canalizaciones no ventiladas ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos en canales de obra ventilados - Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados - Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado)
B2	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores en tubos empotrados en obra - Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Cables multiconductores en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables multiconductores en canal protectora suspendida - Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados(rodapiés ranurado) - Cables multiconductores en canal protectora empotrada en el suelo - Cables multiconductores en conductos perfilados empotrados
C	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores directamente bajo un techo de madera - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas - Cables unipolares o multiconductores fijados en el techo o pared de madera o espaciados 0,3 veces el diámetro del cable - Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes
E	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores separados de la pared una distancia no inferior a 0,3 D ^{*)} - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de escalera - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fijador
F	<ul style="list-style-type: none"> - Se aplica a los mismos sistemas de instalación que el tipo E, cuando la sección del conductor es superior a 25 mm² - Cables unipolares en contacto mutuo separados de la pared una distancia no inferior a D ^{*)}

Tabla 6: Tipos de instalación de cables no enterrados

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A continuación, se deberá buscar en la tabla 5 la sección que cumpla las condiciones siguientes:

- Tipo B1
- Aislamiento de PVC y conductor de fase y neutro (2xPVC)
- Sección que tenga la corriente admisible inmediatamente superior a la corriente de servicio calculada

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire (fibra) ⁴⁾ Distancia a la pared no inferior a 0,3D ⁴⁾					3x PVC			2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁵⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ⁶⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾									3x PVC ⁶⁾		3x XLPE o EPR
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525	
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Tabla 7: Intensidades admisibles (A). Fuente: REBT, actualización del 1 de octubre de 2020.

Se establece que para una corriente de servicio de 13,81 A, la intensidad admisible es de 21 A y la sección por capacidad térmica es de 2,5 mm², cumpliendo la condición de $I_B \leq I_Z$.

$$13,81 A \leq 21 A$$

3.6.3 Cableado en el tramo de corriente alterna por caída de tensión

En este apartado, mediante el cálculo por caída de tensión se comprobará si la sección de conductor calculada por capacidad térmica en el apartado anterior cumple con lo estipulado. La caída de tensión debe ser inferior a 1,5%.

En primer lugar, como la corriente admisible de la tabla 5 es a 40°C, se ha de calcular la temperatura estimada real del conductor mediante la expresión:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \times \left(\frac{I_B}{I_Z}\right)^2$$

Siendo

T : Temperatura real estimada en el conductor

T_0 : Temperatura ambiente del conductor

T_{max} : Temperatura máxima admisible para el conductor según el aislamiento

El aislamiento es de PVC por lo que T_{max} será 70°C. Sustituyendo:

$$T = 40 + (70 - 40) \times \left(\frac{15,34}{21}\right)^2 = 56 \text{ °C}$$

Una vez conocida la temperatura estimada del conductor, se calculará su conductividad a esta temperatura aplicando la ecuación siguiente:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_{20^\circ\text{C}}} [1 + \alpha(T - 20)]}$$

Donde:

C_T : Conductividad del cobre a la temperatura estimada del conductor

$C_{20^\circ\text{C}}$: Conductividad del cobre a 20°C. La del cobre es 56 m/Ω mm²

α : Coeficiente de temperatura del material (°C⁻¹). El del cobre es 0,00392 °C⁻¹

Sustituyendo:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{56} [1 + 0,00392 \times (56 - 20)]} = 49,07 \text{ m/}\Omega\text{mm}^2$$

Una vez conocida la conductividad del cobre a la temperatura estimada del conductor, procederemos a comprobar que la caída de tensión permitida no supera el 1,5% indicado en el REBT aplicando la expresión:

$$\Delta V\% = \frac{200 \times P \times L}{C_T \times s \times V^2}$$

Donde:

$\Delta V\%$: Caída de tensión máxima permitida

s : Sección del conductor

V : Tensión de la línea

Aplicando los valores:

$$\Delta V\% = \frac{200 \times 2700 \times 15}{49,07 \times 2,5 \times 230^2} = 1,248 \% < 1,5\%$$

En este punto, la sección de 2,5 mm² ya cumpliría, sin embargo, con el fin de aumentar el margen con el límite máximo se utilizará una sección de 4 mm², por lo que se comprueba que, si los conductores con una sección de 2,5 mm² cumple, los conductores con 4 mm² cumplen también las condiciones por capacidad térmica y por caída de tensión.

3.7 Cableado de tierra de la instalación

La toma de tierra de la instalación es una parte fundamental y con una gran importancia en el aspecto de la seguridad ya que se cerciora de la actuación de los elementos de protección y suprime o disminuye la peligrosidad que puede representar una avería en los materiales eléctricos que se utilizan.

Tal y como la define la ITC-BT-18, la puesta a tierra es la unión eléctrica directa, sin medidas de protección ni fusibles, del circuito eléctrico o una parte de él a través de una toma de tierra con un electrodo o grupo de estos enterrados en el suelo. El fin es que las intensidades de defecto o descargas atmosféricas consigan llegar a tierra y no aparezcan diferencias de tensión peligrosas en instalaciones, edificios y terrenos próximos.

La vivienda en la que se va a realizar la instalación ya dispone de toma de tierra por lo que este apartado se centrará en la sección que deberán tener los conductores de protección que se conecten a tierra. Para ello, se comprobará la tabla 6, procedente de la ITC-BT-18, y se escogerá la sección según lo indicado en ella.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Tabla 8: Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La tabla determina que, si la sección del conductor es menor a 16 mm², la sección del conductor de protección será igual, por tanto, será de 4 mm².

