



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Alberto Cerdán, Jorge

Tutor/a: Alberola Sendra, Joan Enric

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

TRABAJO FIN DE GRADO

Presentado por:

ALBERTO CERDÁN, JORGE

Dirigido por:

ALBEROLA SENDRA, JOAN ENRIC

Valencia, julio de 2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

DOCUMENTO 1 – MEMORIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Presentado por:

ALBERTO CERDÁN, JORGE

Dirigido por:

ALBEROLA SENDRA, JOAN ENRIC

Valencia, julio de 2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	3
1.2. ANTECEDENTES.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
2. FACTORES A CONSIDERAR.....	5
2.1. CONSUMO ENERGÉTICO	5
2.2. NORMATIVA.....	8
2.2.1. TRAMITACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	11
2.3. IRRADIACIÓN SOLAR	13
2.4. LIMITACIONES ECONÓMICAS	15
2.5. SUBVENCIONES.....	15
2.6. PLAZOS DE EJECUCIÓN	15
3. SOLUCIONES ALTERNATIVAS.....	16
3.1. COMPRA DE UN KIT	16
3.2. COMPRA DE LOS COMPONENTES POR SEPARADO	17
4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	17
4.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PLACAS.....	17
4.2. CÁLCULO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR LA INSTALACIÓN.....	19
5. JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	23
5.1. PANELES SOLARES	24
5.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE.....	24
5.3. VATÍMETRO.....	25
5.4. MONITORIZADOR.....	25
5.5. INVERSOR	25
5.6. CABLES Y CONECTORES.....	25
5.7. PROTECCIONES	26
6. BIBLIOGRAFÍA.....	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo de una vivienda ya construida situada en la localidad de Campillo de Altobuey, en la provincia de Cuenca. La instalación estará conectada a la red para evitar el desabastecimiento de energía eléctrica debido a adversidades meteorológicas o de otro tipo.



Imagen 1. Localización de la población. (Fuente: Google Maps)



Imagen 2. Localización de la vivienda. (Fuente: Google Maps)



Imagen 3. Estado actual de la vivienda. (Fuente: Propia)

En este proyecto se especificarán las pautas y los requisitos mínimos que se han de cumplir según lo expuesto en el *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red de la IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía)* en referencia a la realización de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red. Se aplicará también la normativa vigente respecto al *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* y el *Real Decreto 244/2019*, en el que se especifican las pautas que han de seguir las instalaciones fotovoltaicas.

A su vez, para conseguir un dimensionado adecuado de la instalación, se realizará un estudio del consumo eléctrico de la vivienda. Posteriormente, se llevarán a cabo los cálculos necesarios para poder completar la instalación y se incluirá el presupuesto del montaje y puesta en marcha de esta.

Gracias a la instalación fotovoltaica será posible el autoabastecimiento de energía eléctrica siendo la radiación solar su principal fuente. Esto posibilitará un importante ahorro energético para los particulares de la vivienda.

1.2. ANTECEDENTES

Se ha realizado una reforma sobre la segunda residencia del particular, en la que se quiere incluir un estudio para conocer si es viable introducir una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo.

Teniendo en cuenta los consumos mensuales de años anteriores, se puede observar que existe una diferencia entre los años 2019-2020 y 2021, ya que durante el período de 2019-2020 se estaba llevando a cabo la reforma y no existía una instalación de gas natural para la calefacción. El consumo eléctrico se disparaba debido tanto al uso de herramientas eléctricas durante la obra, como al uso de radiadores eléctricos durante el invierno. Es por ello que se tendrán en cuenta únicamente los consumos de 2021, los cuales se adecúan a las necesidades reales del cliente.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de este proyecto tiene también como objetivo la obtención de beneficios a largo plazo por parte del cliente, basados en el ahorro de la factura de la luz tras la realización de una inversión inicial para el dimensionado y posterior montaje de la instalación. Esta, dispone de una esperanza de vida útil media igual a 25 años, pudiendo alcanzar un máximo de 35 años.

2. FACTORES A CONSIDERAR

2.1. CONSUMO ENERGÉTICO

Inicialmente se puede observar de forma gráfica lo descrito anteriormente en el apartado *1.2. ANTECEDENTES*: los consumos previos a la reforma son mayores a los posteriores debido al factor de la calefacción y al uso de herramientas eléctricas. Esta diferencia llega a ser del orden de 50 kWh, como ocurre en el mes de agosto, o de casi 100 kWh en el mes de julio. A pesar de ser elevada, estas diferencias no son muy significativas ya que se producen durante la realización de la reforma.

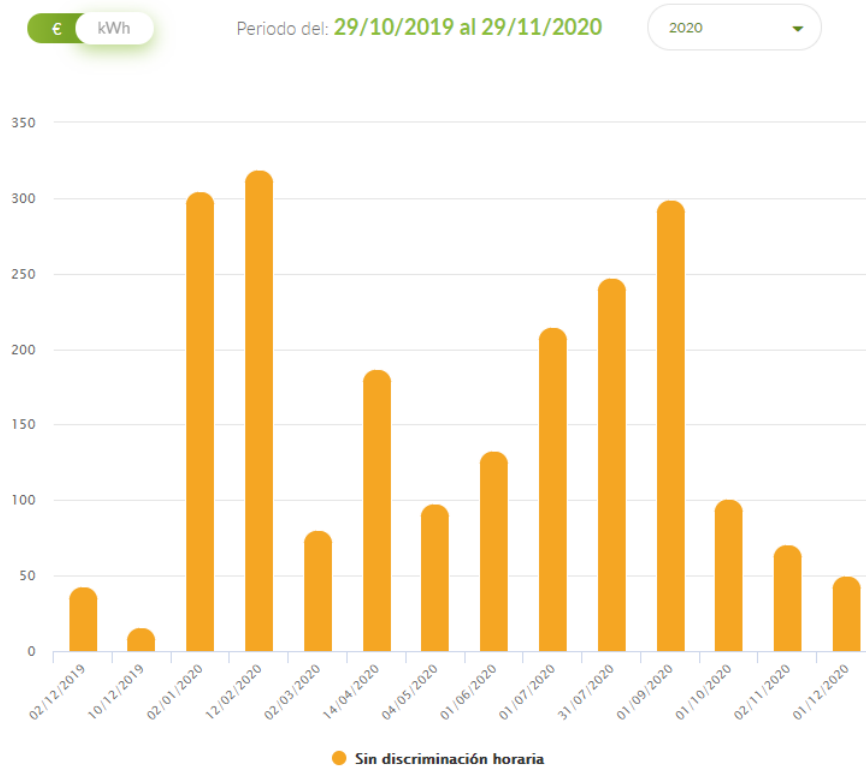


Imagen 4. Consumo energético 2020. (Fuente: Curenergia)

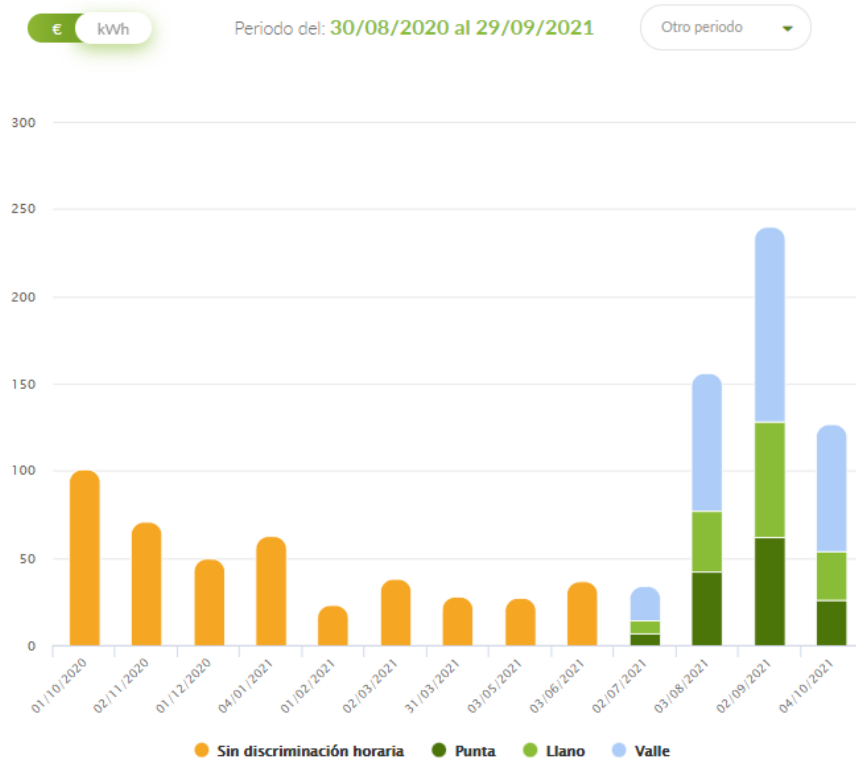


Imagen 5. Consumo energético 2021. (Fuente: Curenergia)

En el consumo energético de 2021, *Imagen 5*, se puede observar que los meses donde mayor consumo existe son durante la etapa veraniega, cuando el cliente reside la mayor parte del tiempo y utiliza el aire acondicionado para sobrellevar las altas temperaturas de la zona. Esto será un factor crucial a la hora de decidir la inclinación de las placas, puesto que se deberá escoger una inclinación destinada mayoritariamente a estos meses.

El consumo energético anual de 2021 se sitúa en 894 kWh, asumiendo un coste total de 425'32 €. Por ello, el consumo medio mensual ha sido de 74'5 kWh, lo que se traduce en 35'45 €/mes.

Por otro lado, se deben conocer los picos de consumo eléctrico del cliente. Este dato es importante ya que proporciona una idea sobre la magnitud de la instalación a realizar. Para ello, la empresa eléctrica aporta datos de consumo por horas y, gracias a esto, se pueden conocer las horas de mayor consumo.

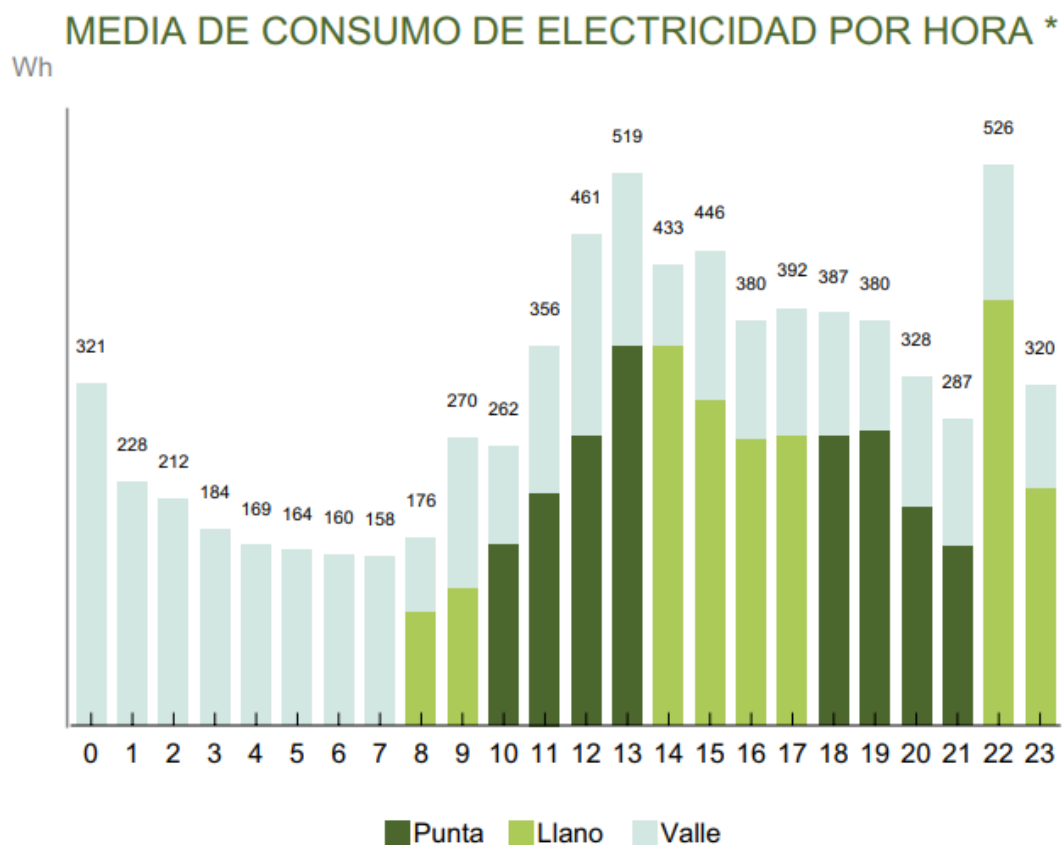


Imagen 6. Media del consumo eléctrico detallado por horas durante el mes de agosto de 2021. (Fuente: Curenergia)

Haciendo referencia a la imagen anterior, se puede observar que los picos de consumo eléctrico se sitúan a mediodía, 13 h, y durante las 22 h, con un valor algo superior a los 500 Wh.

A continuación, se expondrá un listado de los elementos electrónicos y puntos de luz que se encuentran en la vivienda, con el fin de respaldar los picos de consumo:

- 1 x Lavavajillas *BOSCH Serie 6 de Libre Instalación*
- 2 x Frigorífico *BOSCH Serie 8 Combinado de Libre Instalación*
- 1 x Horno *BOSCH Serie 6 de Acero Inoxidable*
- 2 x Campana Extractora *Thermex Scandinavia*
- 1 x Aitana *Descalcificador Autotrol 255-760 Automático 30 Litros*
- 1 x Cecotec *Microondas ProClean 6110*
- 1 x Televisor *Samsung Full HD 3D Led TV*
- 1 x Aire Acondicionado *Mitsubishi Heavy SRK 35 ZSP-W*
- 1 x Placa Vitrocerámica de Inducción *Balay 3EB965LU*
- 1 x Barra de Sonido *Yamaha YAS-207*
- 2 x Cecotec *Radiador Eléctrico Ready Warm 5200*
- 1 x Termix *Plancha de Pelo Wild*
- 1 x Remington *Silk Secador de Pelo*
- 1 x Caldera *BAXI Platinum Max Plus*
- 43 x Puntos de luz

Ahora bien, a la hora de dimensionar la instalación es imprescindible saber qué modalidad de autoconsumo se va a realizar. Los diferentes modelos están establecidos en el *RD 244/2019*.

