



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de Finestrat con ocupación permanente.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Lopez Crujeiras, Pablo

Tutor/a: Seguí Chilet, Salvador

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



## Índice

MEMORIA.....	3
1. Objeto del proyecto .....	3
2. Justificaciones del proyecto .....	3
2.1. Justificación Académica.....	3
2.2. Justificación Legal.....	3
3. Estudio de necesidades .....	4
3.1. Descripción e inclinación del espacio utilizable .....	4
3.2. Climatología.....	5
3.2. Previsión de consumo .....	5
4. Planteamiento de soluciones y justificación de la adoptada .....	8
4.1 Tipo de instalación .....	8
4.2 Módulo fotovoltaico.....	8
4.3 Inclinación módulos fotovoltaicos .....	10
4.5 Regulador .....	12
4.6 Baterías y grupo electrógeno .....	16
4.7 Inversor .....	21
4.8 Disposición módulos fotovoltaicos .....	22
4.9 Soportes .....	24
4.10 Cableado.....	25
4.11 Protecciones.....	29
5. Descripción detallada de la solución adoptada.....	34
6. Conclusiones.....	38
7. Referencias.....	39
8. Anexos .....	40
Anexo 1 Estudio económico.....	40
Anexo 2 Hojas técnicas.....	44
PLIEGO DE CONDICIONES.....	55
1. Objeto.....	55
2. Generalidades y normas.....	55
3. Condiciones facultativas.....	55
3.1 Obligaciones y derechos del contratista .....	55
3.2 Obligaciones y facultades del director del proyecto .....	56
4. Especificaciones técnicas .....	56



4.1 Generalidades .....	56
4.2 Paneles fotovoltaicos .....	57
4.3 Estructura de soporte.....	57
4.4 Regulador de carga.....	58
4.5 Inversor .....	58
4.6 Baterías.....	58
4.7 Grupo electrógeno .....	59
4.8 Cableado.....	59
5. Recepción y pruebas .....	59
6. Contrato de mantenimiento .....	60
6.1 Programa de mantenimiento .....	60
6.2 Garantía.....	61
7. Responsabilidades por parte del usuario.....	61
7.1 Obligaciones:.....	61
7.2 Recomendaciones: .....	62
PRESUPUESTO .....	63
1. Introducción .....	63
2. Componentes fotovoltaicos .....	63
3. Materiales eléctricos .....	63
4. Mano de obra .....	64
5. Resumen presupuesto .....	64
PLANOS.....	65
1. Plano de situación .....	65
2. Plano de emplazamiento.....	67
3. Plano cubierta .....	69
4. Plano planta baja.....	71
5. Plano Sala técnica.....	73
6. Esquema unifilar.....	75



## MEMORIA

### 1. Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene la finalidad de diseñar una instalación fotovoltaica de autoconsumo, que permita al usuario aislarse de la red eléctrica y ser autosuficiente. En este caso la instalación se sitúa en la comarca de Finestrat, zona con pocas precipitaciones y mucha exposición solar.

En el diseño de la instalación fotovoltaica se realiza en primer lugar una previsión del consumo diario que tendría la vivienda. Con intención de suplir este consumo se ha dimensionado la instalación, empezando por el cálculo del campo fotovoltaico necesario. En este caso se realiza el diseño con paneles de 540Wp, lo que supone una instalación con una potencia pico de 4,86 kW.

Además, este proyecto justifica el uso de energía renovable, en este caso fotovoltaica, que además de reducir el impacto en el planeta respecto a otras energías más contaminantes, supone un ahorro para el usuario de la vivienda, especialmente en la situación actual, en la que el precio de la energía está al alza.

### 2. Justificaciones del proyecto

#### 2.1. Justificación Académica

El presente proyecto se ha realizado con la intención de considerar la instalación del diseño realizado en una vivienda unifamiliar perteneciente a un familiar del autor, aportando de esa forma una posible solución a un problema real, tanto en los cálculos como en el diseño de los planos y de esa forma poniendo en manifiesto los conocimientos, habilidades y competencias necesarias para la finalización de los estudios en el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

#### 2.2. Justificación Legal

Dentro de las normativas vigentes según UNEF, las aplicables a las centrales fotovoltaicas sin importar el tipo de instalación son:

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



- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, donde se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Los sistemas fotovoltaicos autónomos deben cumplir un único estándar:

- **Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC (REBT)**, incluye ITC-BT-01 al 52, en particular la instrucción técnica BT-ITC-40.

En lo que respecta a la legalización, al ser sistema autónomo y de menos de 10 kW, solo es necesario realizar una Memoria Técnica de Diseño (MTD) y enviarlo junto al certificado de instalaciones eléctricas (CIE) al organismo competente.

### 3. Estudio de necesidades

#### 3.1. Descripción e inclinación del espacio utilizable

En la imagen 1 se puede observar que la vivienda está orientada de forma idónea, ya que dos partes importantes del tejado están orientados hacia el sur, con un mínimo azimut.

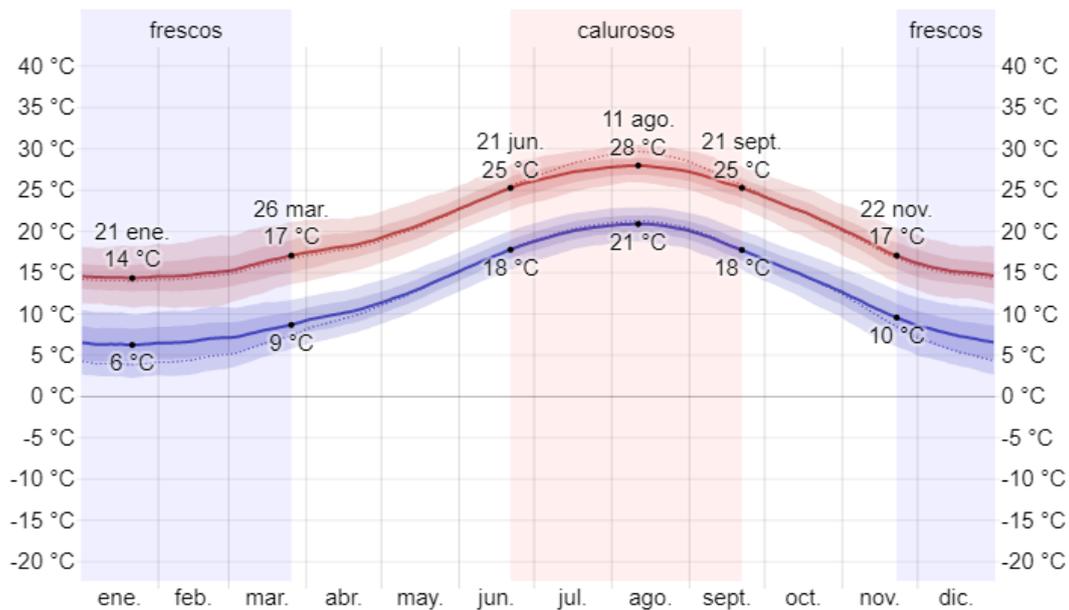


ILUSTRACIÓN 1 VISTA AÉREA DE LA VIVIENDA OBTENIDA DE GOOGLE MAPS

No tiene ningún obstáculo que produzca sombras, por lo que la parte sur del tejado recibirá luz solar durante todo el día. El tejado tiene una inclinación de  $30^\circ$ , y una superficie utilizable para la instalación de  $8,2 \times 6,5$ m parte oeste, y de  $6,93 \times 10$ m la parte este.