3.8 Puesta a tierra

Una vez está realizado el dimensionamiento de los conductores de protección se va a calcular el número de picas de las que dispondrá la instalación, adicionales a las ya existentes de la instalación eléctrica de la vivienda. Para ello se ha de tener en cuenta en primer lugar que ninguna masa deberá tener un voltaje respecto a tierra superior a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos

Además, la intensidad máxima de defecto a tierra está delimitada por la sensibilidad de los interruptores magnetotérmicos de la instalación, que en este caso son de 30 mA. Por otro lado, será necesario conocer la resistividad del terreno y para ello se utilizará la Tabla 9 obtenida del REBT como referencia. También se tendrá en cuenta el electrodo que se utilizará y la fórmula de cada tipo de electrodo está en la Tabla 10.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 9: Valores orientativos de resistividad según el terreno

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla 10: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreo y las características del electrodo

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En un primer momento se van a instalar dos picas de 2 metros de longitud y el terreno es de marga, por lo tanto, se aplicará la siguiente expresión de la Tabla 10:

$$R = \frac{\rho}{n \times L}$$

Siendo n el número de picas. Sustituyendo:

$$R = \frac{200}{2 \times 2} = 50 \Omega$$

Para comprobar que no supera los límites establecidos se sustituirá en la fórmula siguiente, donde I_d es la corriente máxima de defecto:

$$V = R \times I_d$$

Sustituyendo:

$$V = 50 \times 0,03 = 1,5 V$$

Esta tensión es menor al límite que hay establecido por lo que con la colocación de dos picas será suficiente.

3.9 Protecciones

En este apartado se determinarán las protecciones necesarias para que la instalación sea segura. Se distinguirá entre las protecciones del tramo de corriente continua y del de corriente alterna.

3.9.1 Protección contra sobrecargas en el lado de CC

En el lado de corriente continua la medida contra sobrecargas será un fusible cuya corriente nominal se sitúe en el intervalo entre la corriente máxima que pueden generar los paneles fotovoltaicos y la corriente máxima del inversor.

$$I_m < I_n \leq I_{in}$$

Donde:

I_m : Corriente máxima que generan los paneles

I_{in} : Corriente máxima de entrada del inversor

I_n : Corriente nominal del fusible

$$10,84 < 12 \leq 12$$

Por tanto, se colocará un fusible de corriente nominal de 12 A.

Además, los conductores en este lado de CC están sobredimensionados en un 25% a la intensidad máxima que circulará por el conductor. Se incluirá un interruptor seccionador que irá colocado antes del inversor con el fin de poder desconectar la instalación y realizar labores de correctivas o de mantenimiento.

3.9.2 Protección contra sobretensiones en el lado de CC

Se añadirá a la instalación un protector de sobretensiones que tenga la misma tensión que la que pueda tener el inversor a la entrada. En este caso, la tensión máxima de entrada al inversor es de 1000 V, por lo que la tensión del limitador será de 1000V. Además, el propio inversor cuenta con seccionador como medida de protección.

3.9.3 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos en el lado de CA

El protector contra sobrecargas y cortocircuitos será un interruptor magnetotérmico. En este momento, habrá que definir sus características y para ello se va a estimar la intensidad nominal. La condición que tiene que cumplir el interruptor magnetotérmico es la siguiente:

$$I_B < I_n < I_Z$$

Donde:

I_n : Intensidad nominal del interruptor.

Como I_B y I_Z son conocidas, se elegirá un interruptor que esté entre estos valores.

$$15,34 < I_n < 21 A$$

Entre estos valores de corriente hay 2 opciones de interruptor, de 16 A y de 20 A, se escogerá el de 20 A para asegurar que el interruptor actúa frente a una verdadera avería en la línea y no por un pico de corriente transitorio fortuito. Será de curva C, de 2 polos y un poder de corte de 6 kA.

En este lado de CA se añadirá después del inversor un interruptor seccionador para poder realizar maniobras de mantenimiento o correctivas.

3.9.4 Protección contra contactos indirectos en el lado de CA

La protección frente a contactos indirectos dependerá de un interruptor diferencial y cumplirá la condición:

$$I_B < I_n$$

Por lo que se escogerá uno de $I_n = 25 A$, clase AC, 2 polos y una sensibilidad de 30 mA.

3.10 Cableado de la derivación individual

En este apartado se va a calcular la sección del cableado entre la CPM (cuadro de protección y medida) y el cuadro de distribución de la vivienda, que corresponde a la derivación individual de las instalaciones de enlace. En la ITC-BT-15 se establece que la sección mínima que se puede utilizar es 6 mm² y al ser una derivación individual para suministro de un único usuario la máxima caída de tensión permitida es 1,5%. Se estimará

la sección del conductor usando el procedimiento utilizado para calcular la parte de corriente alterna de la instalación fotovoltaica, por capacidad térmica y por caída de tensión.

3.10.1 Cableado de la derivación individual por capacidad térmica

Se va a calcular la corriente de servicio, que coincide con la corriente nominal del interruptor magnetotérmico principal. La potencia en este caso es la que tenga contratada el propietario, así se obtiene la corriente máxima que pueda pasar.

$$I_B = \frac{5750}{230 \times 1} = 25 \text{ A}$$

La sección mínima del conductor en la derivación individual es de 6 mm² y es de cobre, por lo que fijándonos en la Tabla 11, la intensidad admisible es de 58 A.

SECCIÓN mm ²	3 XLPE (3 cables unipolares o 1 tripolar)		2 XLPE (2 cables unipolares o 1 bipolar)	
	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	--	27	--
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575
Condiciones de cálculo	Resistividad térmica del terreno: 1,5 K.m/W			
	Temperatura del terreno: 25°C			
	Profundidad de la instalación: 70 cm			

Tabla 11: Intensidad admisible para cables soterrados

3.10.2 cableado de la derivación individual por caída de tensión

En este apartado, se comprobará si la sección del cable de 6 mm² es cumple con lo establecido y se van a seguir los mismos pasos y expresiones para el cálculo que en el apartado 3.6.3.