Como se puede observar en la *Imagen 5*, se acepta que los titulares de la vivienda obtendrán un excedente de energía durante los meses en los que el consumo es mínimo. Acogiéndose a este hecho, lo más conveniente es vender dicho excedente a la red eléctrica.

2.2. NORMATIVA

Teniendo en cuenta que el objetivo es realizar una instalación solar para autoconsumo en una vivienda conectada a la red eléctrica y sabiendo el consumo medio de la propia, es necesario conocer la normativa aplicada a este tipo de proyectos. Es por ello que a continuación se visualizará un organigrama de todas las normativas que les afectan.

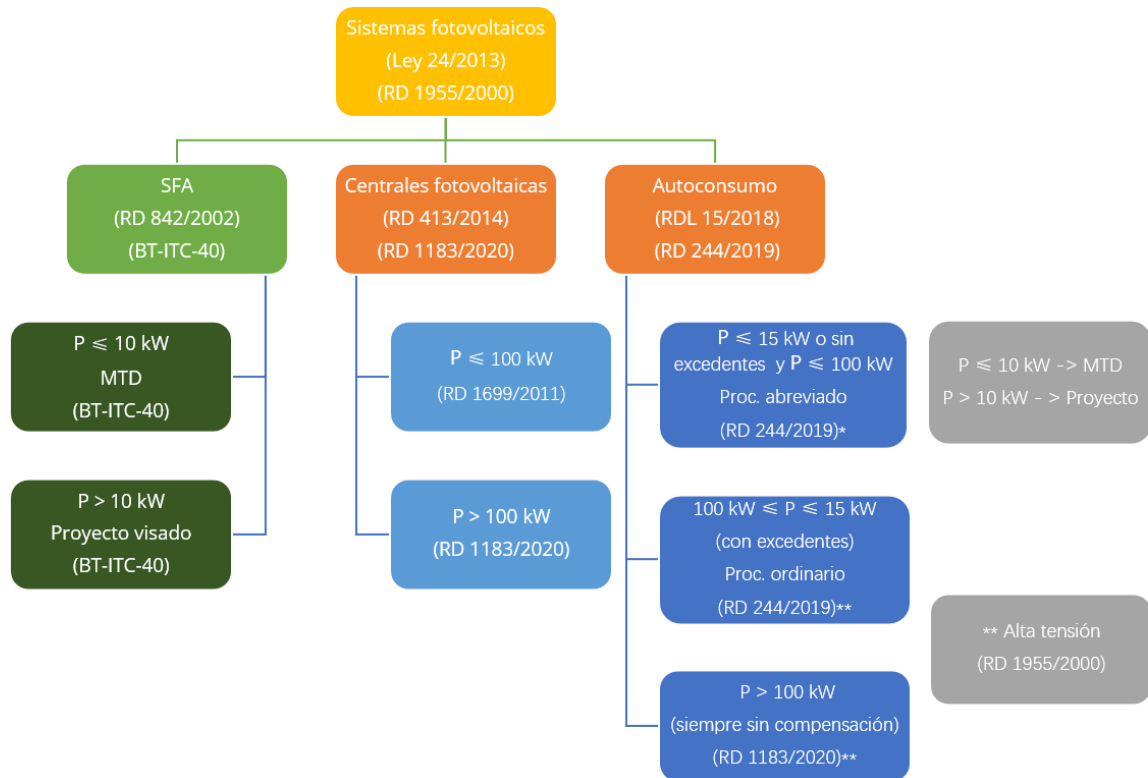


Imagen 7. Organigrama sobre la legislación. (Fuente: Censolar)

Como se puede observar en el organigrama, en la tercera ramificación se encuentra la normativa asociada al autoconsumo. Dentro de ella, aparecen las tres posibilidades que se presentan en función de la potencia generada. Para la realización de la presente instalación, se escogerá la relativa a instalaciones con excedentes que estén por encima de los 100 kWh y por debajo de los 15 kW, por tanto, se registrará por el RD 244/2019 y el RD 15/2018.

A continuación, se listan las normativas que se han de tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto según el REBT (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión), cuyo objetivo es establecer el marco de las condiciones técnicas y las garantías que deben cumplir este tipo de instalaciones:

- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el nuevo Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.
- **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 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

- **Ley 2/2020**, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha.
- **Decreto 80/2007**, de 19 de junio, por el que se regulan los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica a tramitar por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y su régimen de revisión e inspección.
- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- **Real Decreto 337/2014**, de 9 de mayo, por el que se aprueba el *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión* y sus instrucciones técnicas complementarias *ITC-RAT 01 a 23*.
- **Real Decreto 223/2008**, de 15 de febrero, por el que se aprueban el *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión* y sus instrucciones técnicas complementarias *ITC-LAT 01 a 09*.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto-ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **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 1110/2007**, de 24 de agosto, por el que se aprueba el reglamento unificado de puntos de medida del sistema 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.
- **Orden FOM/1635/2013**, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el *Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía»*, del *Código Técnico de la Edificación*, aprobado por **Real Decreto 314/2006**, de 17 de marzo.
- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales.
- **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, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos.
- **Decreto 34/2017**, de 2 de mayo, por el que se modifica el **Decreto 80/2007**, de 19 de junio, por el que se regulan los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica a tramitar por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y su régimen de revisión e inspección.
- **Instrucción 1/2020 de la Dirección General de Transición Energética** sobre la tramitación asociada a las instalaciones eléctricas de autoconsumo.
- Especificaciones Particulares Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.
- **Real Decreto 1663/2000**, de 29 de septiembre, sobre la conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

2.2.1. TRAMITACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Acogiéndose a la *Instrucción 1/2020* de la Dirección General de Transición Energética emitida por el gobierno de Castilla-La Mancha sobre la tramitación asociada a las instalaciones eléctricas de autoconsumo:

- **Depósitos de garantía y permisos de acceso y conexión**

AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES			
SUELO NO URBANIZADO		SUELO URBANIZADO con dotaciones y servicios	
P ≤ 10 kW	Permisos de acceso y conexión OBLIGADAS	P ≤ 15 kW	Permisos de acceso y conexión EXENTAS
	Garantías EXENTAS		Garantías EXENTAS
P > 10 kW	Permisos de acceso y conexión OBLIGADAS	P > 15 kW	Permisos de acceso y conexión OBLIGADAS
	Garantías OBLIGADAS		Garantías OBLIGADAS

PERMISOS DE ACCESO Y CONEXIÓN Y DEPÓSITO DE GARANTÍAS.

Imagen 8. Permisos de acceso y conexión, y depósito de garantías.
(Fuente: Consejería de Desarrollo Sostenible de Castilla-La Mancha)

En referencia a las instalaciones con excedentes de potencia igual o inferior a 15 kW, cuando se ubican en suelo urbanizado que cuenta con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística, no es preciso obtener permisos de acceso y conexión, y tampoco la formalización de garantías con este fin.

Ahora bien, el titular debe solicitar a la compañía distribuidora el Código de Autoconsumo (CAU) que identificará de esta manera el autoconsumo.

CAU: Código que identifica unívocamente a la instalación de autoconsumo y que relaciona todos los puntos de consumo y de generación asociados a la misma. El distribuidor eléctrico es el encargado de generar y proporcionar este código de autoconsumo.

- **Evaluación ambiental aplicable a las instalaciones de autoconsumo**

El proyecto no se encuentra ni en el *Anexo I* ni en el *Anexo II* de la *Ley 2/2020* de 7 de febrero de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha ni de la *Ley 21/2013* de 9 de diciembre de Evaluación Ambiental. De este modo, no deberá someterse a evaluación de impacto ambiental.

- **Tramitación en materia de industria y energía**

TIPO DE AUTOCONSUMO	SIN EXCEDENTES	CON EXCEDENTES			
Potencia	Cualquier Potencia	P ≤ 100 kW		P > 100 kW	
Tensión de conexión a la red o a la red interior de un consumidor	Cualquier Tensión	U ≤ 1 kV ³	U > 1kV	U ≤ 1 kV	U > 1kV
Tramitación de la instalación	❖ Solo registro de documentación de Seguridad Industrial	❖ Autorización de explotación una vez ejecutada la instalación (Art. 53.3 LSE y DA 5ª del RD 900/2015) ⁴	❖ Autorización administrativa previa y de construcción previa a la ejecución ❖ Autorización de explotación una vez ejecutada la instalación. (Art. 53.1 LSE)	❖ Autorización administrativa previa y de construcción previa a la ejecución. ❖ Autorización de explotación una vez ejecutada la instalación. (Art. 53.1 LSE) ⁵	❖ Autorización administrativa previa y de construcción previa a la ejecución. ❖ Autorización de explotación una vez ejecutada la instalación. (Art. 53.1 LSE)
CASOS	A	B	C	D	E

Imagen 9. Trámites a realizar en función de las distintas casuísticas.
(Fuente: Consejería de Desarrollo Sostenible de Castilla-La Mancha)

Observando la *Imagen 9*, el proyecto atiende al CASO B: Atendiendo a la *Ley 24/2013*, en el apartado 3 del artículo 53.1, se establece la exención que se regula en la disposición adicional quinta del *Real Decreto 900/2015* que afirma que “*instalaciones con potencia nominal no superior a 100 kW, conectadas directamente a una red de tensión no superior a 1 kV, ya sea de distribución o a la red interior de un consumidor, quedan excluidas del régimen de autorización administrativa previa y de autorización administrativa de construcción previsto en los apartados 1.a) y 1.b) del mencionado artículo 53*”.

Además, como la instalación se realiza en Castilla La Mancha no hay procedimiento regulado para emitir la autorización de explotación, que es la única que requieren tras ser ejecutadas (atendiendo a lo anterior). De este modo, la puesta en servicio de la instalación sólo está condicionada por el procedimiento establecido en el *REBT*.

- **Trámites correspondientes a la inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo y el Registro de instalaciones de producción**

La inscripción en el registro de autoconsumo se va a llevar a cabo de oficio, debido a la potencia instalada, por la comunidad de Castilla La-Mancha a partir de la información remitida a la misma en el procedimiento de registro de instalaciones de baja tensión ya que es una de las obligaciones contenidas en el *REBT (Trámite SJE 4)*. La Dirección General de Transición Energética, una vez recibida la documentación, remitirá a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la aplicación RADNE, los datos facilitados a efectos de su inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica.

Las personas titulares de la instalación no precisan realizar el trámite de inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones de Producción de Energía Eléctrica del Ministerio. Será la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio competente en materia de energía quien realice la inscripción a partir de la información procedente del registro administrativo de autoconsumo.

Trámite SJE 4: Registro de una instalación eléctrica de baja tensión, cuyo plazo de inscripción está abierto todo el año. Los requisitos para obtener el trámite son los siguientes:

- La instalación debe ser realizada únicamente por empresas instaladoras.
- La empresa suministradora no podrá conectar la instalación receptora a la red de distribución si no se le entrega la copia correspondiente del certificado de instalación debidamente diligenciado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma. El Órgano competente de la Comunidad Autónoma deberá diligenciar las copias del Certificado de Instalación y, en su caso, del certificado de inspección inicial, devolviendo cuatro a la empresa instaladora, dos para sí y las otras dos para la propiedad, a fin de que esta pueda, a su vez, quedarse con una copia y entregar la otra a la Compañía eléctrica, requisito sin el cual ésta no podrá suministrar energía a la instalación.

Para instalaciones de baja tensión con proyecto, se aplica una cuota de 36'48 € para un supuesto de inversión total menor o igual a 10.000 €.

Documentación a aportar según las características de la instalación dimensionada:

- Justificante de pago de las tasas correspondientes.
- Memoria técnica de diseño.
- Certificado de dirección de obra.
- Certificado de instalación con su correspondiente anexo de información al usuario, por quintuplicado.

2.3. IRRADIACIÓN SOLAR

La irradiación solar es la magnitud empleada para medir la energía por unidad de área que recibe radiación solar durante un tiempo determinado (kWh/m²). Utilizando la herramienta del PVGIF-CMSAF, se han podido obtener los datos de irradiación solar de la zona de la instalación. Se ha adjuntado una imagen del procedimiento seguido y una gráfica con los datos obtenidos.