### 3.2. Climatología

Para el desarrollo del diseño, se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas que se pueden encontrar en la ubicación donde se diseña la instalación.



**GRÁFICA 1 TEMPERATURAS MENSUALES MEDIAS EN FINESTRAT, SEGÚN WEATHERSPARK.COM**

En la gráfica 1 se puede observar que la temperatura en Finestrat durante el transcurso de todo el año se encuentra entre 6°C y 28°C y también que rara vez baja a menos de 2°C o sube más de 30°C.

ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
4d	3,6d	3,7d	4,3d	3,6d	1,9d	0,8d	1,4d	3,8d	5,5d	5,3d	4,3d

**TABLA 1 MEDIA DE DÍAS CON PRECIPITACIONES AL MES**

En la tabla anterior, se encuentran los días de cada mes en los que se producen precipitaciones de al menos 1 milímetro de precipitación. Como se puede observar, el mes con más lluvias del año es octubre, con un promedio de 5,5 días, seguido por noviembre, con 5,3 días.

### 3.2. Previsión de consumo

La previsión del consumo que va a tener la vivienda es un punto importante en el proyecto, ya que la instalación debe suplir el completo consumo de la vivienda, por lo que las dimensiones y potencia de la central a instalar dependerán de dicho consumo, especificado en las siguientes tablas.



CONSUMO DIARIO	POTENCIA NOMINAL (W)	CANTIDAD	POTENCIA NOMINAL TOTAL (W)	tiempo de uso medio (h)	consumo diario (kWh)
Horno eléctrico	1.300	1	1.300	0,5	0,65
Microondas	900	1	900	0,25	0,225
Nevera	50	1	50	20,0	1
Maquina café	100	1	100	0,15	0,015
Ordenadores	200	2	400	6,0	2,4
Aire acondicionado (calor)	750	1	750	*1	tabla 3
Aire acondicionado (frio)	770	1	770	*1	tabla 3
Lavadora	*2				0,19
Termo eléctrico	1.500	1	1.500	2,0	3
Televisión	130	1	130	2,0	0,26
Bombillas led	9	12	108	2,0	0,216
Downlights leds baños	18	2	36	3,0	0,108
Lámparas flexos	15	3	45	8,0	0,36
Enchufes	10	4	40	5,0	0,2
<b>Total</b>					<b>8,624</b>

\*1 El consumo del aire acondicionado varía según el mes, ya que se usa más en los meses de verano e invierno.

\*2 El consumo de la lavadora depende del programa, en este caso es una lavadora clase B, y se considera el uso del programa ECO 40-60 con un consumo de 0,571 kWh con un uso cada 3 días de media.

## TABLA 2 CONSUMO DIARIO DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS

En la tabla 2 se puede observar el consumo que cada uno de los electrodomésticos de la vivienda, producen de media cualquier día del año.

La excepción, como se indica en la tabla, es el aire acondicionado, ya que las horas de uso no son las mismas todos los meses del año, si no que dependerá de la temperatura.

Por ello, en base a la temperatura que se estima en cada mes, se establecen las horas de funcionamiento del electrodoméstico para cada mes y según el consumo que produce en modo calor o modo frío.



CONSUMO AIRE ACONDICIONADO	USO CALOR (h)	USO FRIO (h)	Consumo (kWh)
ENERO	6	0	4,5
FEBRERO	6	0	4,5
MARZO	4	0	3
ABRIL	3	0	2,25
MAYO	0	0	0
JUNIO	0	3	2,31
JULIO	0	5	3,85
AGOSTO	0	6	4,62
SEPTIEMBRE	0	1	0,77
OCTUBRE	1	0	0,75
NOVIEMBRE	2	0	1,5
DICIEMBRE	5	0	3,8

**TABLA 3 CONSUMO DIARIO DEL AIRE ACONDICIONADO**

Como se puede observar en la tabla 3, el consumo previsto es mayor en los meses de altas y bajas temperaturas. Juntando ambas tablas se puede obtener el consumo diario promedio según el mes, que se usará en los próximos apartados para dimensionar la instalación.

MES	CONSUMO DIARIO (kWh)
ENERO	13,124
FEBRERO	13,124
MARZO	11,624
ABRIL	10,874
MAYO	8,624
JUNIO	10,934
JULIO	12,474
AGOSTO	13,244
SEPTIEMBRE	9,394
OCTUBRE	9,374
NOVIEMBRE	10,124
DICIEMBRE	12,374

**TABLA 4 CONSUMO DIARIO PROMEDIO SEGÚN EL MES**



## 4. Planteamiento de soluciones y justificación de la adoptada

En este apartado se procede al estudio de varias alternativas a tener en cuenta en diferentes puntos del diseño. Se establecen unos criterios de selección, así como los procedimientos y cálculos que se puedan considerar necesarios para la justificación de la solución adoptada en cada caso.

### 4.1 Tipo de instalación

Existen dos tipos de instalación, conectada a red o aislada.

- **Criterios**

Especificación del cliente: El cliente quiere una desconexión total con la red eléctrica. Tiene el objetivo de reducir la dependencia de terceros y buscar la sostenibilidad de la vivienda, además de tener el menor contacto posible con las compañías eléctricas y de reducir el consumo de energías no renovables.

- **Solución adoptada**

Instalación aislada. Respecto a reducir el consumo de energías no renovables, con ambas opciones se puede cumplir el criterio ya que con conexión a red se puede contratar con la compañía eléctrica exclusividad de suministro renovable. Sin embargo, la instalación aislada es obviamente la opción correcta para cumplir con el encargo del cliente ya que uno de los criterios supone aislarse completamente de la red.

### 4.2 Módulo fotovoltaico

Existen principalmente dos tipos de placas, monocristalinas y policristalinas, con multitud de marcas y modelos de módulos fotovoltaicos de cada tipo.

- **Criterios de selección**

Los principales criterios que se pueden tener en cuenta a la hora de elegir qué modelo de panel utilizar, son la potencia, la eficiencia, el precio, la resistencia a las condiciones climatológicas, y el tamaño.

Teniendo en cuenta los datos recopilados en el apartado 3.2 Climatología, las temperaturas a las que se va a exponer los paneles no son ni muy altas ni muy bajas, por lo que no se buscan requisitos especiales en las características de los paneles en cuanto a temperatura, ni se prevé exposición a nieve en ningún momento del año.

Adicionalmente, se estima que el tamaño del tejado donde se van a colocar los paneles es más que suficiente para suplir el consumo especificado, por lo que el tamaño de los paneles no se va a tener en cuenta en este punto. Sin embargo, en caso de exceder el espacio de instalación, se debe de considerar un rediseño teniendo en cuenta dicho tamaño como condición, y en caso de seguir siendo insuficiente y como última opción, habilitar parte del terreno de la vivienda con dicho fin.