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se obtiene la temperatura estimada del conductor:

$$T = 25 + (90 - 25) \times \left(\frac{25}{58}\right)^2 = 37,07 \text{ °C}$$

Posteriormente su conductividad:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{56} [1 + 0,00392 \times (37,07 - 20)]} = 52,48 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

Finalmente calculamos su caída de tensión:

$$\Delta V\% = \frac{200 \times 5750 \times 8}{52,48 \times 6 \times 230^2} = 0,55 \% < 1,5\%$$

Por tanto, se comprueba que con una sección de 6 mm² no se supera la caída máxima de tensión permitida.

3.11 Estructuras de soporte de los paneles y sombras

En cuanto a las estructuras de soporte, se va a escoger una que tenga al menos el grado de inclinación óptimo calculado, por ello se van a escoger una estructura para 6 paneles solares regulable entre 20 y 35 grados de inclinación.

Los paneles tienen un ancho de 1,052 metros, por lo que la longitud total que suman es de 6,312 metros además de los espacios de 10 cm entre paneles y la terraza tiene una longitud de 9 metros, con lo cual hay espacio en los laterales para pasar y poder realizar labores de mantenimiento.

Respecto a las sombras, no hay ningún elemento en la terraza o en las viviendas colindantes que genere sombra y además los paneles estarán en una única fila, por lo que tampoco se generarán sombra entre ellos.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Capítulo 4: Estudio de retorno de la inversión

4.1 Estudio económico

La finalidad de realizar una inversión en una instalación solar fotovoltaica es utilizar menos potencia de la red y utilizar la energía propia por lo que es fundamental conocer la rentabilidad de la instalación y comprobar que habrá un retorno de la inversión. Para ello, en primer lugar, se elaborará un presupuesto para conocer cuánto dinero se ha destinado a la instalación y después se hará un estudio de la rentabilidad utilizando los métodos VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

4.1.1 Presupuesto

En este subapartado se va a desarrollar el conjunto de elementos que forman la instalación con su correspondiente valor monetario. La instalación tendrá un coste total de 4092,63 euros.

Referencia	Descripción	Medición	Precio unitario (€)	Importe
Instalación de paneles solares fotovoltaicos				
1.01	Paneles solares Ja solar 450 W monocristalinos	6	191,16	1146,96
1.02	Inversor Fronius Primo 3.6-1	1	1194,02	1194,02
1.03	Cable Unifilar 6 mm ² Solar ZZ-F	20	1,56	31,2
1.04	Descargador de sobretensiones solar 1000 V DEHNguard YPV	1	70,4	70,4
1.05	Estructura regulable 6 paneles solares (20-35°)	1	309	309
1.06	Smart Meter	1	118	118
1.07	Fusible 12 A 6,3 x 32 mm	1	0,16	0,16
1.08	Interruptor seccionador S802 PV-M32	1	57,96	57,96
1.09	Portafusibles 6,3 x 32 mm	1	19,43	19,43
1.10	Cuadro eléctrico Hager premontado	1	61,99	61,99

ESTUDIO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Instalación de corriente alterna				
2.01	Cable eléctrico flexible sección 4 mm ² H071 negro	15	0,59	8,85
2.02	Cable eléctrico flexible sección 4 mm ² H071 azul	15	0,59	8,85
2.03	Cable eléctrico flexible sección 4 mm ² H071 Verde amarillo	25	0,59	14,75
2.04	Interruptor magnetotérmico ABB Monofásico 20 A, 2P	1	14,22	14,22
2.05	Interruptor Diferencial ABB, 25A Tipo AC, 2 Polos, 30mA	1	125,27	125,27
2.06	Interruptor seccionador S802 PV-M32	1	57,96	57,96
2.07	Pica para toma de tierra 2m	2	10,80	21,60
Mano de obra				
3.01	Mano de obra	34	21	714
			Total	4092,63

4.1.2 Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN) es un método que consiste en actualizar los cobros y los pagos de un desembolso económico para conocer cuándo la instalación comienza a ser rentable y no supone pérdidas a nivel económico para el propietario de la instalación. A continuación, se va a indicar que significan los posibles valores de VAN que se podrían obtener:

$VAN < 0$: La inversión crea pérdidas económicas, por consiguiente, se rechazaría.

$VAN = 0$: La inversión no crea ni pérdidas ni beneficios.

$VAN > 0$: La inversión generaría beneficios.

La expresión que define este método es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

I_0 : Desembolso inicial

F_t : Flujo de dinero en cada periodo

k : Tasa de interés

t : Número de años desde la inversión

Los cálculos se estimarán durante 25 años, ya que es la vida útil que suele tener una instalación solar. La tasa de interés que se utilizará será del 2% por cada año. También se tendrá en cuenta una disminución de la producción anual de un 0,5%. Además, es necesario conocer a qué precio se le pagará al propietario de la instalación la energía excedente que genere la instalación solar. Este valor lo facilita Red Eléctrica de España en www.esios.ree.es y es el precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada (PVPC). Este concepto cambia cada día de valor entre los 50 €/MWh y los 80 €/MWh. Para el estudio económico se utilizará un precio de 66,19 €/MWh. Además, se tendrán en cuenta unos costes de mantenimiento anuales de 50 €.

Tal y como se muestra en la Tabla 11 la instalación solar fotovoltaica que se ha diseñado se amortizará en el año 18 y a partir de este punto los valores netos actualizados de cada año son positivos lo que indica que habrá un retorno del capital invertido y es un proyecto rentable.