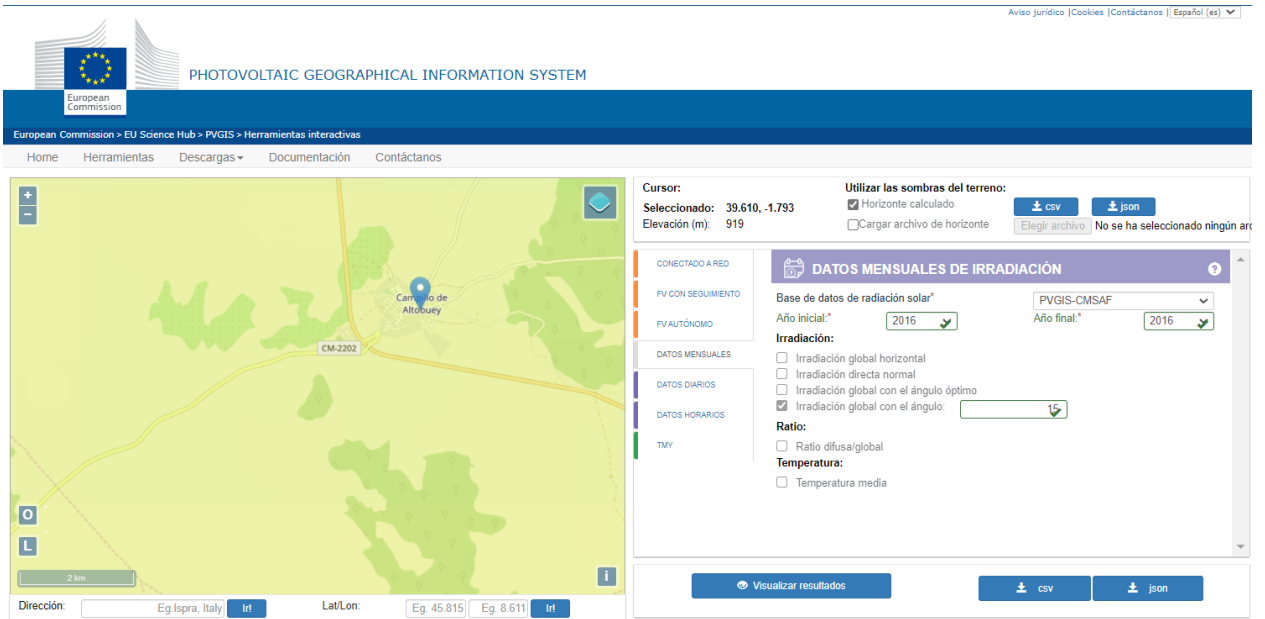


Imagen 10. Herramienta PVGIS. (Fuente: PVGIS)

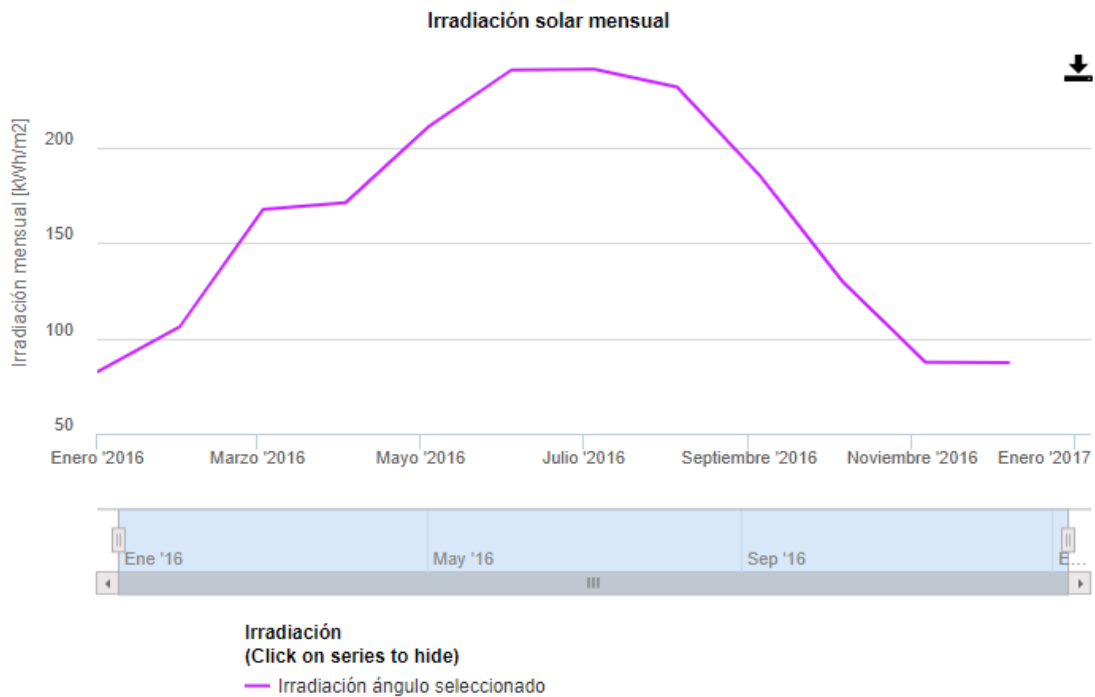


Imagen 11. Gráfica sobre la irradiación solar. (Fuente: PVGIS)

Como se puede observar en la *Imagen 11*, y siendo lógico, durante los meses de verano la irradiación solar es mucho mayor que durante los meses de invierno. Esto conlleva que en los meses de verano haya un excedente de energía, a pesar de ser el periodo del año en el que más uso se le da a la vivienda.

2.4. LIMITACIONES ECONÓMICAS

El promotor del proyecto tiene considerado gastar como máximo 4.500 €.

2.5. SUBVENCIONES

En España se destinan hasta 1.320 millones de euros en subvenciones a repartir en instalaciones de autoconsumo, almacenamiento y climatización mediante energías renovables. Estas ayudas fueron aprobadas en el *Real Decreto 477/202* de 29 de junio, siendo las primeras que se aprueban a nivel nacional específicamente para autoconsumo fotovoltaico y almacenamiento desde el Gobierno de España.

En Castilla-La Mancha corresponden un total de 30.948.184 €, de los cuales, 8.709.681 € están destinados a las ayudas para el autoconsumo residencial. En lo referente a placas solares, para una instalación de autoconsumo con potencia inferior o igual a 10 kW, la ayuda será de 600 € por cada kWp. Además, al tratarse de Campillo de Altobuey, un municipio con una población inferior a 5.000 habitantes, se obtendrán 55 €/kWp adicionales.

Para poder obtener dicha ayuda, será necesario rellenar un formulario que la comunidad de Castilla-La Mancha solicita en su respectiva convocatoria. La documentación exigida por la comunidad es la siguiente:

- Copia NIF/NIE
- Declaración responsable
- Solicitud de ayuda
- Presupuesto
- Declaración de no afección ambiental
- Documentación Técnica según programa y actuación
- Informes justificativos
- Certificado Final de obra
- Proyecto

A día de hoy, la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha no ha publicado todavía el proceso a través del cual se puede pedir.

2.6. PLAZOS DE EJECUCIÓN

En este caso, como ya se ha comentado previamente, el cliente reside en esta vivienda durante el verano, mientras que el resto del año acude con menos frecuencia a ella, por lo que se ha pactado que la instalación esté en pleno funcionamiento el 15 de mayo de 2022. Esto implica que, para garantizar dicho plazo, la instalación deberá estar acabada antes del 1 de abril de 2022. Durante este periodo de tiempo se probará la instalación y se asegurará que no haya fallos en ella, y en caso contrario, se aportarán las soluciones pertinentes para cumplir con el plazo estipulado.

3. SOLUCIONES ALTERNATIVAS

Para las diferentes soluciones se ha tenido en cuenta la inclinación de las placas, el tipo de estas y el espacio disponible en la cubierta de la vivienda.

Respecto a las posibles **inclinaciones**, como ya se ha visto en el apartado 2.1. *CONSUMO ENERGÉTICO*, los gastos de electricidad más notables son durante los meses de verano, por lo que quedan descartadas posibles inclinaciones enfocadas a los meses de invierno, como podría ser una inclinación de 60°.

El **espacio disponible en la cubierta de la vivienda** no supone ningún problema para la magnitud de instalación que se exige, ya que este ronda los 80 m² con unas dimensiones aproximadas de 7x11 m, por tanto, este factor no será determinante a la hora de escoger el tamaño de la instalación. Además, los primeros cálculos efectuados sobre el número de placas necesarias indican que se necesitarían 6 placas, por lo que se requeriría un espacio mucho menor al disponible.

En cuanto al **tipo** de placas, se puede elegir entre placas de 120 o 144 células policristalinas o monocristalinas. Se ha escogido instalar módulos fotovoltaicos de 144 células ya que estos suelen tener un tamaño más estándar de 1x2 m. De esta forma también se abaratarán costes ya que este tipo de módulos tiene una relación €/Wp menor.

Por otro lado, también existe la opción de usar celdas policristalinas o monocristalinas PERC. Las primeras suelen tener un menor coste ya que proporcionan una eficiencia algo menor respecto a W/m². Esto no supone ningún problema ya que, como se ha visto, el espacio del que se dispone es suficiente. Las monocristalinas PERC, por su parte, se adecúan de mejor manera a altas temperaturas y a sombras parciales sobre los módulos.

Respecto a los **componentes de la instalación dimensionada**, estos pueden ser comprados por separado o pueden ser proporcionados en un kit. A continuación, se procederá a estudiar ambas opciones.

3.1. COMPRA DE UN KIT

Tras haber realizado un estudio exhaustivo del mercado, el kit seleccionado que podría complacer las necesidades de la instalación fotovoltaica es [*Kit Autoconsumo Directo 2500W 13500Whdia Growatt*](#) proporcionado por la empresa *Autosolar*. Este está compuesto por:

- 6 x Paneles Solares *JA Solar Mono PERC* de 455W de potencia por unidad.
- 1 x Estructura *Coplanar Falcat* para anclar los paneles.
- 1 x Vatímetro Monofásico *Growatt SPM*.
- 1 x Monitorizador *Growatt Shine-Link X*.
- 1 x Inversor de Red Monofásico *Growatt MIC 2500TL-X*.
- 20 x Cable Unifilar 6 mm² *SOLAR PV ZZ-F Rojo* de 1 metro de longitud.
- 20 x Cable Unifilar 6 mm² *SOLAR PV ZZ-F Negro* de 1 metro de longitud.
- 1 x Conectores *WEIDMULLER PVStick*.

3.2. COMPRA DE LOS COMPONENTES POR SEPARADO

La compra de componentes por separado es la opción que finalmente se ha escogido ya que el kit seleccionado, al igual que el resto disponibles, únicamente dispone de estructura de anclaje a cubiertas metálicas lisas, no a cubiertas con teja. Además, de este modo, existe libertad de elección en el modelo de placas fotovoltaicas. El resto de componentes serán seleccionados basándose en el kit mencionado anteriormente.

La elección de componentes y sus respectivas características estarán detallados en el apartado 5. *JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LAS CARACTERÍSTICAS Y DE LOS COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.*

4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

4.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PLACAS

En este apartado se justificará el número de placas necesarias a partir del consumo energético de la vivienda durante el año 2021. A continuación, se muestra una tabla con los datos de consumo mensual en kWh de dicho año.

MES	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
CONSUMO (kWh)	23	38	28	27	37	34	156	240	127	71	50	63

Conociendo estos datos, primeramente, se procede a calcular el consumo mensual en Ah. Para ello, se conoce que la tensión de la instalación es de 48 V y la eficiencia del inversor elegido es del 97'6 %.

$$\text{Consumo (Ah)} = \frac{\left(\frac{C_{Wh}}{T_I}\right)}{\mathcal{E}_{Inv}}$$

- C_{Wh} = Consumo (Wh)
- T_I = Tensión de la Instalación (V)
- \mathcal{E}_{Inv} = Eficiencia del Inversor

A continuación, se debe calcular, mediante la relación entre el consumo y la irradiación solar (ambos mensuales), el coeficiente de dimensionado llamado C_{md} . El mes con un mayor valor de este coeficiente será el más desfavorable, por lo que se realizarán los cálculos sobre dicho mes.

$$C_{md} = \frac{C_{Ah}}{R_{mensual}}$$

- C_{md} = Coeficiente de Dimensionado
- C_{Ah} = Consumo (Ah)
- $R_{mensual}$ = Irradiación Solar Mensual (kWh/m²)

Finalmente, el número de líneas en paralelo se calcula mediante la relación entre el C_{md} y la intensidad máxima de salida de las placas (intensidad pico).

$$N_{PP} = \frac{C_{md} * k}{I_p}$$

- N_{PP} = Número de Líneas en Paralelo
- k = Factor de Sobredimensionado
- I_p = Intensidad Pico de los Módulos Fotovoltaicos (A)

A continuación, se muestra una tabla con los consumos en kWh y los calculados en Ah, la irradiación solar para una inclinación de 15° y el coeficiente C_{md} para los meses del último año.

MES	CONSUMO (kWh)	CONSUMO (Ah)	IRRADIACIÓN 15° (kWh/m ²)	COEFICIENTE C_{md}
Enero	23	490,95	82,38	5,96
Febrero	38	811,13	106,19	7,64
Marzo	28	597,68	167,28	3,57
Abril	27	576,33	170,87	3,37
Mayo	37	789,79	210,62	3,75
Junio	34	725,75	240,29	3,02
Julio	156	3329,92	240,71	13,83
Agosto	240	5122,95	231,45	22,13
Septiembre	127	2710,89	185,04	14,65
Octubre	71	1515,54	129,50	11,70
Noviembre	50	1067,28	87,45	12,20
Diciembre	63	1344,77	87,21	15,42

Como se puede observar, el mes de agosto cuenta con el mayor valor del coeficiente C_{md} . Este resultado era de esperar ya que el cliente reside allí en los meses de verano y el consumo durante dicho mes fue bastante superior a los demás.

Seguidamente se ha adjuntado una tabla con el valor final del número de líneas en paralelo necesarias para la instalación.

C_{md} Más Desfavorable	22,13
N_{pp}	3,00

Finalmente, como las placas utilizadas son de 24 V y la tensión de la instalación es de 48 V, se deberán poner las placas en serie dos a dos para poder alcanzar la tensión de la instalación, es decir, se usarán tres líneas de placas en paralelo y, cada una de las líneas, dispondrá de dos placas en serie. Todo ello dando lugar a un total de 6 placas.

4.2. CÁLCULO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR LA INSTALACIÓN

Para lograr una aproximación de la energía que se producirá en la instalación, se han empleado tres métodos de cálculo diferentes.

- **Método 1**

Mediante una [calculadora online](#) de horas solares pico (HSP), se ha obtenido la media mensual y anual de estas. Dichas medias se proporcionan en función de la zona geográfica, del nivel de contaminación ambiental y de la inclinación de las placas.