Resumiendo, los criterios a tener en cuenta para la elección del modelo son la eficiencia y el precio por kW, ya que ambos datos contribuyen a reducir tanto la cantidad de módulos necesarios como el precio de la instalación.

- **Solución adoptada**

En la siguiente tabla comparamos los modelos de placas de diversas marcas:

MODELOS	EMPRESA	POT (W)	EFICIENCIA (%)	PRECIO (€)	PRECIO €/Kw
JA Solar 450W 24V Perc	JA Solar	250	20,20	210,89	0,844
HTM570-590MH5-78	HAITAI SOLAR	590	21,12	263,95	0,447
ESPMC 280W	ERA SOLAR	280	17,20	137,26	0,490
RISEN 540W	Risen Energy Co.	540	20,7	229	0,424
LG360Q1C-A5	LG NEON	360	20,80	296	0,822
SunForte PM096B00	AUO	330	20,3	267	0,809
JKM315M-72	JINKO	315	16,00	165	0,524
LR4-72HPH-450MR MONO PERC	LONGI SOLAR	450	20,7	212,83	0,473
Tallmax TSM-PE15H	Trina solar	340	16,70	149	0,438
TP672P-330W	Talesun	330	16,7	315,8	0,957
330W A-330M ATERSA GS	Atersa	330	19,78	147,9	0,448

**TABLA 5 COMPARATIVA PANELES SOLARES**

Se ha resaltado en verde las celdas con los valores más significativos. Entre los paneles más baratos y los que más eficiencia tienen, hay dos que coinciden en ambos criterios, siendo uno ligeramente inferior en ambos criterios. Entre ambos paneles hay una diferencia mayor en el precio que en la eficiencia.

Finalmente, el panel solar a utilizar en el diseño es el Risen 540W, del que podemos ver la hoja de datos en el anexo 2.

A continuación, se muestra una imagen con los datos técnicos más relevantes.



### ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	535	540	545	550	555
Open Circuit Voltage-Voc(V)	37.58	37.78	38.02	38.24	38.46
Short Circuit Current-Isc(A)	18.13	18.18	18.23	18.28	18.33
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	31.26	31.46	31.66	31.86	32.06
Maximum Power Current-Impp(A)	17.12	17.17	17.22	17.27	17.32
Module Efficiency (%) ★	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

★ Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

### ILUSTRACIÓN 2 DATOS TÉCNICOS RELEVANTES DEL PANEL SOLAR

## 4.3 Inclinación módulos fotovoltaicos

La orientación de las placas es un factor que considerar, ya que la irradiación captada por éstas varía según el ángulo con el que se coloquen, y, por consiguiente, la eficiencia de estas y la cantidad de placas que habría que colocar para alcanzar la potencia deseada.

Partiendo de la base de que el tejado del que se dispone en la vivienda cuenta con una inclinación de 30°. Se procede a comparar la irradiación en diferentes ángulos para encontrar la solución óptima.

- **Criterios de selección**

Para seleccionar la inclinación de las placas compararemos la irradiación solar que recibirán los paneles según el ángulo de inclinación de estos.

Además, también se debe tener en cuenta que el consumo no es el mismo todos los meses, por lo que se calculará y comparará el Cmd obtenido para cada mes en cada inclinación a tener en cuenta y se instalará finalmente con la inclinación cuyo coeficiente más desfavorable (Cmd) sea menor.

- **Solución adoptada**

Para calcular el coeficiente más desfavorable se necesita el consumo diario, así como la radiación solar que se desea comparar. El consumo diario se puede obtener de la tabla 4 en el apartado 3.2, mientras que la radiación solar se obtiene de la web PVGIS resultando en la tabla de a continuación:



Irradiación diaria	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Enero	3,59	3,75	3,89	4,00	4,08	4,14	4,17
Febrero	3,84	3,94	4,01	4,06	4,09	4,09	4,07
Marzo	4,82	4,86	4,87	5,11	4,81	4,74	4,64
Abril	5,44	5,40	5,32	5,21	5,07	4,91	4,72
Mayo	5,69	5,57	5,42	5,24	5,03	4,80	4,54
Junio	6,63	6,43	6,20	5,93	5,64	5,31	4,96
Julio	6,76	6,57	6,37	6,13	5,85	5,54	5,20
Agosto	6,67	6,57	6,44	6,28	6,08	5,84	5,56
Septiembre	5,55	5,17	5,15	5,10	5,01	4,90	4,76
Octubre	4,32	4,42	4,48	4,52	4,53	4,51	4,47
Noviembre	3,58	3,71	3,83	3,91	3,98	4,01	4,02
Diciembre	3,19	3,33	3,46	3,55	3,63	3,68	3,71

**TABLA 6 IRRADIACIÓN SOLAR EN LA LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA SEGÚN PVGIS**

Con ambos datos, la tabla de irradiación solar y el consumo diario, se extrae la tabla comparativa con el Cmd usando la siguiente ecuación:

$$Cmd = \frac{\text{Consumo diario } \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)}{\text{Radiación diaria } \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)} \quad (1)$$

Siendo:

- *Consumo diario*  $\left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)$ : Consumo diario previsto medido en kWh.
- *Radiación diaria*  $\left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)$ : Radiación del sol recibida según el ángulo.

Resultando en la siguiente tabla:

Cmd	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Enero	3,654	3,499	3,377	3,284	3,217	3,173	3,150
Febrero	3,421	3,334	3,272	3,231	3,210	3,209	3,228
Marzo	2,414	2,393	2,386	2,275	2,414	2,451	2,504
abril	1,997	2,015	2,044	2,087	2,143	2,216	2,306
Mayo	1,516	1,549	1,592	1,647	1,715	1,797	1,899
junio	1,649	1,700	1,765	1,844	1,939	2,058	2,206
julio	1,845	1,898	1,958	2,035	2,132	2,252	2,400
agosto	1,987	2,015	2,055	2,109	2,179	2,268	2,381
septiembre	1,694	1,817	1,825	1,843	1,874	1,916	1,974
octubre	2,168	2,122	2,091	2,073	2,068	2,077	2,098
noviembre	2,828	2,726	2,646	2,587	2,546	2,522	2,515
diciembre	3,878	3,713	3,576	3,482	3,409	3,360	3,333

**TABLA 7 CMD SEGÚN EL ÁNGULO DE LOS PANELES**



En la tabla se puede observar que el caso peor en todos los ángulos considerados es en diciembre, y de entre todos los ángulos el caso en el que en diciembre se tiene un menor Cmd es en la posición de 60°.

Se descarta el uso de una doble inclinación en los paneles, así como de instalar un sistema de seguimiento solar, debido a que, como se ha comentado, el Cmd mayor se produce en diciembre para todas las inclinaciones consideradas, por lo que realizarlo no solo no supondría la disminución del número de paneles usados, si no que añadiría mayor coste de instalación y necesidad de mayor mantenimiento.

Por lo tanto, la inclinación adecuada para el diseño es de 60°.