ESTUDIO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Año	Energía producida (kWh)	Ingresos de Autoconsumo (€)	Ingresos de inyección a red (€)	Coste mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo actualizado	VAN
1	4298.65	300	35.07	50	-3796.76	4366.90	-3722.31	-3722.31
2	4277.16	300	33.65	50	283.65	4350.55	272.63	-3449.68
3	4255.77	300	32.23	50	282.23	4332.78	265.95	-3183.73
4	4234.49	300	30.82	50	280.82	4313.60	259.44	-2924.29
5	4213.32	300	29.42	50	279.42	4293.03	253.08	-2671.21
6	4192.25	300	28.03	50	278.03	4271.05	246.88	-2424.33
7	4171.29	300	26.64	50	276.64	4247.69	240.83	-2183.49
8	4150.44	300	25.26	50	275.26	4222.95	234.93	-1948.56
9	4129.68	300	23.89	50	273.89	4196.84	229.18	-1719.39
10	4109.03	300	22.52	50	272.52	4169.36	223.56	-1495.83
11	4088.49	300	21.16	50	271.16	4140.52	218.08	-1277.74
12	4068.05	300	19.81	50	269.81	4110.33	212.74	-1065.00
13	4047.71	300	18.46	50	268.46	4078.79	207.53	-857.47
14	4027.47	300	17.12	50	267.12	4045.91	202.44	-655.03
15	4007.33	300	15.79	50	265.79	4011.70	197.48	-457.54
16	3987.29	300	14.46	50	264.46	3976.16	192.65	-264.90
17	3967.36	300	13.14	50	263.14	3939.30	187.93	-76.97
18	3947.52	300	11.83	50	261.83	3901.13	183.32	106.35
19	3927.78	300	10.52	50	260.52	3861.65	178.83	285.18
20	3908.14	300	9.22	50	259.22	3820.87	174.45	459.63
21	3888.60	300	7.93	50	257.93	3778.80	170.18	629.81
22	3869.16	300	6.64	50	256.64	3735.45	166.01	795.81
23	3849.82	300	5.36	50	255.36	3690.81	161.94	957.75
24	3830.57	300	4.09	50	254.09	3644.90	157.97	1115.72
25	3811.41	300	2.82	50	252.82	3597.72	154.10	1269.82

Tabla 12: Estudio económico

4.1.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la rentabilidad que una inversión puede tener y también se define como el valor de la tasa de interés que hace que el VAN sea 0.

A continuación, se mostrarán los criterios que hay que tener en cuenta para saber si el valor de TIR obtenido es favorable:

$TIR < k$: La inversión es desfavorable ya que no alcanza la rentabilidad mínima

$TIR = k$: La inversión no sería desfavorable pero tampoco beneficiosa.

$TIR > k$: La inversión sería beneficiosa ya que superaría la tasa mínima de rentabilidad

ESTUDIO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

En este caso a partir de la hoja de cálculo mostrada anteriormente (Tabla 11) se obtiene el TIR de esta instalación teniendo un valor de un 5 %.

$$TIR = 5\%$$

Con lo cual, siguiendo los criterios expuestos anteriormente, se determina que la inversión es rentable ya que es superior a la tasa de interés del 2% utilizada.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Capítulo 5: Pliego de condiciones

5.1 Antecedentes

El presente documento es creado con la finalidad de marcar las pautas a seguir y los requerimientos mínimos que tienen que se tienen que cumplir en la realización de la instalación solar fotovoltaica conectada a red y está escrito en base con el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red de la IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía). Esta instalación pertenece a la modalidad de autoconsumo con excedentes recogida a compensación en base con el Real Decreto 244/2019.

Se aplicará en todo momento la normativa vigente destacando el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Real Decreto 244/2019 del 5 de abril donde se especifica el reglamento que han de seguir las instalaciones de autoconsumo con capacidad de vertido a la red.

5.2 Promotor

El promotor de la instalación solar fotovoltaica ubicada en la terraza de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo es el propietario de esta con NIF 00000001 Z con domicilio fiscal en la propia vivienda.

5.3 Emplazamiento

La instalación se realizará en la pedanía de Monteagudo, perteneciente al municipio de Murcia en la Región de Murcia.

5.4 Objeto

El objeto de este pliego es establecer unas condiciones mínimas que tendrán que cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red y a su vez será la guía que utilizarán fabricantes de equipos e instaladores definiendo las características mínimas que la instalación deberá cumplir para garantizar su calidad, utilidad para el usuario y el desarrollo de esta tecnología.

Este pliego de prescripciones técnicas se aplicará a todos los sistemas de naturaleza eléctrica y electrónica, así como a los sistemas mecánicos que formen la instalación.

Se podrán adoptar soluciones distintas a las que demanda este pliego de condiciones técnicas siempre y cuando se justifique su necesidad y no conlleve a una reducción de los requerimientos mínimos de calidad especificado en este pliego.

5.5 Generalidades

Este pliego únicamente está indicado para instalaciones conectadas a red, lo que implica que las instalaciones aisladas a red quedan excluidas. Se aplicará toda la normativa desarrollada referida a instalaciones solares fotovoltaicas, concretamente las siguientes legislaciones:

- Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico

- Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 1663/2000**, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

- Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

- Real Decreto 1699/2011**, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

- Real Decreto Ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

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

5.6 Definiciones

5.6.1 Radiación solar

Radiación solar: Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Irradiancia solar: intensidad de radiación electromagnética solar incidente en una superficie de 1 metro cuadrado [kW/m²].

Irradiación: Energía incidente en una superficie por unidad de superficie por un periodo de tiempo. Se mide en kWh/m².

5.6.2 Instalación

Instalaciones fotovoltaicas: Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio

Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Inversor: Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.

Potencia nominal del generador: Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

5.6.3 Módulos

Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

Panel fotovoltaico: Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

5.7 Características de la instalación fotovoltaica

- La instalación estará formada por los dispositivos necesarios con el fin de asegurar el servicio eléctrico para el autoconsumo de la vivienda.

5.7.1 Generador fotovoltaico

- El generador fotovoltaico de la instalación estará compuesto por una cadena de 6 paneles solares fotovoltaicos en serie generadores de una potencia máxima de 2,7 kW.

- Estos módulos se ubicarán en una única fila orientados un ángulo azimut de -35° en la terraza de la vivienda.

- El inversor transformará corriente de continua a alterna y después esta corriente se destinará para autoconsumo o se inyectará en la red eléctrica, según si hay excedente de energía o no.

5.7.2 Estructura de soporte

- Las estructuras de soporte cumplirán las especificaciones indicadas en este apartado y siempre se tendrá en cuenta las especificaciones del Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.