En el caso de la vivienda a realizar el estudio, se encuentra en una localidad, con una población inferior a los 1.500 habitantes, perteneciente a la provincia de Cuenca, por tanto, la contaminación atmosférica es prácticamente nula ya que, además, la capital más cercana está a 66 km. Respecto a la inclinación de las placas, esta será la elegida anteriormente, 15°. Con todo ello, junto con el número de placas de la instalación (6), el número de días de cada mes y los kilovatios pico de cada placa (0'4), se obtiene una primera aproximación de la producción de energía.

$$\text{Producción } I \text{ (kWh)} = HSP * N_p * d_{mes} * kW_{pico}$$

- HSP = Horas Solares Pico Promedio al Día
- N_p = Número de Placas de la Instalación
- d_{mes} = Número de Días que tiene el Mes
- kW_{pico} = Kilovatios Pico de cada Placa

A continuación, se muestra una tabla con los resultados obtenidos mediante el método 1.

MES	PRODUCCIÓN MENSUAL 1 (kWh)
Enero	153,64
Febrero	200,12
Marzo	313,52
Abril	391,03
Mayo	417,98
Junio	471,31
Julio	577,79
Agosto	522,66
Septiembre	418,97
Octubre	294,10
Noviembre	189,00
Diciembre	147,98

Calculadora HPS

Provincia:

Contaminación atmosférica:

Inclinación placas: grados

CALCULAR

Imagen 12. Herramienta online de HSP.
(Fuente: Fusion Energía Solar)

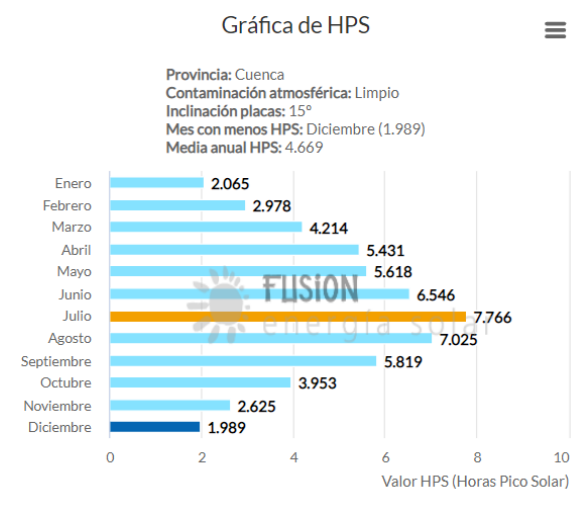


Imagen 13. Valores obtenidos en cuanto a HSP diarias.
(Fuente: Fusion Energía Solar)

- **Método 2**

En puntos anteriores se habla sobre la irradiación solar. Estos valores están en kWh/m², por tanto, teniendo en cuenta la irradiación solar (con 15° de inclinación), el número de placas (6), las dimensiones de estas (1002 x 1979 mm) y la eficiencia de estas respecto a la captación de irradiación solar (20'17 %), se obtiene un segundo valor de producción energética.

$$\text{Producción 2 (kWh)} = R_S * N_p * A_p * E_p$$

- R_S = Irradiación Solar (kWh/m²)
- N_p = Número de Placas
- A_p = Área de la Placa (m²)
- E_p = Eficiencia de la Placa

2. A continuación, se adjunta una tabla con los valores obtenidos mediante el método

MES	PRODUCCIÓN MENSUAL 2 (kWh)
Enero	197,69
Febrero	254,83
Marzo	401,43
Abril	410,05
Mayo	505,44
Junio	576,64
Julio	577,65
Agosto	555,43
Septiembre	444,05
Octubre	310,77
Noviembre	209,86
Diciembre	209,28

● Método 3

Este último método es el más comúnmente utilizado, ya que en él se tienen en cuenta la irradiación solar mensual (cuyos datos se han obtenido en el apartado 2.3. *IRRADIACIÓN SOLAR*) y la potencia de la instalación, calculada como el número de placas (6) por los kilovatios pico de cada placa (0'4), dando lugar a un tercer valor de producción de energía.

$$\text{Producción 3 (kWh)} = R_{Mensual} * N_p * kW_{pico}$$

- $R_{Mensual}$ = Irradiación Solar Mensual (kWh/m²)
- N_p = Número de Placas
- kW_{pico} = Kilovatios Pico de cada Placa

3: A continuación, se adjunta una tabla con los valores obtenidos mediante el método

MES	PRODUCCIÓN MENSUAL 3 (kWh)
Enero	197,71
Febrero	254,86
Marzo	401,47
Abril	410,09
Mayo	505,49
Junio	576,70
Julio	577,70
Agosto	555,48
Septiembre	444,10
Octubre	310,80
Noviembre	209,88
Diciembre	209,30

Seguidamente se muestra una gráfica comparativa de los tres métodos de cálculo para la producción mensual de la instalación dimensionada.

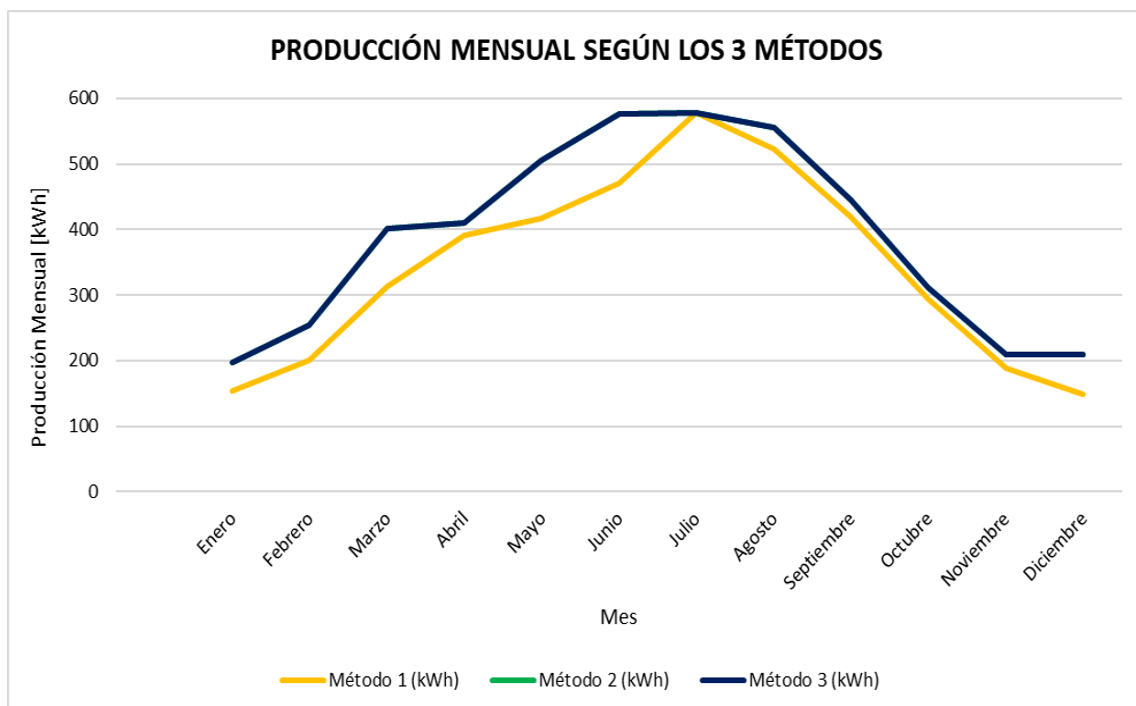


Imagen 14. Breve gráfica comparativa de los métodos de cálculo. (Fuente: Propia)

Como se puede observar, el segundo y tercer método coinciden en sus valores mes a mes con un error mucho menor al 1 %. Por otro lado, el primer método discierne de los comentados anteriormente hasta en valores de un 29 % en el mes de diciembre, por ello, a partir de este momento, se tomarán como válidos los valores obtenidos mediante los métodos 2 y 3. A continuación, se muestra una gráfica con la producción media mensual obtenida a partir de los últimos dos métodos:

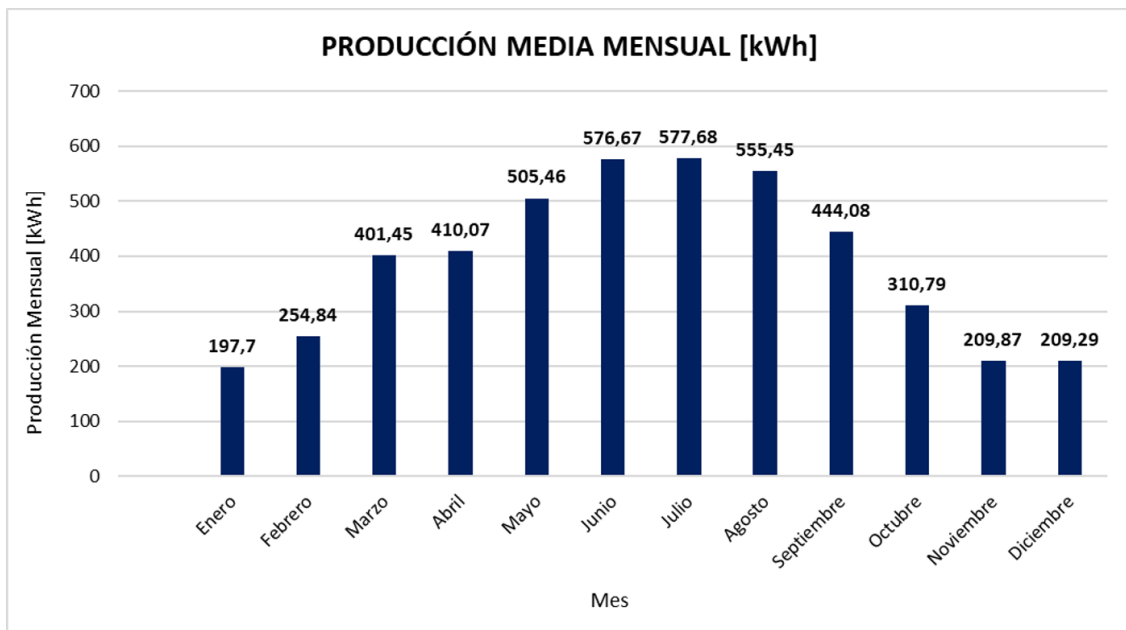


Imagen 15. Gráfica con los datos de producción eléctrica finales en kWh. (Fuente: Propia)

5. JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Los componentes seleccionados para la instalación fotovoltaica dimensionada son los siguientes:

- 6 x Paneles Solares *PERC Monocristalino ERA* de 400W de potencia pico por unidad.
- 2 x *Estructura Cubierta Tejas 3 Paneles Solares con varilla OIV* para anclar los paneles.
- 1 x Vatímetro Monofásico *Growatt SPM*.
- 1 x Monitorizador *Growatt Shine-Link X*.
- 1 x Inversor de Red Monofásico *Growatt MIC 3300TL-X*.
- 20 x Cable Unifilar 6 mm² *SOLAR PV ZZ-F Rojo* de 1 metro de longitud.
- 20 x Cable Unifilar 6 mm² *SOLAR PV ZZ-F Negro* de 1 metro de longitud.
- 1 x Conectores *WEIDMULLER PVStick*.
- 1 x *Kit de Protecciones Red 3000W 1 MPPT Monofásico*.

5.1. PANELES SOLARES

Las placas solares seleccionadas para satisfacer la instalación dimensionada, tras revisar opiniones de diferentes usuarios en la red y estudiar las propiedades que disponen, son [Panel Solar 400W PERC Monocristalino ERA](#). A continuación, se adjunta una breve comparativa entre los modelos [Panel Solar 400W 24V Monocristalino](#), [Panel Solar 405W 24V Policristalino](#) y el panel solar seleccionado:

Tipo de Panel	W_{pico}	Precio (€)	Relación €/W _{pico}	Eficiencia (%)
Policristalino	400	199,00	0,491	18,33
Monocristalino	400	175,00	0,438	19,90
Monocristalino PERC	400	269,37	0,673	20,17

La comparativa entre estos tres modelos de placas se realiza ya que son los más extendidos en el mercado. Hace unos años también se comercializaban y empleaban a gran escala las placas solares mixtas (conocidas como cuasi-mono) y las amorfás, pero su fabricación fue prácticamente abandonada debido a la baja eficiencia que presentaban.

Respecto a la tabla, como se puede observar, los paneles solares con mejor eficiencia son los monocristalinos PERC, ya que la captación de energía por parte de estos es sensiblemente superior a los monocristalinos y muy superior a los policristalinos.

Estas diferencias en la captación de energía son debidas al nivel de pureza del silicio que las forma, es decir, mientras que durante la fabricación de paneles solares policristalinos no se eliminan las impurezas que contiene el silicio, en los monocristalinos sí. Por ello, los paneles solares policristalinos presentan un color más azulado y los monocristalinos casi negro. Además, los paneles solares monocristalinos PERC, gracias a la tecnología PERC; que refleja en las capas de silicio los fotones que ya han chocado contra estas, consiguen una mayor producción de energía y, por tanto, una mayor eficiencia que los monocristalinos ya que en estos, los fotones únicamente chocan contra las capas de silicio.

5.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE

La estructura de anclaje escogida para los paneles solares es [Estructura Cubierta Tejas 3 Paneles Solares con Varilla 01V](#) ya que permite situar tres paneles con orientación vertical de forma contigua sobre una cubierta con tejas que ya disponga de la inclinación y orientación adecuadas. Además, admite la instalación de los paneles escogidos ya que sus dimensiones (1002 x 1979 mm) son menores a las máximas permitidas por dicha estructura (1150 x 2279 mm).

Asimismo, un punto a favor de la estructura elegida es la posibilidad de la instalación sobre la cubierta sin necesidad de desmontar nada, ya que dispone de herrajería que posibilita su anclaje sobre loseta de hormigón o vigas de madera.