## 4.5 Regulador

El regulador se encarga de controlar el flujo de corriente que va de los paneles fotovoltaicos a las baterías. Si las baterías se encuentran totalmente cargadas, corta el paso de corriente para evitar sobrecargas o sobrecalentamientos, por lo que cuida el estado de estas, evitando su deterioro y su sobrecarga, además de poder proporcionar algo de información sobre su estado.

### 4.5.1 Tipo de regulador

Existen dos tipos de reguladores, el PWM o convencional y el MPPT o maximizador.

Los reguladores PWM tienen un precio muy inferior a los MPPT, sin embargo, solo pueden ser utilizados en los casos donde la tensión de las placas solares es la misma que el de las baterías, es decir, solo pueden trabajar con placas de 36 y 72 células es decir, 12 y 24 V, ya que el uso de otras configuraciones como 60 o 110 células que solo generan un voltaje de 29 – 31 voltios puede llevar a provocar en las baterías un estrés que afectará a su vida útil reduciéndose incluso a la mitad o menos (Damia Solar, 2015).

Por el contrario, el regulador MPPT hace de conversor CC-CC permitiendo el uso de paneles con tensión diferentes a las anteriormente indicadas. Esto limita la instalación al uso de reguladores MPPT ya que el panel solar elegido para la instalación tiene una tensión nominal de 31 V (110 células).

Además, los reguladores MPPT tienen una eficacia mayor, ya que permiten alcanzar el punto de máxima potencia del panel el mayor tiempo posible, consiguiendo un rendimiento mayor. Adicionalmente, al trabajar con mayor nivel de tensión se reduce las caídas de tensión en el cableado.

Por estos motivos, a pesar del precio superior, se debe usar un regulador MPPT para la instalación.



#### 4.5.2 Marca del regulador

En lo que respecta a la marca, se elige la marca Victron por los siguientes motivos:

Victron Energy es considerada líder mundial en electrónica de potencia, y se ha hecho conocido por la fiabilidad, calidad y amplia gama de los reguladores de carga solar MPPT.

Todos los modelos de reguladores tienen incluido o se puede añadir pantalla LCD y conexión Bluetooth para el móvil.

Según la hoja de datos, presenta una mejora en la recogida de energía hasta un 10% respecto a controladores MPPT más lentos, especialmente en cielos nublosos, debido al controlador MPPT de respuesta ultrarrápida,

Además, muestra una detección avanzada del punto de máxima potencia. En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Mientras que los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local. El algoritmo de SmartSolar selecciona el MPP óptimo, maximizando así la recogida de energía.

También, aunque en el análisis de la climatología no se prevé temperaturas extremas, presenta una protección de sobre temperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Por último, dispone de protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV, así como la protección de corriente inversa, lo cual es importante para la protección del equipo y de la instalación.

#### 4.5.3 Modelo regulador

En una instalación fotovoltaica puede variar tanto el número de reguladores como las características técnicas de estos según las necesidades y características de la instalación. Entre estas características se encuentran la tensión y corriente máximas de entrada, en este punto se compara entre las diferentes configuraciones típicas de estas.

Además, el uso de varios reguladores requiere un uso del espacio de la vivienda lo que supone una desventaja, por ello se tiene en cuenta únicamente configuraciones que permitan el uso de un único regulador.

- **Criterios de selección**

La tensión máxima de entrada debe ser siempre superior a la de los módulos, nunca inferior, ya que podría suponer la rotura del equipo. Mientras que sobrepasar la potencia en exceso supone un sobredimensionamiento innecesario. También, por recomendación de la IDAE, el regulador debe ser capaz de aguantar un 25% más de la intensidad de cortocircuito.

También se debe tener en cuenta la distribución de los paneles solares, de forma que, cumpliendo el último punto comentado, se sobredimensione la instalación lo menos posible.



Concluyendo, los criterios para tener en cuenta son la corriente de entrada, que admita el número mínimo de paneles que debe tener la instalación y la potencia de entrada.

- **Solución adoptada**

Para ver las configuraciones posibles, se comienza con los valores típicos de tensión máxima de entrada que se prevé son más adecuados, y a continuación se calcula el número máximo de paneles que admite en serie:

$$N_{p\_sr} = \frac{V_n}{V_{e\_reg}} \quad (2)$$

Siendo:

- $V_{e\_reg}$ : Tensión máxima de entrada que admite el regulador.
- $V_n$ : Tensión pico o tensión de vacío del panel fotovoltaico, tomando el más restrictivo.
- $N_{p\_sr}$ : Número máximo de paneles en serie que admite el regulador.

En base al resultado, se calcula la tensión en el punto de máxima potencia:

$$V_{mp} = V_p * N_{p\_sr} \quad (3)$$

Siendo:

- $V_{mp}$ : Tensión en el punto de máxima potencia
- $V_p$ : Tensión pico del panel fotovoltaico.
- $N_{p\_sr}$ : Número máximo de paneles en serie que admite el regulador.

Para el cálculo del número de líneas en paralelo se deberá calcular el Cmd en amperios de consumo, a partir la tensión de máxima potencia calculada. Se calcula directamente a partir del Cmd calculado en el apartado 4.3, mediante la siguiente fórmula:

$$Cmd\left(\frac{Ah \cdot m^2}{kWh}\right) = \frac{Cmd\left(\frac{kWh \cdot m^2}{kWh}\right)}{\eta_{inversor} \cdot V_{mp}} \quad (4)$$

Siendo:

- $V_{mp}$ : Tensión en el punto de máxima potencia.
- $Cmd$ : Coeficiente más desfavorable, extraído de la tabla 7.
- $\eta_{inversor}$ : Rendimiento del inversor; 0,9.

A continuación, se debe calcular el número de líneas en paralelo necesarias.

$$\text{Líneas en paralelo} = \frac{K_s \cdot Cmd\left(\frac{Ah \cdot m^2}{kWh}\right)}{I_{p-p}} \quad (5)$$



Siendo:

- $Cmd(\frac{Ah \cdot m^2}{kWh})$ : Coeficiente más desfavorable calculado previamente.
- $K_s$ : Coeficiente de sobredimensionamiento.
- $I_{p,p}$ : Corriente máxima de los paneles fotovoltaicos.

De entre los modelos posibles, los que tienen como tensión de entrada máxima 75 y 100 no son aptos para alimentar baterías de 48 V. Quedando de la siguiente forma:

V max C Abierto(V)	150	250	450
V max Fv (V)	145	245	450
N.º paneles serie CA	3	6	11
N.º paneles serie FV	4	7	14
Vmp	94,38	188,76	346,06
Cmd	39,24	19,62	10,70
N.º líneas paralelo min	3	2	1
N.º total paneles	9	12	11

**TABLA 8 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN SEGÚN LA TENSIÓN DE ENTRADA DEL REGULADOR**

En la tabla superior, se puede observar en la última fila el número de paneles fotovoltaicos necesarios para cumplir con los criterios de la instalación. Como se puede contemplar, la opción óptima es con el regulador de 150 V máximos de entrada, resultando en una instalación con 3 líneas en paralelo y 3 paneles en cada línea. Es decir, un total de 9 paneles, lo que supone una potencia de 4.860 kW.