- La estructura de soporte deberá de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas que puedan generar el viento y la nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

- La colocación que se realizará de la estructura de los módulos fotovoltaicos será sobre el mismo tejado de la vivienda, con la dirección especificada en el apartado 5.7.1.

5.7.3 Inversor

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

- El inversor tendrá las indicaciones necesarias para su correcta operación e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

- El inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

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

- El consumo del inversor en “stand-by” o en modo nocturno será menor a 2% de su potencia nominal de salida.

- Al ser un inversor instalado en la intemperie, deberá cumplir la IP 65.

- 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

5.8 Características eléctricas de la instalación

5.8.1 Cableado

- Los positivos y negativos del generador irán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

- 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 deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 % tal y como indica el REBT.

- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos componentes ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

5.8.2 Conexión a Red

- 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.

5.8.3 Protecciones

- La instalación tomará las medidas mínimas indicadas en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

- La instalación dispondrá de:

- Descargador de tensión
- Fusible
- Interruptor Magnetotérmico
- Interruptor diferencial

6.9 Puesta a tierra

- La puesta a tierra de la instalación deberá seguir las pautas indicadas en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) que trata de las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

- La puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.

- Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, así como de las masas del resto del suministro.

5.10 Recepción y pruebas

- El instalador entregará al usuario un documento en el que se indique el suministro de componentes, materiales, 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.

PLIEGO DE CONDICIONES

Las pruebas serán hechas por el instalador y serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación

- Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la etapa de la Recepción Provisional de la Instalación. Sin embargo, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber verificado el correcto funcionamiento de los sistemas y componentes de la instalación durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas debidas a errores.

- Retirada de obra de todo el material sobrante.

- 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.

Conclusiones

En el presente estudio se ha conseguido dimensionar la instalación solar fotovoltaica escogiendo los paneles e inversor más adecuado para la instalación incluyendo el cálculo del cableado tanto de la parte de corriente alterna como continua y los dispositivos de mando y protección que son necesarios. También se ha calculado la sección del cable de la derivación individual y de la pica de toma de tierra adicional, todo ello teniendo en cuenta la normativa vigente aplicable a este tipo de instalaciones. Adicionalmente, este estudio se sustenta sobre un estudio de viabilidad económica favorable para la realización de la instalación.

Bibliografía

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Acceso a datos de radiación solar de España (ADRASE) de Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Boletín Oficial del Estado (BOE).

Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red del IDEA

Red Eléctrica de España (REE)

Catálogo de material Autosolar

Catálogo de material TopCable

Catálogo de material Scheneider Electric

Catálogo de material ABB

Catálogo de material RS

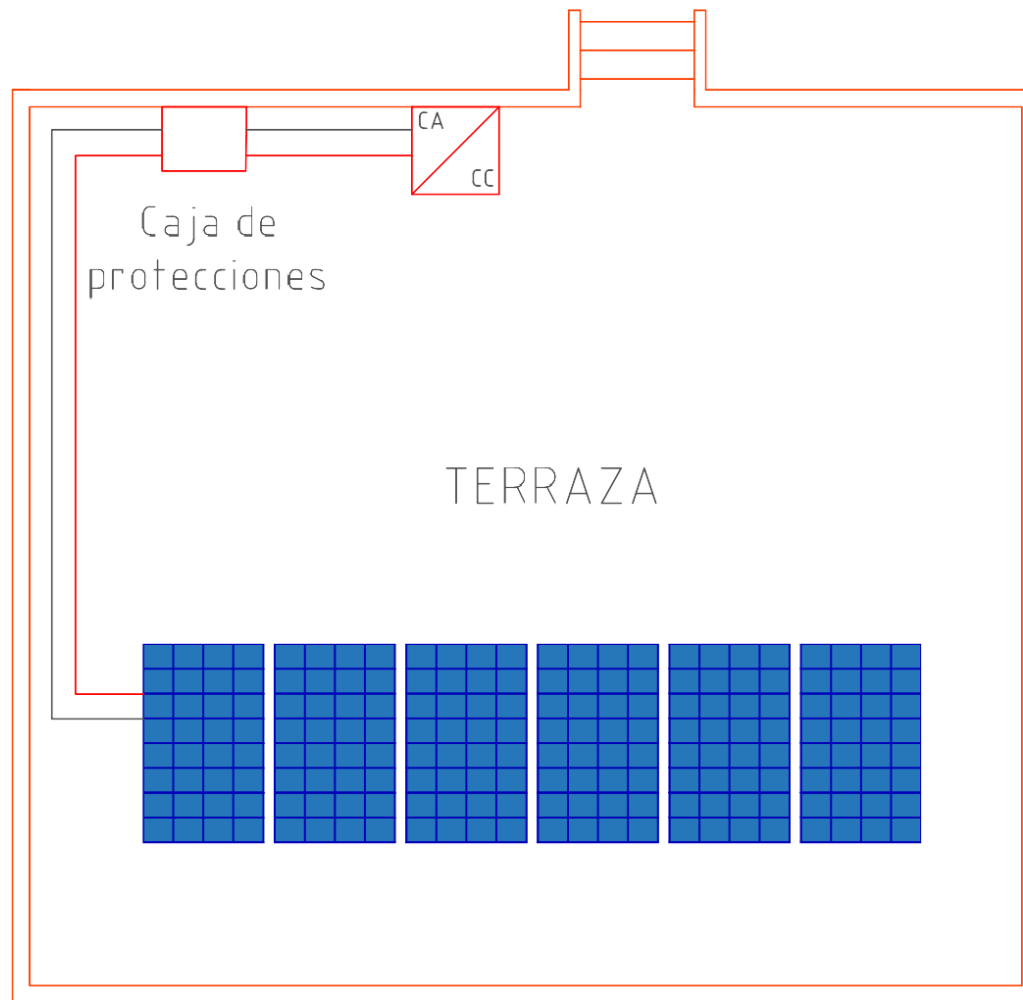
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