5.3. VATÍMETRO

El vatímetro seleccionado es [Vatímetro Monofásico Growatt SPM](#). Este, no es más que un medidor de energía compatible con los inversores de la marca *Growatt*. De este modo, se puede conocer de manera exacta el consumo que se le demanda a la instalación y, también, se facilita la lectura de potencias requeridas al inversor.

También proporciona la posibilidad de no verter a la red eléctrica el excedente de producción que no se llega a consumir. Función que no es útil para los intereses de la instalación dimensionada ya que no dispone de baterías, por tanto, se inyectará a la red eléctrica toda la energía no consumida.

5.4. MONITORIZADOR

El monitorizador seleccionado para la instalación es [Monitorizador Growatt Shine-Link X](#). Este dispositivo de monitorización, compatible con el inversor elegido, lo dotará de conexión a internet para el adecuado control de su funcionamiento mediante el portal proporcionado por el fabricante.

Gracias al monitorizador no es necesario disponer obligatoriamente de red WiFi ya que este está compuesto por una base, que se conecta al router y a una toma de corriente, y por un adaptador, que se conecta al inversor. De este modo, se establece un enlace automático entre ambos dispositivos que dota al inversor de internet.

Además, el monitorizador es necesario en la instalación para poder conocer los datos de producción en tiempo real y, también, el histórico.

5.5. INVERSOR

El inversor escogido es [Inversor Red Growatt MIC 3300TL-X Monofásico](#). Este inversor, con posibilidad de conexión a red de forma externa, puede proporcionar hasta 3300 W de potencia; valor adecuado para una vivienda unifamiliar con bajos consumos energéticos. Sin embargo, se ha de advertir al cliente que la conexión de muchos electrodomésticos simultáneamente provocará que salten los plomos.

5.6. CABLES Y CONECTORES

El cableado de la instalación se realizará mediante los cables y conectores [Cable Unifilar 6 mm² SOLAR PV ZZ-F Rojo](#), [Cable Unifilar 6 mm² SOLAR PV ZZ-F Negro](#) y [Conectores WEIDMULLER PVStick](#) respectivamente.

La elección de estos cables se basa en que están especialmente diseñados para instalaciones solares fotovoltaicas según la norma de referencia *EN 50618 / TÜV 2 Pfg 1169-08 / UTE C 32-502*. Además, dichos cables son utilizados en todos los kits a la venta

que podrían satisfacer las necesidades de la instalación dimensionada. Por ello, la longitud total de cableado que se adquirirá será igual a la de los kits (20 m).

Respecto a los conectores, han sido escogidos ya que no requieren de ninguna herramienta para poder ser ensamblados con el cable seleccionado. Además, son compatibles con la gran mayoría de conectores que llevan de serie los paneles solares.

5.7. PROTECCIONES

En cuanto a las protecciones, se ha seleccionado el pack de protecciones [Kit Protecciones Red 3000W 1 MPPT Monofásico](#). Este contiene los elementos de protección, tanto para corriente continua como alterna, necesarios para una potencia de 3000 W en el inversor.

El kit incluye:

- 10 x *Cable Unifilar 6 mm² H07Z1-K (AS) Tierra*. Métodos para su instalación: dentro de tubos, conductos, canaletas cerradas.
- 5 x *Cable Manguera 3x4 mm² Libre Halógenos*. Cable de cobre flexible de alta seguridad con aislamiento y cubiertas de poliolefinas, no propagador de la llama ni del incendio, con baja emisión de gases tóxicos y nula emisión de gases corrosivos. Diseñado según *UNE 21123-4*.
- 5 x *Cable Trenzado UTP Categoría 6*. Cable trenzado no blindado diseñado para la transmisión a frecuencias de hasta 250 MHz.
- 2 x *Fusible 15A 1000VDC 10X38*. Preparado para fundirse cuando el panel solar está experimentando una intensidad mayor de 16 amperios, garantizando que no se den cortocircuitos ni problemas con los dispositivos conectados.
- 2 x *Portafusibles 10x38 1000V*. Soporta la sobretensión a la que el fusible puede verse expuesto.
- 1 x *MAGNETOTÉRMICO IM 2P, 6KA, 16A, C STD HYUNDAI*. Actúa como protección de la instalación incorporando una doble seguridad. Otorga protección térmica y protección magnética. Este modelo es de 2 polos, preparado para una frecuencia de red de 50 o 60 Hz con una durabilidad superior a los 10.000 ciclos. Interrumpirá el paso de corriente cuando la intensidad supere la cifra delimitada por el nombre de este modelo, en su caso, 16A en corriente alterna a 230V.
- 1 x *DIFERENCIAL ID 2P, 25A, 30mA, A STD HYUNDAI*. Es una protección esencial para prevenir derivaciones en nuestro circuito de corriente alterna. Este dispositivo actúa cuando detecta una diferencia en las lecturas provocada por una derivación. Este modelo tiene un límite de corriente de 25A.
- 1 x *Tubo Corrugado 32 gris (1 rollo)*. Se trata de un tubo flexible de fácil manejo. Se utiliza para proteger el cableado eléctrico frente a factores externos. Es resistente a la abrasión y la corrosión por productos químicos nocivos.
- 2 x *Canal Blanca EFAPEL 80X40 2 m*. Permite la correcta ubicación del cableado en el interior de la casa evitando enredos y cortocircuitos. Se incluyen 2 metros junto con varios codos y tapas de canaleta.

- 2 x *Canal Blanca EFAPEL 80X40 Tapa Final*. Permite la correcta ubicación del cableado en el interior de la casa evitando enredos y cortocircuitos. Se incluyen 2 metros junto con varios codos y tapas de canaleta.
- 2 x *Canal Blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Interior*. Permite la correcta ubicación del cableado en el interior de la casa evitando enredos y cortocircuitos. Se incluyen 2 metros junto con varios codos y tapas de canaleta.
- 2 x *Canal blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Exterior*. Permite la correcta ubicación del cableado en el interior de la casa evitando enredos y cortocircuitos. Se incluyen 2 metros junto con varios codos y tapas de canaleta.
- 4 x *Canal Blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Plano*. Permite la correcta ubicación del cableado en el interior de la casa evitando enredos y cortocircuitos. Se incluyen 2 metros junto con varios codos y tapas de canaleta.
- 2 x *Caja de Protecciones ICP*. Facilita la activación y desactivación manualmente de las conexiones que se desee de la instalación realizada, esta caja de protecciones cumple con la normativa vigente y cuenta con una larga vida útil.

6. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía consultada para la realización del presente proyecto es la siguiente:

- AutoSolar. (s.f.). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/>
- Calderón, J. G. (julio de 2017). *Diseño de INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE VIVIENDA UNIFAMILIAR PARA AUTOCONSUMO CONECTADA A RED EN YUNCOS*. Obtenido de ingemecanica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn117.html>
- Cánovas, J. R. (junio de 2021). *Estudio técnico y económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a red de una vivienda unifamiliar situada en Monteagudo*. Obtenido de riunet: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/170636/Ros%20-%20Estudio%20tecnico%20y%20economico%20de%20una%20instalacion%20solar%20fotovoltaica%20conectada%20a%20red%20de%20una%20vi....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Damia Solar. (25 de mayo de 2019). *Cuál es la vida útil de los paneles solares*. Obtenido de Damia Solar: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares_1
- DESCONEXT. (14 de febrero de 2022). *Las instalaciones fotovoltaicas tienen una vida útil de hasta 35 años*. Obtenido de DESCONEXT: <https://www.desconext.com/blog/las-instalaciones-fotovoltaicas-tienen-una-vida-util-de-hasta-35-anos/>
- ECYT-AR. (24 de noviembre de 2017). *Irradiación solar*. Obtenido de ECYT-AR: https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/Irradiaci%C3%B3n_solar#:~:text=La%20irradiaci%C3%B3n%20solar%20es%20la,comunicaci%C3%B3n%20social%20como%20radiaci%C3%B3n%20solar
- Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. (julio de 2017). *Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Generadores en Baja Tensión*. Obtenido de Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: https://industria.gob.es/es-ES/participacion_publica/Documents/especificaciones-tecnicas-Endesa/NRZ105_EP-Instalaciones-Privadas-Generadores-BT-accesible.PDF
- fessa. (s.f.). *¿Cómo conseguir subvenciones para placas solares en Castilla La Mancha?* Obtenido de fessa: <https://fessa.es/subvenciones-para-placas-solares-en-castilla-la-mancha/>
- Hilcu, M. (agosto de 2021). *Permisos necesarios para la instalación de las placas solares*. Obtenido de OTOVO: <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/permisos-placas-solares/>
- Hilcu, M. (abril de 2022). *Las nuevas ayudas al autoconsumo Next Generation*. Obtenido de OTOVO: <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/ayudas-autoconsumo-baterias-climatizacion/>
- Mancha, D. G.-L. (2020). *INSTRUCCIÓN 1/2020 DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOBRE LA TRAMITACIÓN ASOCIADA A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE AUTOCONSUMO*. Obtenido de Dirección General de Transición Energética de Castilla-La Mancha: <https://edice.castillalamancha.es/eDice-bt/autoconsumo.pdf>

- Mateu, C. (16 de febrero de 2020). *¿Qué es el Código de Autoconsumo solar fotovoltaico (CAU)?* Obtenido de SUELOSOLAR: <https://suelosolar.com/noticias/autoconsumo-cau/espana/16-2-2020/que-es-codigo-autoconsumo-solar-fotovoltaico-cau>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (julio de 2011). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- Quesada, R. P., & Herrera Rodríguez, M. (noviembre de 2017). *PLANTA FOTOVOLTAICA AUTOCONSUMO 36KW, EN c/ PÉREZ GALDÓS 53 CABILDO DE GRAN CANARIA*. Obtenido de Consejo Insular de la Energía de Gran Canaria: <http://www.energiagrancanaria.com/wp-content/uploads/2017/12/PROYECTO-OB-01-2017.pdf>
- Ruiz, A. (2 de noviembre de 2021). *6 CTS €/KWH EL PRECIO DE VENTA EXCEDENTE EN INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO*. Obtenido de esenergia.es: <https://esenergia.es/precio-venta-excedente-autoconsumo/>
- Soria, A. (10 de mayo de 2021). *Legislación fotovoltaica en España (2021)*. Obtenido de censolar: <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-2021/>
- sotysolar. (6 de noviembre de 2020). *¿Paneles solares monocristalinos o policristalinos?* Obtenido de sotysolar: <https://sotysolar.es/placas-solares/monocristalinas-policristalinas#:~:text=La%20principal%20diferencia%20entre%20ambos,de%20silicio%20cil%C3%ADndricos%20llamados%20lingotes.>
- Tarifasgasluz. (14 de septiembre de 2021). *Autoconsumo en Cuenca: precio, subvenciones y trámites*. Obtenido de Tarifasgasluz: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/provincias/cuenca>
- Tarifasgasluz. (7 de enero de 2022). *¿Cómo calcular el número de paneles solares necesarios para mi casa?* Obtenido de Tarifasgasluz: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion/dimensionamiento>
- Tarifasgasluz. (10 de mayo de 2022). *¿Cómo instalar paneles solares en casa? Precios para una vivienda*. Obtenido de Tarifasgasluz: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/instalacion>
- Tarifasgasluz. (21 de abril de 2022). *Normativa sobre placas solares: compensación y trámites*. Obtenido de Tarifasgasluz: <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/normativa>
- Velázquez-Gaztelu, J. P. (13 de diciembre de 2018). *En diez años lo raro será no tener autoconsumo en casa*. Obtenido de elDiario.es: https://www.eldiario.es/alternativaseconomicas/anos-raro-tener-autoconsumo-casa_132_1788774.html



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

DOCUMENTO 2 – PLANOS

TRABAJO FIN DE GRADO

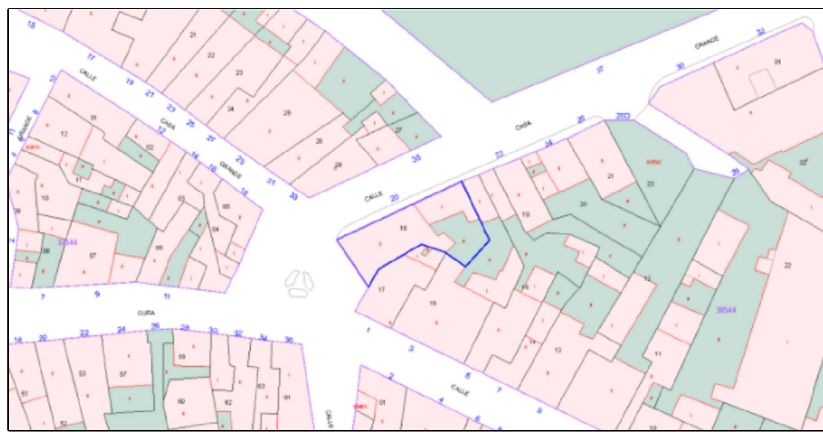
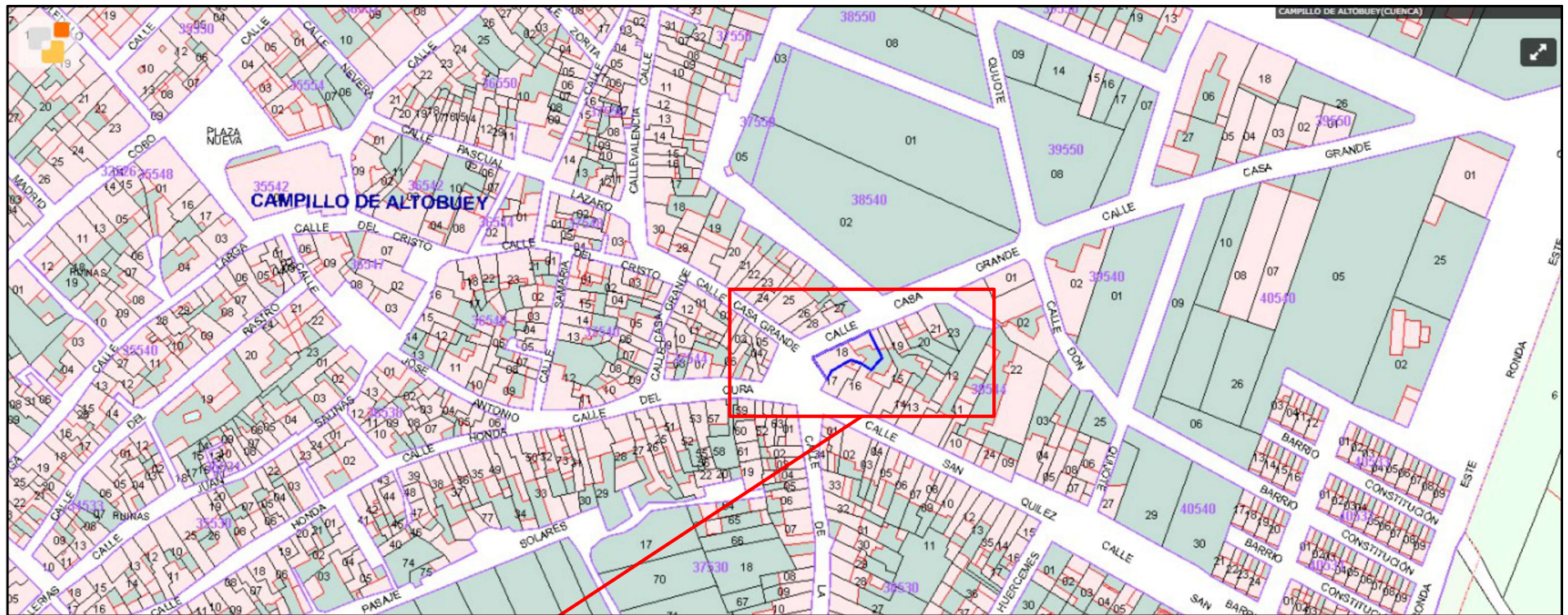
Presentado por:

ALBERTO CERDÁN, JORGE

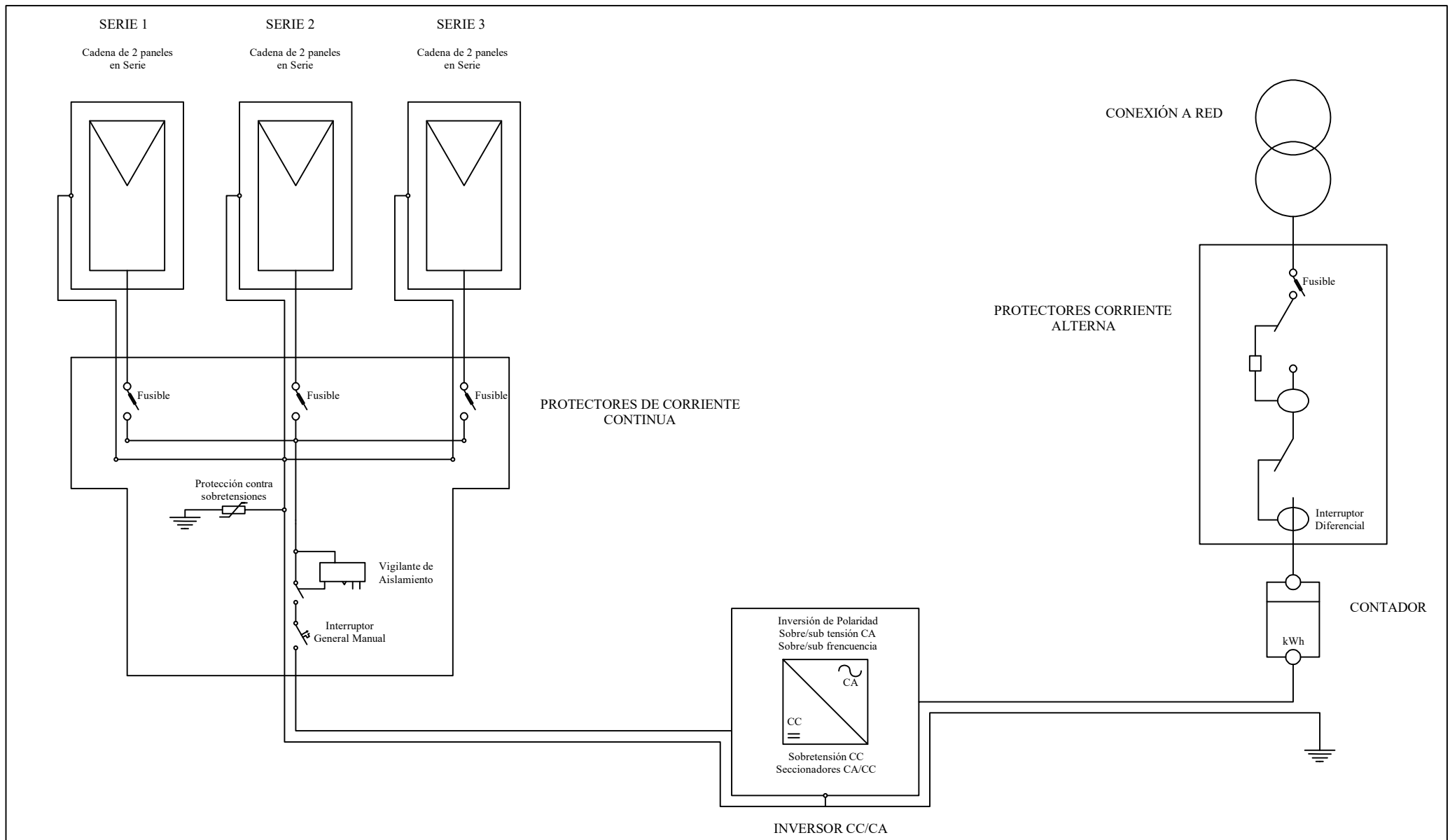
Dirigido por:

ALBEROLA SENDRA, JOAN ENRIC

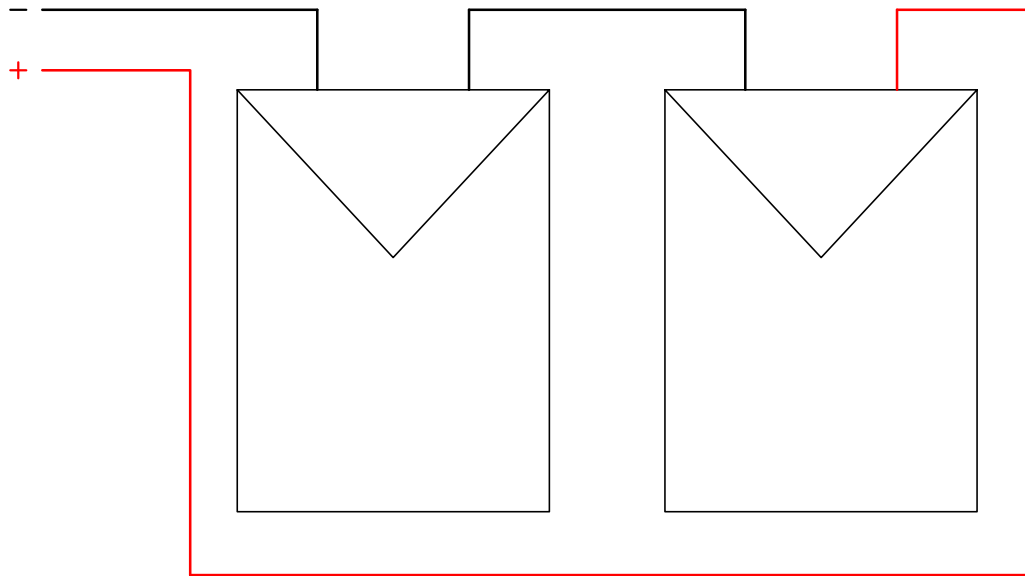
Valencia, julio de 2022



	FECHA	NOMBRE	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
DIBUJADO	02/12/2021	Jorge Alberto Cerdán	
REVISADO	07/06/2022	Jorge Alberto Cerdán	TÍTULO: INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
Escala:	Definición del plano:		Nº del Plano: 1
1/2500	SITUACIÓN DE LA VIVIENDA		
1/1050			



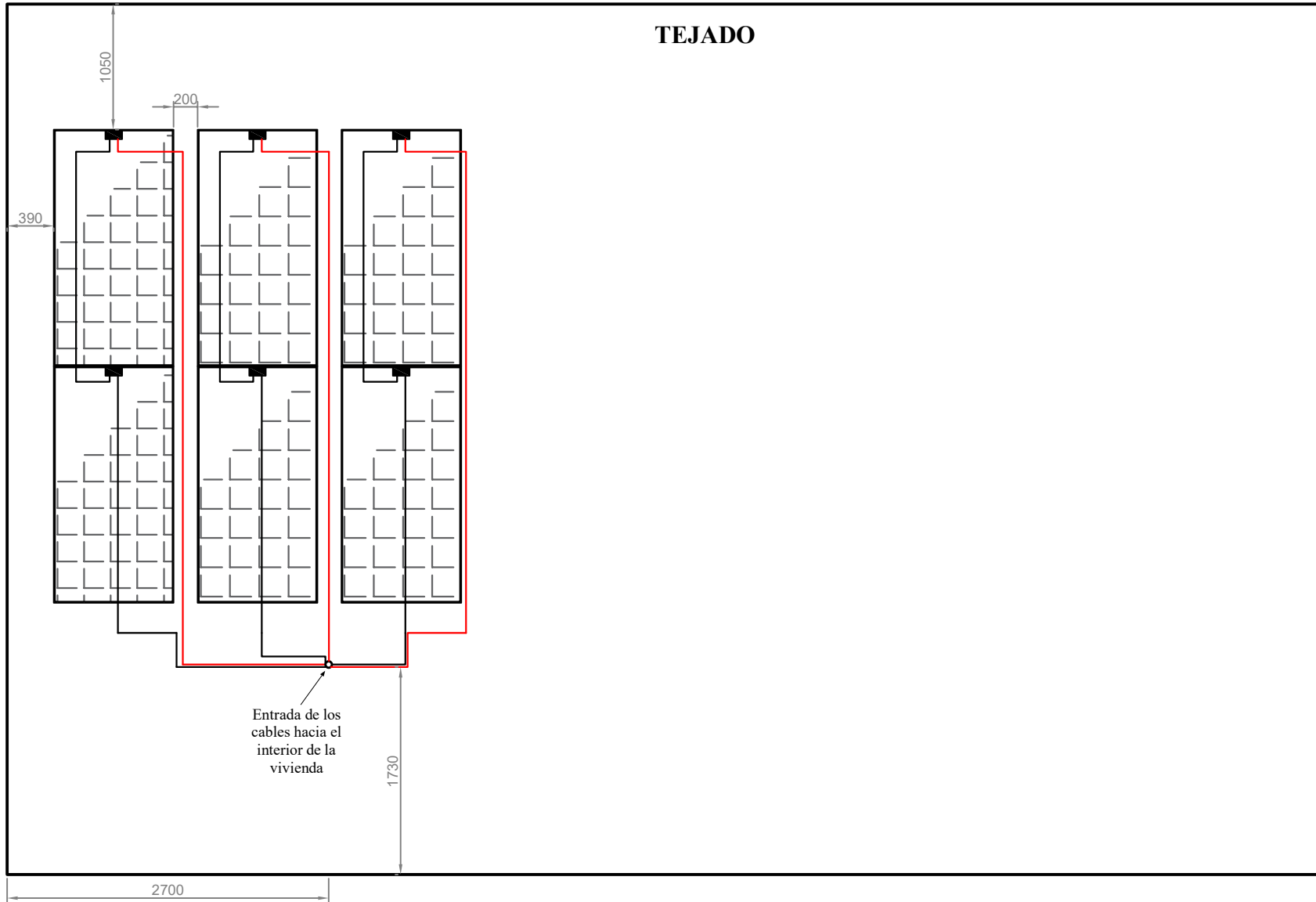
	FECHA	NOMBRE	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
DIBUJADO	02/12/2021	Jorge Alberto Cerdán	
REVISADO	07/06/2022	Jorge Alberto Cerdán	TÍTULO: INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
Escala:	Definición del plano: DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN		Nº del Plano: 2



	FECHA	NOMBRE	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
DIBUJADO	02/12/2021	Jorge Alberto Cerdán	
REVISADO	07/06/2022	Jorge Alberto Cerdán	TÍTULO: INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
Escala:	Definición del plano: ESQUEMA DE CONEXIÓN EN SERIE DE 2 PANELES		Nº del Plano: 3