A continuación, se comparan los reguladores con dicha tensión, en base a la potencia FV nominal de estos.

Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	

**ILUSTRACIÓN 3 DATOS TÉCNICOS DEL REGULADOR**

La potencia FV nominal mostrada en la imagen superior es la potencia máxima que captará de los paneles, si se conecta más potencia, el controlador limitará la entrada de potencia. Por ello, para no limitar la potencia captada de los paneles se escoge el



regulador con la potencia inmediatamente superior. La tensión de la instalación debe ser de 48 V, ya que, para suplir con la potencia necesaria de la instalación, es la que permite una mayor potencia a la salida del regulador, y en caso de elegir una tensión menor, se debería disponer de un regulador de más alta gama o de varios reguladores. Se escoge el regulador de 150/85, ya que es el que cumple todos los criterios con el mínimo sobredimensionamiento.

Se comprueba que el regulador cumple la recomendación de la IDAE de tener una corriente de entrada que sobrepase un 25% la corriente de cortocircuito de los generadores fotovoltaicos. Para ello se calcula la corriente mínima que este debe tener:

$$I_{e\_reg} = I_{sc} \cdot N_{lp} \cdot 1,25 \quad (6)$$

Siendo:

- $I_{e\_reg}$ : Corriente máxima que admite el regulador.
- $I_{sc}$ : Corriente de cortocircuito de los generadores fotovoltaicos.
- $N_{lp}$ : Numero de líneas en paralelo que tiene la instalación.

Resultando en 68,17 A, por lo que al ser menor que la corriente de entrada del regulador elegido, se cumple con la recomendación de la IDEA.

La marca del regulador dispone de una calculadora online que introduciendo los datos de la instalación muestra los reguladores recomendados. Comprobando los resultados conseguidos con las recomendaciones otorgadas por la marca, coincide en los dos casos las mismas características calculadas, de 150/85 de entrada.

Por lo tanto, el regulador requerido para la instalación es el Victron SmartSolar MPPT 150/85 – Tt, con la hoja de datos adjunta en el anexo 2.

## 4.6 Baterías y grupo electrógeno

En este apartado se evalúan dos alternativas, una es el único uso de baterías para mantener la instalación, y otra combinar el uso de baterías con un grupo electrógeno que funcionará cuando las baterías estén descargadas. Además, se calcula también el número de baterías necesario para la instalación.

Adicionalmente, también se elige el tipo de baterías más adecuado para cada caso.

La tensión de las baterías se ha fijado a 48 V con la elección del regulador.



- **Criterios de selección**

En primer lugar, se va a tener en cuenta solo las baterías que no requieren de mantenimiento, por lo que se descartan las baterías de electrolito líquido, ya que se debe comprobar los niveles de ácido periódicamente.

También se descartan las baterías AGM, ya que estas son más adecuadas para ciclos de descarga cortos, son más adecuadas para aplicaciones como caravanas, ya que no ocupan mucho espacio y pueden utilizarse como batería de arranque. Al igual pasa con las baterías de Gel ya que estas tienen las mismas características con la diferencia de que estas tienen más ciclos de vida.

Ya que las baterías suponen generalmente una parte importante del coste de la instalación, pudiendo llegar a ser incluso más de la mitad del coste, el precio será uno de los criterios principales.

Además, con el precio se debe evaluar no solo el gasto inicial, si no el precio de estas a lo largo del tiempo, ya que será necesario sustituirlas cada cierto año, por ello se evaluará el coste a 25 años.

El ultimo y no menos importante criterio que se debe cumplir es el tamaño que ocupan las baterías, ya que se dispone de un espacio limitado para estas.

Por ello se debe realizar una comparativa entre los diferentes tipos de baterías comentados.

En lo que respecta a los días de autonomía, se decide en base al precio de ambas opciones, además de evaluar la situación teniendo en cuenta la probabilidad de que se descarguen las baterías.

#### **4.6.1 Cálculo baterías sin grupo electrógeno**

Las baterías o acumuladores nos permiten almacenar la energía producida por nuestra instalación fotovoltaica durante las horas de luz o de máxima producción de energía, y distribuirla a la red eléctrica de la vivienda durante el resto del tiempo.

Existen varios tipos de batería solar según la tecnología con la que están fabricadas, entre los que se encuentran baterías de plomo ácido abierto, baterías AGM, baterías estacionarias (que se dividen entre baterías de electrolito absorbido y baterías de electrolito líquido), y baterías de litio.

Se debe tener en cuenta en primer lugar los días de autonomía que se desea que tenga la instalación. En la tabla 1 del apartado de climatología se puede observar que las precipitaciones son escasas. Sin embargo, al no usar grupo electrógeno, la descarga de las baterías equivale a quedarse sin luz en la vivienda. Por ello se va a considerar 4 días de autonomía en el mes de octubre, al ser este el mes con la media de precipitaciones y nubosidad más alta.

Respecto al cálculo del número de baterías, el primer paso es el cálculo de los Ah que deberán aportar las baterías, para ello usamos la siguiente fórmula:



$$Ah_{bat} = \frac{\text{Consumo diario}(Ah) \cdot D_{ac} \cdot Fca}{DOD} \quad (7)$$

Siendo:

- $Ah_{bat}$ : Consumo que deberán proporcionar las baterías.
- $\text{Consumo diario}(Ah)$ : Consumo que deberán aportar las baterías, obtenido de la tabla 4 del apartado 3.2 y un rendimiento del inversor de 0,9. Previsión de consumo, 216,991 Ah
- $D_{ac}$ : Días de autoconsumo, 4 días, explicado previamente en este apartado.
- $Fca$ : Factor de corrección anual, para compensar el desgaste de las baterías.
- $DOD$ : Profundidad de descarga.

Aplicando la fórmula a las baterías que se desean comparar:

	Plomo abierto	OPzV	OpzV	Litio	Litio
DOD	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Tensión batería	12	2	12	12	48
Ah batería	250	393	1450	100	52
Precio (€)	291	215,25	3304	545,35	963,81
Fda	1,2	1,15	1,15	1,05	1,05
Ah Consumo	1301,94	1247,70	1247,70	1012,62	1012,62
Nº baterías paralelo	6,000	4,000	1,000	11,000	20,000
Nº baterías serie	4	24	4	4	1
Nº baterías total	24,00	96,00	4,00	44,00	20,00
precio total (€)	6.987,84	20.664,00	13.216,00	23.995,40	19.276,20
Duración (años)	5	15	15	25	25
Coste en 25 años (€)	34939,20	34440,00	22026,67	23995,40	19276,20

TABLA 9 COMPARATIVA TIPO DE BATERÍAS PARA 4 DÍAS DE AUTONOMÍA

Como se puede observar en la tabla, la opción más económica son las baterías de plomo ácido abierto, sin embargo, al observar el coste a lo largo de 25 años, la opción más económica son las baterías de litio.