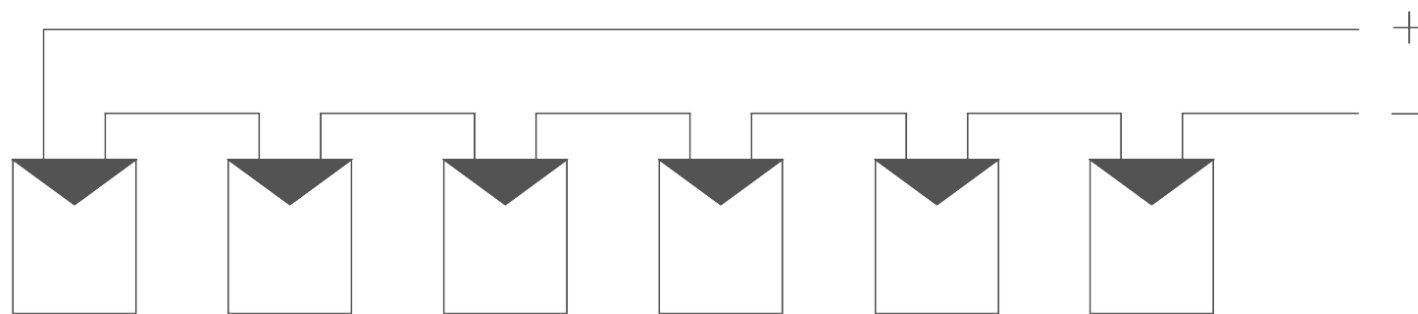
Planos



TIPO DE DOCUMENTO: Plano de situación	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
Fecha: 2021	TÍTULO DEL DIBUJO: Emplazamiento de la vivienda	ESCALA: 1:10
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY	CREADO POR: José Res Cánovas	Nº 1

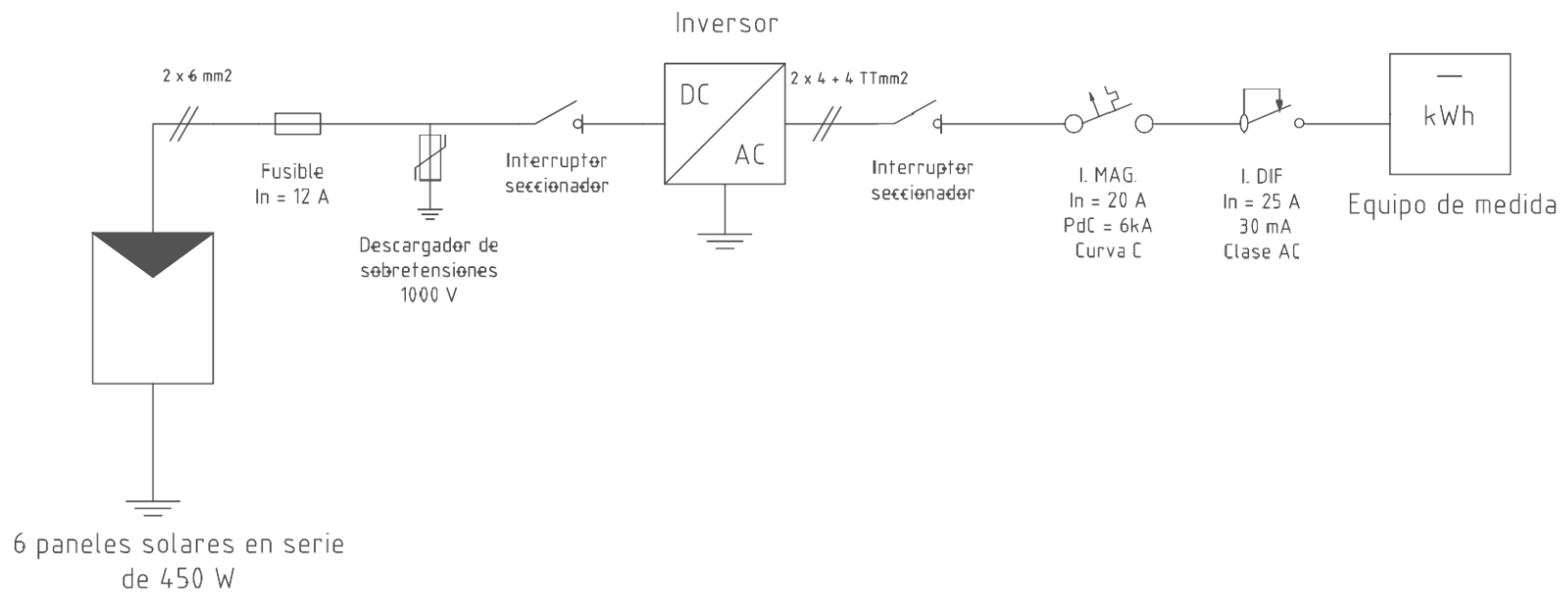


TIPO DE DOCUMENTO: Plano	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
Fecha: 2021	TÍTULO DEL DIBUJO: Vista en planta de la instalación fotovoltaica	ESCALA: S/E
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY	CREADO POR: José Res Cánovas	Nº 2