TEJADO

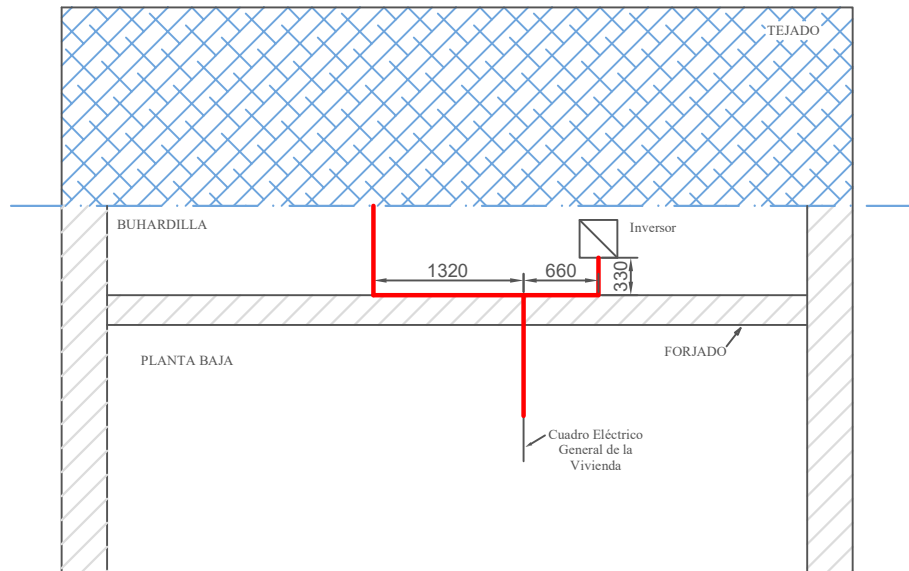
ALZADO



— Cableado +
— Cableado -

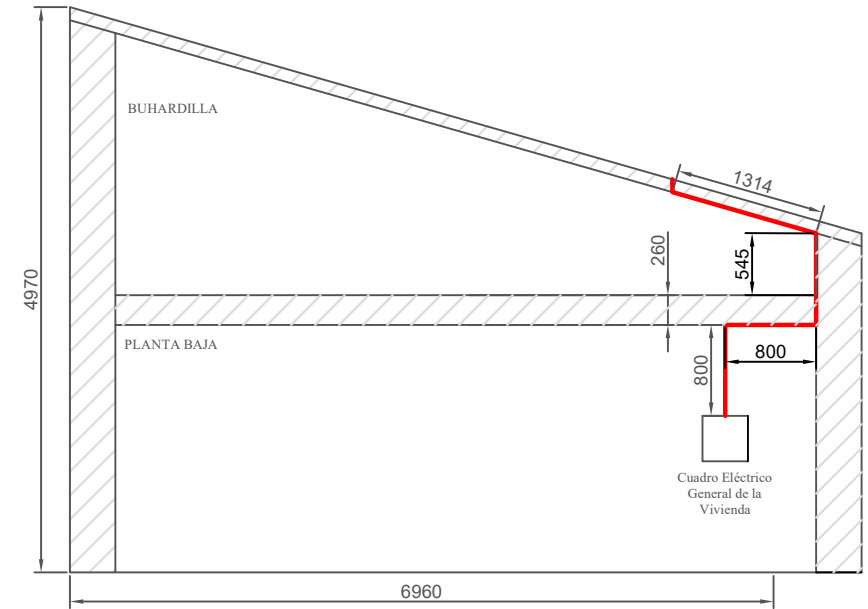
	FECHA	NOMBRE	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
DIBUJADO	02/12/2021	Jorge Alberto Cerdán	TÍTULO: INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
REVISADO	07/06/2022	Jorge Alberto Cerdán	
Escala: 1/35	Definición del plano: DESCRIPCIÓN DE LA CUBIERTA		Nº del Plano: 4

ALZADO



— Cableado

PERFIL



	FECHA	NOMBRE	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO
DIBUJADO	20/12/2021	Jorge Alberto Cerdán	TÍTULO: INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
REVISADO	07/06/2022	Jorge Alberto Cerdán	
Escala: 1/47	Definición del plano: ALZADO Y PERFIL DE LA VIVIENDA ESQUEMA DEL CABLEADO HASTA EL CUADRO GENERAL		Nº del Plano: 5



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

DOCUMENTO 3 – PLIEGO DE CONDICIONES

TRABAJO FIN DE GRADO

Presentado por:

ALBERTO CERDÁN, JORGE

Dirigido por:

ALBEROLA SENDRA, JOAN ENRIC

Valencia, julio de 2022

ÍNDICE

1. OBJETO	38
2. MATERIALES	38
2.1. PANELES SOLARES	38
2.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE.....	39
2.3. VATÍMETRO.....	39
2.4. MONITORIZADOR.....	39
2.5. INVERSOR DE RED	39
2.6. CABLE UNIFILAR.....	39
2.7. CONECTORES.....	39
3. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN	40
3.1. PANELES SOLARES	40
3.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE.....	40
3.3. VATÍMETRO.....	40
3.4. MONITORIZADOR.....	40
3.5. INVERSOR DE RED	40
3.6. CABLE UNIFILAR.....	41
3.7. CONECTORES.....	41
3.8. PROTECCIONES	41
3.9. PRUEBAS DE SERVICIO	42

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA DE ANCLAJE

1. OBJETO

Se refiere el presente apartado a la instalación de placas fotovoltaicas, inversor, monitorizador, protecciones de corriente continua, etc. Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas: *CTE DB HE* y *REBT*.

La presente especificación está referida a la instalación solar fotovoltaica dimensionada en el proyecto actual, incluidas ayudas de instalación eléctrica. Establece las condiciones que debe satisfacer la instalación, la cual debe poseer adecuadas características de calidad, desempeño y durabilidad acorde con las condiciones de funcionamiento.

La instalación dimensionada incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico. El funcionamiento de esta no debe provocar averías en la red, disminuciones de las condiciones de seguridad y alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. Del mismo modo, se tienen que asegurar unas condiciones nada peligrosas para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Se van a incluir 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.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, indicadores, etiquetas... estos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

2. MATERIALES

Los materiales empleados en la instalación son los siguientes:

- Paneles Solares
- Estructura de Anclaje
- Vatímetro
- Monitorizador
- Inversor de Red
- Cable Unifilar
- Conectores

2.1. PANELES SOLARES

En la instalación, cada panel solar empleado tendrá una potencia máxima igual a 400 W, con un voltaje y una corriente a dicha potencia igual a 41'7 V y 9'6 A respectivamente. Asimismo, cada panel dispondrá de una eficiencia del 20'17 %.

2.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE

La estructura de anclaje estará fabricada con una aleación de aluminio *EN AW 6005A T6*, mientras que la tornillería será de acero inoxidable *A2-70*.

2.3. VATÍMETRO

La tensión de funcionamiento normal del vatímetro será igual a 230 V, con un rango de tensión admitido de 176-276 V. Asimismo, la corriente de funcionamiento será de 10 A, mientras que la máxima admitida será de 100 A.

2.4. MONITORIZADOR

El monitorizador tendrá un consumo pico inferior a 5 W, siendo su rango de tensión de funcionamiento admitido de 196-250 V.

2.5. INVERSOR DE RED

El inversor de red tendrá una potencia máxima recomendada igual a 4290 W y contará con una eficiencia del 97'6%. Asimismo, la tensión de funcionamiento normal será de 360 V y la intensidad máxima de cortocircuito de 16 A.

2.6. CABLE UNIFILAR

El cableado de la instalación se realizará con cable unifilar de 6 mm². Se utilizará el color rojo para los cables de corriente, y negro para la fase. Este tipo de cable está especialmente concebido para instalaciones solares fotovoltaicas y puede ser instalado a la intemperie.

2.7. CONECTORES

Los conectores empleados en la instalación admitirán una corriente nominal de 30 A.

3. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN

En este apartado se describen las normas necesarias para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación.

3.1. PANELES SOLARES

Los paneles solares empleados en la instalación tendrán una potencia máxima igual a 400 W y el fabricante garantizará que a los 10 y a los 25 años el rendimiento de estos será del 90 y del 80 % respectivamente. Todo ello según los certificados *IEC 61215 edition 2*, *IEC 61730 MCS INMETRO*, *CE CEC SALT-MIST*, *UL 1703 CSA* y *PID Resistant*, y siguiendo la norma *UNE-EN 61215*. Además, el grado de protección de las cajas de conexiones se rige por la norma *IEC 60529 Degrees of Protection*, contando con un grado de protección *IP68*.

3.2. ESTRUCTURA DE ANCLAJE

La aleación de aluminio empleada en la fabricación de la estructura de anclaje se rige por la norma *ISO 17402:2008* y la tornillería empleada se rige por la norma *DIN 933*. Además, el cálculo estructural se ha realizado siguiendo el *EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS ALUMINIO"*. Croquis, tornillería, recomendaciones e indicaciones de montaje según *ANEXO 1*.

3.3. VATÍMETRO

El vatímetro empleado se rige por la norma *UNE-EN IEC 60051-3:2021*.

3.4. MONITORIZADOR

La recogida y el análisis de datos del monitorizador se rige por la norma *UNE-EN 62974*, mientras que la monitorización del rendimiento fotovoltaico sigue la norma *UNE-EN 61724*. Además, el grado de protección sigue la norma *DIN EN 60529*, contando con un grado de protección *IP30*.

3.5. INVERSOR DE RED

Los ensayos a cumplir por los inversores en las instalaciones generadoras se rigen por la norma *UNE 217002:2020*. Además, los requisitos de conexión a la red eléctrica siguen las normas *UNE 206007-2:2014 IN* y *UNE 206007-1:2013 IN*. Asimismo, el

rendimiento global del inversor se rige por la norma *UNE-EN 50530:2011/A1:2013*. La protección cumple con la norma *IEC 60529*, contando con un grado de protección mínimo *IP30* ya que se trata de un inversor situado en el interior de un edificio y en un lugar accesible.

3.6. CABLE UNIFILAR

Todo el cableado de corriente continua será de doble aislamiento y se podrá usar a la intemperie, enterrado o al aire, siguiendo las normas *UNE 21123* y *UNE-EN 60228*. A continuación, se exponen diversas normativas extras:

- Norma de referencia: *EN 50618*, *TÜV 2 Pfg 1169-08* y *UTE C 32-50*.
- Conductor: cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible), siguiendo las normativas *UNE-EN 60228* e *IEC 60228*.
- No propagación de la llama: *UNE-EN 60332-1* e *IEC 60331-1*.
- Halógenos: *UNE-EN 60754* e *IEC 60754*.
- Baja emisión de humos: *UNE-EN 61034* e *IEC 61034*.
- Baja emisión de gases corrosivos: *UNE-EN 60754* e *IEC 60754-2*.
- Resistencia a los rayos ultravioleta: *EN 50618* y *TÜV 2Pg 1169-08*.
- Vida útil igual a 30 años: *UNE-EN 60216-2*.

3.7. CONECTORES

Los conectores escogidos cuentan con la homologación *TÜVRheinland* y la calidad se rige según la norma *IEC 62852*. El tipo de cable es *2 Pfg 1169/08.07* y cumple con la norma *EN 50618:2014*. Además, sus protecciones cumplen con la norma *IEC 60509:1989*, contando con los grados de protección *IP65* e *IP2x*.

3.8. PROTECCIONES

Las protecciones de la instalación, se regirán por las siguientes normativas:

- Cable Unifilar 6 mm² H07Z1-K (AS) Tierra: *UNE 21123* y *UNE-EN 60228*.
- Cable Manguera 3x4 mm² Libre Halógenos: diseñado según la *UNE 21123-4*.
- Cable Trenzado UTP Categoría 6: cumple con *IEC 61156-5*.
- Fusible 15A 1000VDC 10X38: *UNE-EN 60947-3:2009*
- Portafusibles 10x38 1000V: norma *IEC 60269-6*.
- MAGNETOTÉRMICO IM 2P, 6KA, 16A, C STD HYUNDAI: fabricado bajo *IEC 60898-1*.
- DIFERENCIAL ID 2P, 25A, 30mA, A STD HYUNDAI: regido por *IEC/EN 61008-1*.
- Tubo Corrugado 32 gris: construido según la *UNE-EN 61386-22*.

- Canal Blanca EFAPEL 80X40 2 m: conformada según *BS 1363-2*.
- Canal Blanca EFAPEL 80X40 Tapa Final: siguiendo la norma *BS 1363-2*.
- Canal Blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Interior: conformado según *BS 1363-2*.
- Canal blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Exterior: siguiendo la norma *BS 1363-2*.
- Canal Blanca EFAPEL 80X40 Ángulo Plano: conformado según *BS 1363-2*.
- Caja de Protecciones ICP: normativa aplicable *UNE-EN 62208* y *UNE 201003*.

3.9. PRUEBAS DE SERVICIO

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales: módulos fotovoltaicos, inversores, contadores... estos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica. De este modo, habrán obtenido el acta donde se certifica su calidad.

Durante el montaje de la instalación, el instalador deberá:

- Realizar pruebas de funcionamiento y puesta en marcha sistema a sistema.
- Realizar pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Realizar 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.
- Determinar la potencia instalada.

Una vez concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se pasará a la fase de *Recepción Provisional de la Instalación*. Para que esta acta sea válida, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida. El instalador entregará al cliente un documento en el que conste el suministro de componentes y materiales, así como manuales de uso y de mantenimiento de la instalación.
- Retirada de todo material sobrante de la obra.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
- Correcto funcionamiento de la instalación durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema.

Cuando todo lo mencionado anteriormente se cumpla, se podrá firmar el *Acta de Recepción Provisional*.

Además, el instalador estará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir, si se demuestra que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, y solucionarlos sin ningún tipo de cargo.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA DE ANCLAJE

A continuación, se detalla, mediante la ficha técnica proporcionada por el fabricante, la estructura de anclaje sobre cubierta de teja escogida para los módulos solares de la instalación.

Esta estructura puede ser sustituida por otra equivalente.

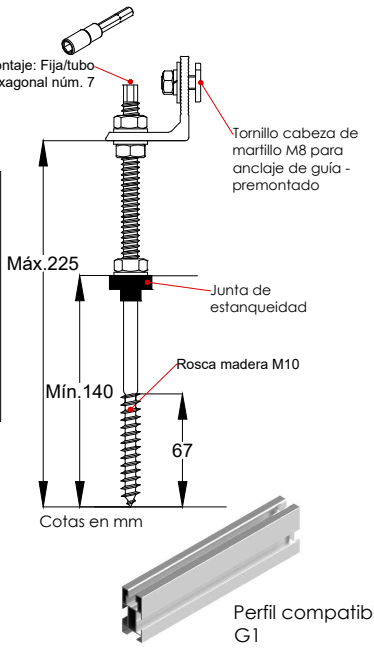
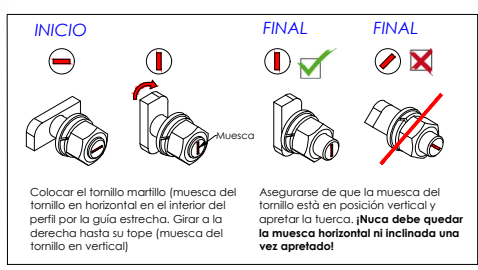
Ficha técnica

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

01V



Broca para hormigón N°12
Broca para madera N°9



- Soporte coplanar para anclaje a losa de hormigón y/o madera.
- Válido para todo tipo de tejas, excepto pizarra.
- Sin necesidad de desmontar la cubierta.
- La fijación incluye junta de estanqueidad.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 1 a 6 módulos.