Además, las baterías de plomo tienen un tiempo de vida corto, lo que significa que cada 5 años habría que cambiarlas y volver a invertir en la instalación. Si se tiene en cuenta la inflación de la moneda, así como la actual subida de precios, esto supondría también un exceso de costes respecto al calculado.



#### 4.6.2 Cálculo baterías con grupo electrógeno

En este caso, se van a considerar los mismos tipos de baterías que en el apartado anterior, con la diferencia de que, en vez de 4 días de autonomía, se consideran solo 2 días, ya que, en caso de que se descarguen las baterías, se encendería el grupo electrógeno, que estaría tanto alimentando el consumo de la instalación como cargando las baterías.

De igual forma que en el apartado anterior, se calculan los Ah que deben tener las baterías mediante la ecuación 7, esta vez con 2 días en vez de 4, y se cumplimenta la tabla comparativa.

	Plomo abierto	OPzV	OpzV	Litio	Litio
DOD	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9
Tensión batería	12	2	12	12	48
Ah batería	250	393	1450	100	52
Precio (€)	291	215,25	3304	545,35	963,81
Fda	1,2	1,15	1,15	1,05	1,05
Ah Consumo	650,97	623,85	623,85	506,31	506,31
Nº baterías paralelo	3	2	1	6	10
Nº baterías serie	4	24	4	4	1
Nº baterías total	12,00	48,00	4,00	24,00	10,00
precio total (€)	3.493,92	10.332,00	13.216,00	13.088,40	9.638,10
Duración (años)	5	15	15	25	25
Coste en 25 años (€)	17469,60	17220,00	22026,67	13088,40	9638,10

TABLA 10 COMPARATIVA TIPOS DE BATERÍAS PARA 2 DÍAS DE AUTONOMÍA

De forma aún más notoria que en el apartado anterior, el tipo de batería más adecuado para este proyecto es la batería de litio de 48V, al ser con diferencia la que resulta siendo más barata a lo largo de los 25 años, además de las mismas ventajas nombradas en el apartado anterior.

#### 4.6.3 Cálculo grupo electrógeno

Para el cálculo de la potencia del grupo electrógeno hay que tener en cuenta dos potencias:

- La potencia máxima que pueda reclamar el inversor, ya que el grupo electrógeno deberá suministrar toda la energía de la vivienda, siendo la potencia de la vivienda actual 3,44 kW, el inversor a elegir en el siguiente apartado será de 4kW, al ser el valor típico inmediatamente superior.



- La potencia de carga de las baterías, que corresponderá con el 10% de la potencia total de estas, siempre y cuando el 10% sea menor a un 35% de la potencia del generador, en caso contrario se deberá ampliar la potencia para cumplir este requisito.

Por lo tanto:

$$P_{total} = P_{inversor} + P_{carga} \quad (8)$$

Siendo:

- Potencia del inversor: 4000 W
- Potencia carga baterías:  $P_{carga} = 10 \cdot 48V \cdot 52A \cdot 0.1 = 2496 W$

Por lo que la potencia mínima del grupo debido a la suma de potencias deberá ser 6496W.

Que comprobando la condición del 35% con la siguiente ecuación:

$$P_{total} > \frac{P_{carga}}{0.35} \quad (9)$$

Obtenemos un valor mínimo del generador del 7131.43 W, que resulta en el valor determinante al ser más restrictivo que la condición anterior, por lo que este es el valor mínimo que debe tener el grupo electrógeno.

Con estas características se elige el generador eléctrico monofásico con una potencia ligeramente superior, de 7,8kW, concretamente el modelo BullMach AMBRA 12000 E, de gasolina, con un panel de arranque automático. Dispone de ruedas que facilitan su transporte y de arranque eléctrico.

#### 4.6.4 Resultado Baterías

	Elementos	Coste ud	Coste total
4 días de autonomía	20 baterías	963,81 €	19.276,20 €
2 días de autonomía	10 baterías	963,81 €	10.632,80 €
	Grupo electrógeno	994,70 €	

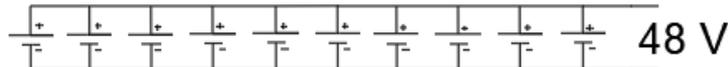
TABLA 11 COMPARATIVA DE COSTE SEGÚN LOS DÍAS DE AUTONOMÍA

Como se puede observar en la tabla, la diferencia es casi el doble entre ambas opciones. Ya que en el proyecto se busca la rentabilidad de la instalación, y debido a que la mayor



parte del coste de la instalación radica en las baterías, se elige la segunda opción ya que a pesar de que el grupo electrógeno requiere también el coste de la gasolina, ya que está pensado para que su uso sea muy puntual en momentos muy concretos del año y no supone un coste excesivo, además de las otras ventajas explicadas anteriormente.

Por ello se decide que la mejor alternativa es dimensionar las baterías con 2 días de autonomía, es decir, 10 baterías de Litio de 48V y 52A y añadir el grupo electrógeno de 7,8kW como elemento auxiliar.



#### ILUSTRACIÓN 4 ESQUEMÁTICO DEL MONTAJE DE LAS BATERÍAS

Como se puede observar en la imagen, al ser la tensión de la instalación de 48V, al igual que la tensión de una sola de las baterías, por lo que, para conseguir la capacidad necesaria, tal como se calcula en la tabla 10, se debe instalar las 10 baterías en paralelo.

### 4.7 Inversor

El inversor es la parte de la instalación encargada de transformar la energía en corriente continua producida por los paneles fotovoltaicos que se almacenan en las baterías a la corriente alterna que se necesita para el funcionamiento de la vivienda.

Dimensionar correctamente el inversor es una parte importante de la instalación, ya que, en caso de estar mal dimensionado, puede alterar el funcionamiento de toda la instalación no pudiendo proporcionar la energía que exige el consumo de la vivienda.

- **Criterios de selección**

El inversor debe tener una potencia mayor a la potencia pico que la de la vivienda, ya que en caso contrario no podrá proporcionar la suficiente energía dejando sin suministro a la vivienda, e incluso en caso de fallar las protecciones, pudiendo producir una avería en la instalación.

El segundo criterio, sería el precio del inversor, que deberá ser el mínimo posible, así como características adicionales que estos puedan aportar.

Además, debe ser un inversor cargador, ya que como se ha visto en el apartado anterior se conectará un grupo electrógeno.



- **Solución adoptada**

Como se ha comentado en el apartado 4.6.3, la vivienda dispone de una potencia contratada de 3,45 kW, por lo que se elige para el inversor una potencia inmediatamente superior de 4 kW.

Adicionalmente, como se ha comentado en los criterios, debe ser un inversor-cargador, ya que en caso de descarga de las baterías por debajo del mínimo requerido se encargará de poner en funcionamiento automáticamente el grupo electrógeno, y funciona también como cargador para las baterías en caso de necesitarlo.