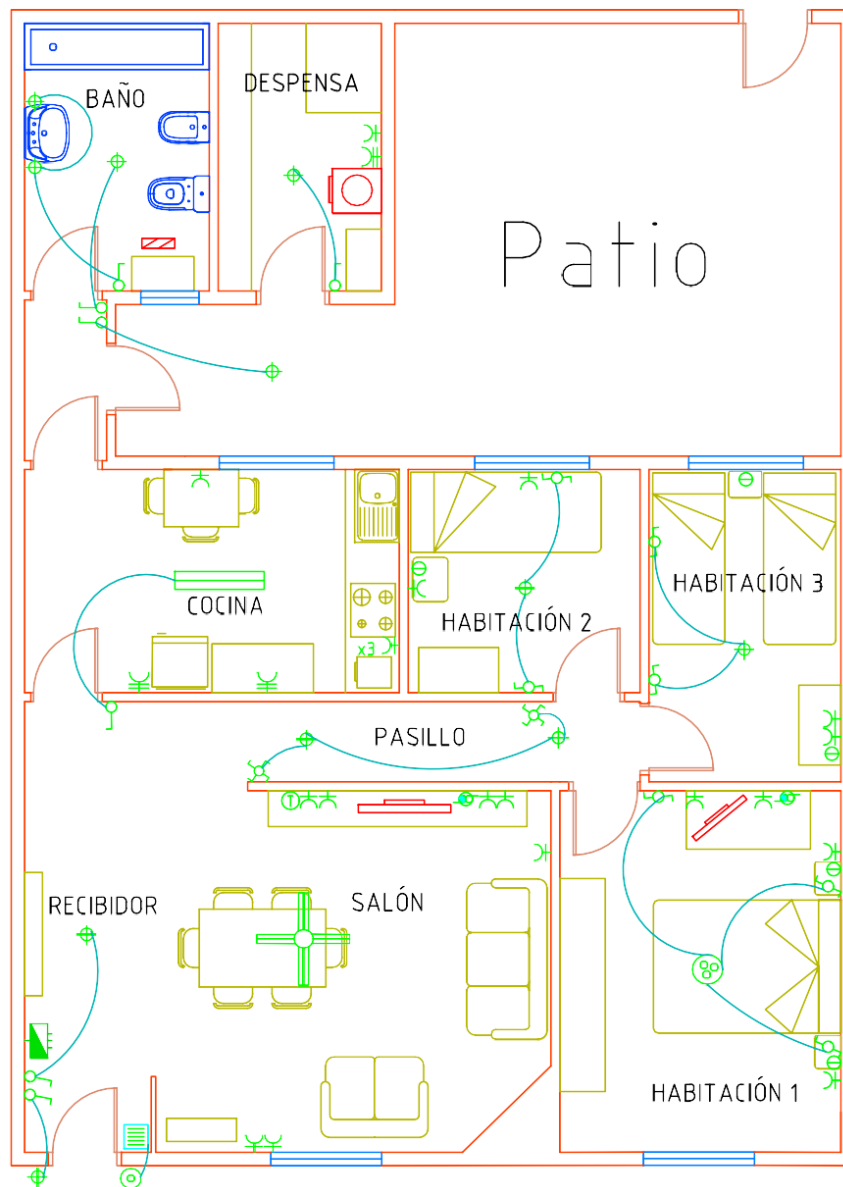


6 paneles solares de 450 W

TIPO DE DOCUMENTO: Esquema unifilar	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
Fecha: 2021	TÍTULO DEL DIBUJO: Esquema de conexión de los paneles solares	ESCALA: S/E
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCÓY	CREADO POR: José Res Cánovas	Nº 3

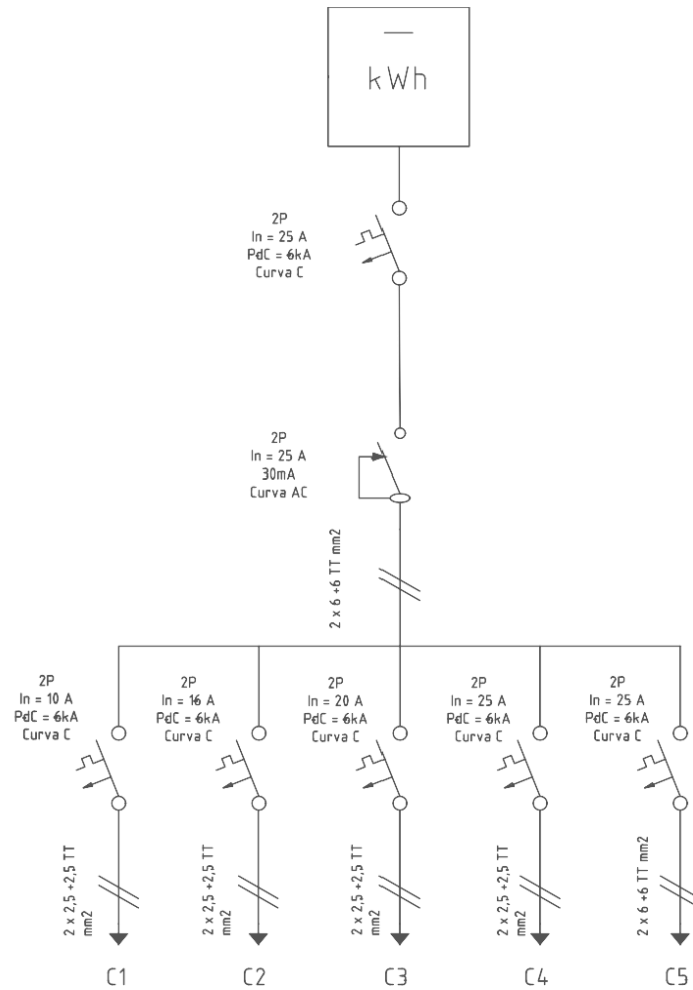


TIPO DE DOCUMENTO: Esquema unifilar	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
Fecha: 2021		
	TÍTULO DEL DIBUJO: Esquema de la instalación eléctrica	ESCALA: S/E
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCÓY	CREADO POR: José Res Cánovas	Nº 4