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)

Materiales: Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería de acero inoxidable A2-70

Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.
Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Dos opciones:

- Para módulos de hasta **2279x1150 - Sistema Kit**
- 2279x1150 **Kit** (Ver página 2)
- Para módulos de hasta **2400x1350 - Sistema PS**
- 2400x1350 **PS** (Ver página 3)

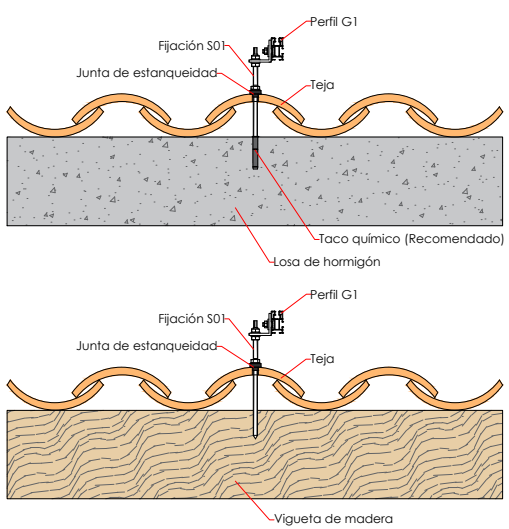
Carga de nieve: 40 kg/m²



Nota
La fijación L no se debe montar hasta haber fijado el anclaje.

*Para losa de hormigón, se recomienda utilizar taco químico

*Para anclaje a madera se recomienda un pretaladro con una broca del núm. 9



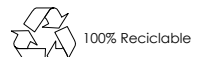
Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Velocidades de viento

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

01V

Sistema kit



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"



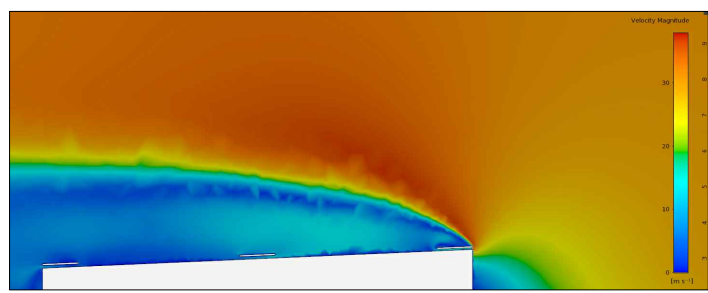
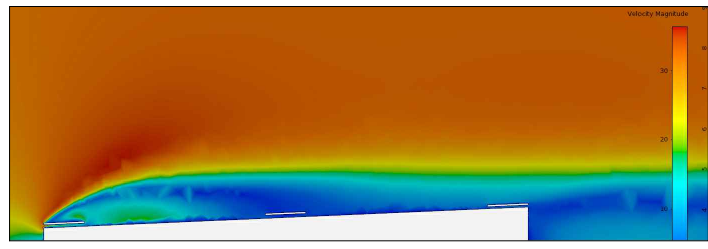
 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento							
Tamaño del módulo 	1	2	3	4	5	6	nº de módulos
2000x1000	150	150	150	150	150	150	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	150	150	150	150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO

DOCUMENTO 4 – PRESUPUESTO

TRABAJO FIN DE GRADO

Presentado por:

ALBERTO CERDÁN, JORGE

Dirigido por:

ALBEROLA SENDRA, JOAN ENRIC

Valencia, julio de 2022

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN.....	47
1.1. CONSIDERACIONES	49

1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

El cálculo del presupuesto se ha realizado mediante el método “por naturaleza”. La inversión a realizar inicialmente será de 4032'18 €, teniendo en cuenta todos los materiales a emplear durante la ejecución de la obra, la mano de obra de los especialistas eléctricos para llevarla a cabo, el trabajo realizado por el ingeniero en este proyecto y la legalización de la instalación.

1. Cuadro de Precios Elementales			
Ref.	Unidad	Descripción	Precio (€)
<u>Materiales</u>			
m1	ud.	Panel Solar PERC Monocristalino ERA 400Wp	269,37
m2	ud.	Estructura Cubierta Tejas 3 Paneles Solares con Varilla 01V	161,62
m3	ud.	Vatímetro Monofásico Growatt SPM	118,79
m4	ud.	Monitorizador Shine-Link X	23,57
m5	ud.	Inversor Red Growatt MIC 3300TL-X Monofásico	541,39
m6	m.	Cable Unifilar 6 mm ² SOLAR PV ZZ-F Rojo	2,94
m7	m.	Cable Unifilar 6 mm ² SOLAR PV ZZ-F Negro	2,94
m8	ud.	Conectores WEIDMULLER PVStick	6,56
m9	ud.	Kit de Protecciones Red 3000W 1 MPPT Monofásico	316,81
<u>Mano de Obra</u>			
mo1	h.	Ingeniero Mecánico	40
mo2	h.	Oficial 1º de Electricidad	17
mo3	h.	Ayudante Electricista	11

2. Estado de Mediciones			
Ref.	Unidad	Descripción de Partida	Cantidad
<u>Materiales</u>			
m1	ud.	Tejado de la Vivienda	6
m2	ud.	Tejado de la Vivienda	2
m3	ud.	Cuadro Eléctrico de la Vivienda	1
m4	ud.	Buhardilla	1
m5	ud.	Buhardilla	1
m6	m.	General	20
m7	m.	General	20

m8	ud.	Tejado de la Vivienda	1
m9	ud.	General	1
<u>Mano de Obra</u>			
mo1	h.	Realización del Proyecto de la Instalación	20
mo2	h.	Montaje de Paneles	2,5
mo3	h.	Montaje de Paneles	2,5
mo2	h.	Montaje del Recorrido Eléctrico	3,5
mo3	h.	Montaje del Recorrido Eléctrico	3,5

3. Valoración					
Ref.	Unidad	Descripción	Precio (€)	Cantidad	Total
<u>Materiales</u>					
m1	ud.	Panel Solar PERC Monocristalino ERA 400Wp	269,37	6	1616,22
m2	ud.	Estructura Cubierta Tejas 3 Paneles Solares con Varilla 01V	161,62	2	323,24
m3	ud.	Vatímetro Monofásico Growatt SPM	118,79	1	118,79
m4	ud.	Monitorizador Shine-Link X	23,57	1	23,57
m5	ud.	Inversor Red Growatt MIC 3300TL-X Monofásico	541,39	1	541,39
m6	m.	Cable Unifilar 6 mm ² SOLAR PV ZZ-F Rojo	2,94	20	58,8
m7	m.	Cable Unifilar 6 mm ² SOLAR PV ZZ-F Negro	2,94	20	58,8
m8	ud.	Conectores WEIDMULLER PVStick	6,56	1	6,56
m9	ud.	Kit de Protecciones Red 3000W 1 MPPT Monofásico	316,81	1	316,81
<u>Mano de Obra</u>					
mo1	h.	Ingeniero Mecánico	40	20	800
mo2	h.	Oficial 1º de Electricidad	17	6	102
mo3	h.	Ayudante Electricista	11	6	66
Total Presupuesto de Ejecución de la Instalación					4032,18

Teniendo en cuenta que el precio total del [kit alternativo](#) es de 4104'42 €, incluyendo 2470'79 € del kit, 1391'50 € de la instalación de este y 500'01 € de la legalización de la instalación, el cliente está consiguiendo un ahorro de 72'24 € en la inversión inicial.

1.1. CONSIDERACIONES

En este apartado se desarrolla el estudio económico de la instalación y se explican los aspectos considerados.

1. La **inversión inicial** es de 4032'18 € y se ha obtenido mediante presupuesto por naturaleza, como se puede observar en el apartado anterior.
2. El **coste por W_{pico} de la instalación** es de 1'68 €.

$$C_{W_{pico}} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Potencia Instalación}} = \frac{4032,18}{2400} = 1,68 \frac{\text{€}}{W_{pico}}$$

3. El **consumo anual** es de 894 kWh. Se ha calculado mediante el sumatorio de los consumos mensuales del último año en la vivienda del cliente.

$$Consumo_{Anual} = \sum_{\text{Enero}}^{\text{Diciembre}} Consumo_{Mensual} = 894 \text{ kWh}$$

4. La **producción anual** prevista es de 4653'36 kWh de acuerdo con el método explicado en el apartado 4.2 **ENERGÍA PRODUCIDA POR LA INSTALACIÓN**

$$Producción_{Anual} = \sum_{\text{Enero}}^{\text{Diciembre}} Producción_{Mensual} = 4653,36 \text{ kWh}$$

5. La **variación anual de la eficiencia**, referida a las placas, está contenida en la ficha técnica que nos proporciona el fabricante y decrece un valor de 0'8 % por año.
6. El **precio de remuneración del kWh** es de 0'05 €. Este valor hace referencia a la remuneración económica que recibe el cliente por inyectar electricidad a la red.
7. El **coste fijo anual de la factura de la luz** es de 106'33 €. Para la obtención de este valor se ha utilizado el coste de las facturas del último año del cliente y se ha supuesto que, a pesar de la existencia de la nueva instalación, el coste anual de la factura de la luz será el 25% del coste previo a la instalación.

$$C_{FF} = 0,25 * C_{TF} = 0,25 * 425,32 = 106,33 \text{ €}$$

8. El **ahorro anual en la factura de la luz** es de 191'39 €. Este valor se obtiene al suponer que la instalación puede abastecer el 60 % de la demanda energética de la vivienda. Pese a que se produce mucho más de lo que se consume en la vivienda, muchos de estos consumos se realizan durante la noche, por lo que la instalación estará presente.

$$Ahorro_{Anual} = (C_{TF} - C_{FF}) * 0,6 = 191,39 \text{ €}$$

9. Para los **gastos anuales de mantenimiento** se ha supuesto un gasto de 20 €. Este gasto se debe a una inspección anual realizada por un especialista con el fin de comprobar que todo esté correcto y no haya habido algún fallo imprevisto. Se debe encomendar el mantenimiento más simple, como la limpieza de los paneles, al cliente.

10. Con el fin de realizar un balance para conocer la rentabilidad del proyecto realizado, se ha desarrollado la siguiente tabla de cálculos:

- Para la **producción** se ha tenido en cuenta que la eficiencia de las placas disminuye con el paso de los años (como ya se ha comentado anteriormente).
- Para calcular los **kWh inyectados a red** se tendrán en cuenta los producidos anualmente y el consumo de la vivienda durante el último año.

$$I_{Red} = Producción_{Anual} - 0,6 * Consumo_{Anual}$$

Cabe recordar que el factor “0'6” viene de suponer que la instalación puede abastecer el 60% de los consumos de la vivienda.

- El **ingreso por inyección** se calcula del siguiente modo:

$$I_{€} = I_{Red} * Precio_{kWh} = [\text{ejemplo}] = 4116,96 * 0,05 = 205,85 \text{ €}$$

- El **ahorro anual total**, por su parte, proviene de la siguiente expresión:

$$Ahorro_{Anual_{Total}} = I_{€} + Ahorro_{Anual} - Coste_{Anual}_{Mantenimiento}$$

- Finalmente, el **balance anual**, parte de la inversión realizada en el momento inicial y, anualmente, se suma el ahorro anual total gracias a la instalación.

Año	Producción [kWh]	Inyectado a Red [kWh]	Ingreso por Inyección [€]	Ahorro Anual Total [€]	Balance Anual
1	4653,36	4116,96	205,85	377,24	-4032,18
2	4616,13	4079,73	203,99	375,38	-3654,94
3	4578,9	4042,5	202,13	373,52	-3279,56
4	4541,68	4005,28	200,26	371,66	-2906,04
5	4504,45	3968,05	198,4	369,8	-2534,38
6	4467,22	3930,82	196,54	367,94	-2164,58
7	4430	3893,6	194,68	366,07	-1796,65
8	4392,77	3856,37	192,82	364,21	-1430,57
9	4355,54	3819,14	190,96	362,35	-1066,36
10	4318,32	3781,92	189,1	360,49	-704,01
11	4281,09	3744,69	187,23	358,63	-343,52
12	4243,86	3707,46	185,37	356,77	15,11
13	4206,64	3670,24	183,51	354,91	371,88
14	4169,41	3633,01	181,65	353,04	726,78
15	4132,18	3595,78	179,79	351,18	1079,83
16	4094,96	3558,56	177,93	349,32	1431,01
17	4057,73	3521,33	176,07	347,46	1780,33
18	4020,5	3484,1	174,21	345,6	2127,79
19	3983,27	3446,87	172,34	343,74	2473,39
20	3946,05	3409,65	170,48	341,88	2817,13
21	3908,82	3372,42	168,62	340,02	3159,00
22	3871,59	3335,19	166,76	338,15	3499,02
23	3834,37	3297,97	164,9	336,29	3837,17
24	3797,14	3260,74	163,04	334,43	4173,47
25	3759,91	3223,51	161,18	332,57	4507,90

11. El **coste del kWh generado para los primeros 25 años** es de 0'048 €. Se ha calculado mediante el sumatorio de la producción de los primeros 25 años y el gasto realizado durante este periodo. En este gasto se tiene en cuenta la inversión inicial, el gasto de mantenimiento de la instalación y la compra de un nuevo inversor.

$$C_{kWh/25 \text{ años}} = \frac{I_{Inicial} + 25 * C_{Mant} + C_{Inversor}}{\sum_1^{25} P_{Anual}}$$