Por todo ello se emplea el inversor Victron Multiplus 48 V 5000VA

MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
<b>PowerControl</b>		<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
<b>PowerAssist</b>		<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
<b>Conmutador de transferencia (A)</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>16 6 50</b>	<b>100</b>
<b>INVERSOR</b>							
Rango de tensión de entrada (VCC)		9,5 – 17V		19 – 33V	38 – 66V		
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2%			Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	700	1000	1300	1600	2400	4000	
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	650	900	1200	1400	2200	3700	
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	400	600	800	1000	1700	3000	
Pico de potencia (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10,000	
Eficacia máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Consumo en vacío (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	

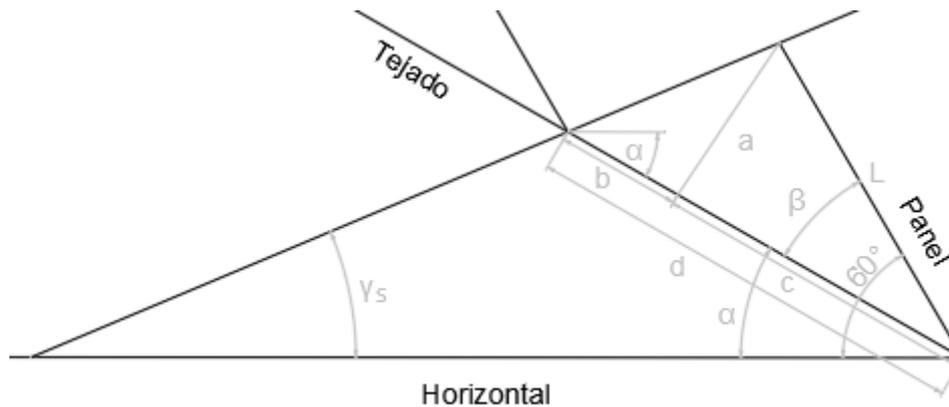
**TABLA 12 DATOS RELEVANTES SOBRE EL INVERSOR**

En la tabla superior se pueden observar algunas de las características del inversor. Además, tiene varias características adicionales que pueden proporcionar un atractivo extra a la instalación, en lo respectivo al uso de ésta, ya que permite visualizar su estado y configurar los parámetros desde cualquier Tablet o smartphone de forma remota. Además de tener una eficiencia superior a la de la mayoría de los inversores.

## 4.8 Disposición módulos fotovoltaicos

Para realizar el diseño de la distribución de los módulos en el tejado de la vivienda, se debe realizar en primer lugar el cálculo de sombras para poder conocer la distancia que se debe de conservar entre los paneles fotovoltaicos.

Según la hoja de datos del panel en el anexo X, el panel tiene un tamaño de 2384(±2) x 1096(±2) mm.



### ILUSTRACIÓN 5 VARIABLES USADAS PARA EL CÁLCULO DE SOMBRAS

En la imagen superior, se pueden observar las variables utilizadas para el cálculo de las sombras proyectadas por el panel en una inclinación de 60°. Siendo:

- d: Distancia entre un panel y otro.
- $\alpha$ : Ángulo entre la horizontal y el tejado
- $\beta$ : Ángulo entre el tejado y el panel
- $\gamma_s$ : Ángulo del sol desde la horizontal, en el solsticio de invierno, más concretamente, en el momento del año que el sol se encuentra más bajo, 21 de diciembre a las 12:00 de la mañana.
- L: Longitud del panel solar.
- b: Distancia desde el final de la sombra proyectada hasta el punto en el que se proyecta la altura del panel sobre el tejado.
- c: Distancia desde la base del panel, hasta la proyección perpendicular de este sobre el tejado.

La distancia mínima entre un panel y otro corresponde con la variable d. Para calcularla, se debe calcular en primer lugar b y c, siendo d la suma de ambos. Obteniendo primero la ecuación de c:

$$c = L \cdot \cos(\beta) \quad (10)$$

Se obtiene b igualando las siguientes ecuaciones:

$$\operatorname{tg}(\alpha + \gamma_s) = \frac{a}{b} \text{ y } \operatorname{tg}(\beta) = \frac{a}{c}$$

Igualando a y sustituyendo c obtenemos:

$$b \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \gamma_s) = L \cdot \cos(\beta) \cdot \operatorname{tg}(\beta)$$

Que despejando b y simplificando resulta como:

$$b = L \cdot \frac{\operatorname{Sen}(\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \gamma_s)} \quad (11)$$

Finalmente, añadiendo k como sobredimensionamiento para evitar las sombras en las horas del día en el que el sol no se encuentra en su punto más alto. La distancia entre los paneles resulta en:

$$d = k \cdot L \left( \frac{\text{Sen}(\beta)}{\text{tg}(\alpha + \gamma_s)} + \text{Cos}(\beta) \right) \quad (12)$$

Que sustituyendo los valores resulta en una distancia de 1,554 m.

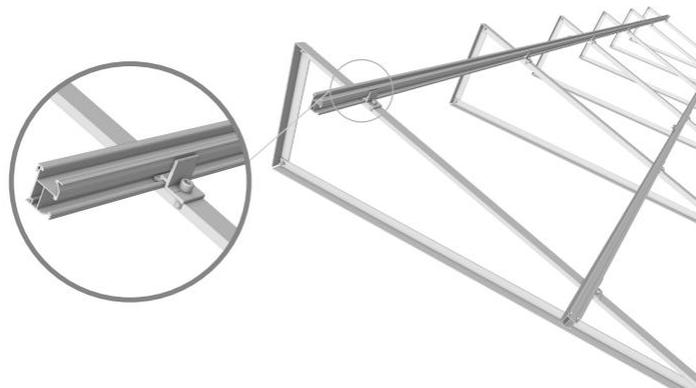
Este resultado se puede comprobar usando la distancia calculada en la calculadora online de monsolar. En la cual, al introducir los datos de la instalación, se obtiene de igual forma 1,554 m.

## 4.9 Soportes

Ya que no se va a aplicar doble inclinación, se necesitan unos soportes fijos con 30° de inclinación, para que sumado a la inclinación del tejado resulte en los 60° que se desea obtener.

Los soportes deben ser de aluminio anodizado y la tornillería de acero inoxidable, para asegurar su durabilidad a la intemperie.

El soporte elegido es el soporte triangular para 1 panel horizontal hasta 2350x1250 del distribuidor suministros del sol. Consistirá en dos triángulos paralelos, fijados con tornillos para tejas al techo de la vivienda, sobre los cuales recaen las guías pro-standard donde se colocarán los paneles fotovoltaicos.



**ILUSTRACIÓN 6 ESTRUCTURA PARA LOS PANELES**

En la imagen se puede visualizar el montaje. Aunque la estructura es ensamblable entre sí para posicionar los paneles seguidos, para esta instalación se deben montar de forma individual, en las posiciones indicadas en los planos.



## 4.10 Cableado

La sección del cableado va a depender del tramo de la instalación en la que este se encuentre. Se distingue entre tres tramos de corriente continua y uno de corriente alterna. Estos son los tramos paneles-regulador, regulador-baterías, baterías-inversor, y el tramo de CA, inversor-cuadro control.

### 4.10.1 Calculo de sección paneles-regulador

Para el cálculo de la sección del cable entre el regulador y los paneles, se calcula según dos condiciones diferentes, el cálculo de sección por intensidad admisible y el cálculo de sección por caída de tensión.