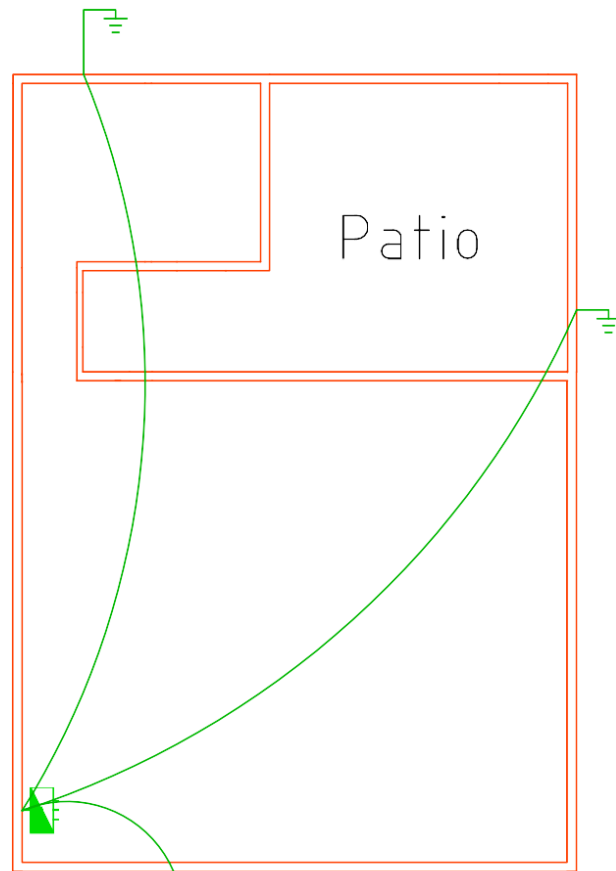


	PANTALLA TUBOS LED 2X18w
	TOMA DE CORRIENTE DE 25 A
	TOMA DE CORRIENTE 10-16 A
	PUNTO DE ALUMBRADO
	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN
	CONMUTADOR COLOCADO
	INTERRUPTOR
	CONMUTADOR COLOCADO
	LÁMPARA
	PULSADOR
	TOMA DE TELEVISIÓN
	ZUMBADOR
	TOMA DE TELEVISIÓN

TIPO DE DOCUMENTO: PLANO DE INSTALACIÓN Fecha: 2021	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	ESCALA: 1:200
	TÍTULO DEL DIBUJO: PLANO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCÓY	CREADO POR: José Res Cánovas	Nº 5



TIPO DE DOCUMENTO: Esquema unifilar	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
Fecha: 2021	TÍTULO DEL DIBUJO: Esquema de los circuitos de la instalación eléctrica	
	ESCALA: S/E	
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY	CREADO POR: José Ros Cánovas	Nº 6

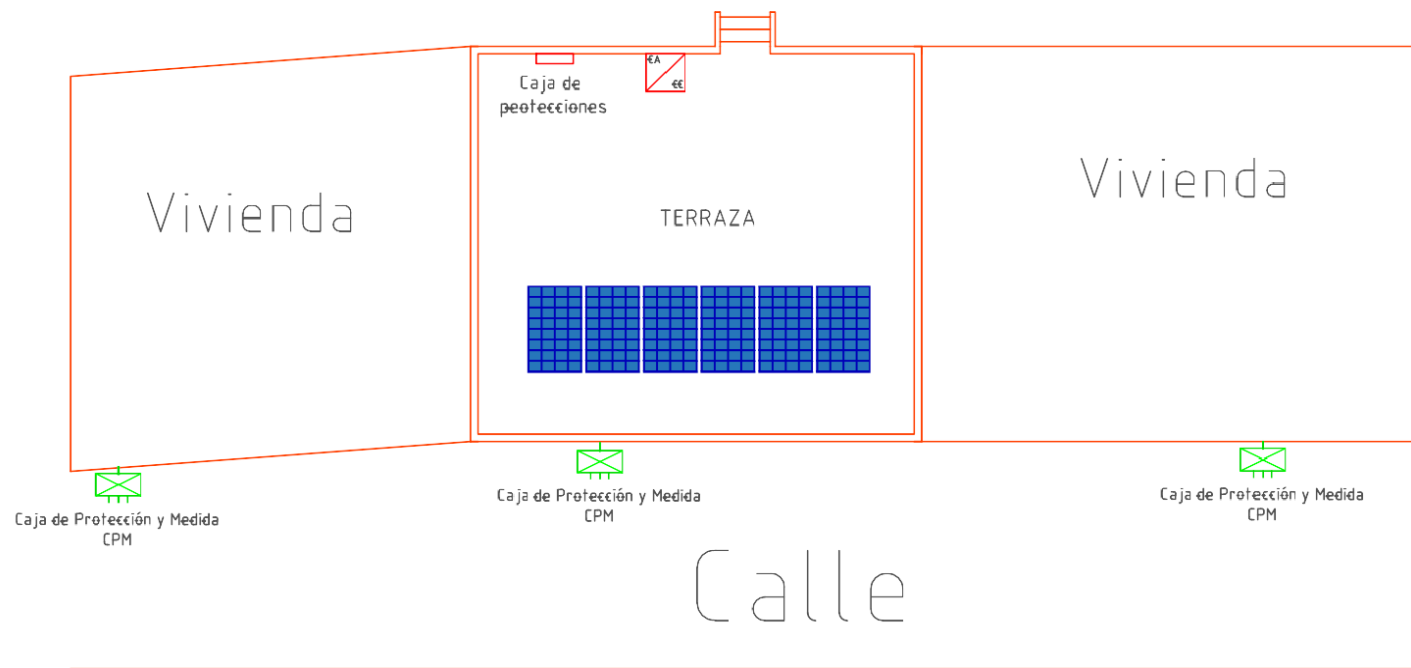


Caja de Protección y Medida CPM

Pica de toma de tierra
2000 x 14 mm



TIPO DE DOCUMENTO: PLANO DE INSTALACIÓN Fecha: 2021	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	ESCALA: 1:250
	TÍTULO DEL DIBUJO: PLANO DE TOMA DE TIERRA	
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY	CREADO POR: José Ros Cánovas	Nº 7



TIPO DE DOCUMENTO: PLANO DE INSTALACIÓN Fecha: 2021	TÍTULO DEL TRABAJO: Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo	
	TÍTULO DEL DIBUJO: Cajas de protección y medida	ESCALA: 1:300
PETICIONARIO: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALCOY	CREADO POR: José Ros Cánovas	Nº 8

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Anexos