Respecto al cálculo de sección por intensidad admisible, se calcula con el valor de intensidad de cortocircuito en condiciones STC considerando así la sección por intensidad admisible y por intensidad de cortocircuito en un solo cálculo.

El cable se instala en un canal protector separado de la superficie en el tramo exterior (al encontrarse en la intemperie se aplica ITC-BT 30, pto. 2.1.2.) para mejor disipación del calor. En la zona interior el cable dispondrá de canal protector también en pared. En ambos casos el sistema de instalación tipo es B1(UNE-HD 60364-5-52).

Un tramo estará afectado por el sol. Por lo que para el cálculo de la sección a instalar se debe tomar un coeficiente de corrección por acción solar al ser la condición más desfavorable la del tramo exterior. Además, siguiendo las indicaciones de la norma UNE-HD 60364-5-52 y la IEC 60364-5-52 se calcula la sección por intensidad admisible.

$$I' = \frac{I_{max} \cdot Coef_{dim}}{Coef_r \cdot Coef_{grupo}} \quad (13)$$

Siendo:

- $I_{max}$ : Intensidad de cortocircuito una línea de la instalación: 18,18 A
- $Coef_r$ : Por temperatura de 50°C en intemperie (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,9
- $Coef_{grupo}$ : Por agrupamiento de 3 circuitos de una envolvente (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52,3): 0,7
- $Coef_{dim}$ : Por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4

Resultando en 40,4 A. Con este valor, en la tabla C.52.1. de UNE-HD 60364-5-52 se debe buscar la fila B1 y en esta la columna XLPE2 (ya que es cable termoestable y al ser corriente continua ser 2 conductores activos), resultando en la columna 10b.

El valor en la columna 10b inmediatamente superior al obtenido en el cálculo es el de 49 A, resultando en un valor de sección normalizado de 6 mm.

A continuación, se calcula también la sección por caída de tensión.



En el punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT, se establece que la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior no debe ser superior al 1,5% para la intensidad nominal.

La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$AU = \frac{1,5}{100} \cdot U_{mpp} \quad (14)$$

Siendo  $U_{mpp}$  la tensión nominal de la instalación, es decir:

$$U_{mpp} = N_p \cdot V_{mpp} \quad (15)$$

- $N_p$ : Numero de paneles en serie, 3.
- $V_{mpp}$ : Tensión nominal del panel fotovoltaico, 31,48 V.

$$U_{mpp} = 91,44 \text{ V}$$

Por lo que:

$$AU = 1.37 \text{ V}$$

Calculando por último la sección:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot AU} \quad (16)$$

- $\gamma$ : Conductividad eléctrica del cobre, según norma UNE-HD 60364-5-52, 45,49m/( $\Omega$ /mm<sup>2</sup>).
- $I$ : Intensidad nominal del panel, 17,17 A.
- $L$ : Longitud entre el regulador y los módulos. 17 m.

$$S = 9,36 \text{ mm}^2$$

Cuyo valor de sección normalizado más cercano es el de 10 mm<sup>2</sup> (con una intensidad admisible de 68 A), siendo este mayor a la sección calculada por la intensidad admisible, resultado en la elección de 10 mm<sup>2</sup> como sección del cable entre los módulos fotovoltaicos y el regulador.

#### 4.10.2 Calculo de sección regulador-baterías

En este tramo se dispone de una tensión de 48 V, y una corriente máxima determinada por el regulador de 70A.

Aplicamos la ecuación 13, siendo:

- $I_{max}$ : Intensidad de cortocircuito del regulador: 70 A
- $Coef_r$ : Por temperatura de 35°C, no en intemperie, aislamiento XPLE (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.D1): 0,96
- $Coef_{grupo}$ : Por agrupamiento de 2 circuitos de una envolvente (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52,3): 0,8
- $Coef_{dim}$ : Por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4



Resultando la intensidad en un valor de 127,6 A, que al buscar en la tabla C.52.1 el valor normalizado inmediatamente superior es 143 A con una sección de 35 mm<sup>2</sup>.

Realizando también el cálculo de la sección por caída de tensión, en la ecuación 16, siendo la intensidad la misma que en el último cálculo, la tensión de 48 V, y la tolerancia de 1,5%, obtenemos que, con un tramo de 2 metros, la sección calculada es de 8,55 mm<sup>2</sup>, cuyo valor normalizado inmediatamente superior corresponde con 10 mm<sup>2</sup>.

Se toma, al ser mayor, la sección por intensidad admisible de 35 mm<sup>2</sup>.

#### 4.10.3 Cálculo de sección baterías-inversor

Igual que en el tramo anterior, se dispone de una tensión de 48 V, la corriente sin embargo depende del consumo que requiera la instalación y determinado por el inversor.

Teniendo el inversor una potencia de salida de 4 kW, con una eficacia de 95%, y siendo el tramo de 48 V, se considera que la corriente máxima en el tramo debe ser de:

$$I_{max} = \frac{P_i}{\eta_i \cdot V_{tr}} \quad (17)$$

Obteniendo una intensidad máxima en el tramo de 87,7 A.

A continuación, se aplica la ecuación 13, con la intensidad recién calculada, y los mismos coeficientes que en el apartado anterior, ya que el tramo tiene las mismas características.

La intensidad calculada es de 159,87 A, que al buscar en la tabla C.52.1 el valor normalizado inmediatamente superior es 174 A con una sección de 50 mm<sup>2</sup>.

Realizando a continuación, el cálculo de la sección por caída de tensión, en la ecuación 16, siendo la intensidad la misma que en el último cálculo, la tensión de 48 V, y la tolerancia de 1,5%, obtenemos que, con un tramo de 2 metros, la sección calculada es de 19,52 mm<sup>2</sup>, cuyo valor normalizado inmediatamente superior corresponde con 25 mm<sup>2</sup>.

Se toma, al ser mayor, la sección por intensidad admisible de 50 mm<sup>2</sup>.

#### 4.10.4 Cálculo sección corriente alterna

La línea irá instalada en canal protector liso, por lo que el sistema de la instalación es de tipo B1. Es una línea con 3 conductores cargados y el cable es termoestable.

Al igual que en el apartado anterior, se comienza con el cálculo de sección por intensidad admitida.

En esta ocasión, se aplica el coeficiente de corrección especificado en la ITC-BT 40, el inversor limita la corriente de salida. En este cálculo no se aplica el coeficiente de



agrupación de circuitos, ya que es un solo cable, ni el coeficiente solar ya que en ningún momento estará expuesto, y la temperatura ambiente es de 40 °C.

$$I'_{CA} = I_{max} \cdot Coef_{corrección} \quad (18)$$

- $I_{max}$ : corriente máxima del inversor, 83 A.
- $Coef_{corrección}$ : coeficiente de corrección de la ITC-BT 40: 1,25

$$I'_{CA} = 104.125 \text{ A}$$

Que en la tabla C.52.1. de UNE-HD 60364-5-52, corresponde con la línea 8b y la corriente inmediatamente superior 124 A, resultando en una sección normalizada de 35 mm<sup>2</sup>.

Continuando con el cálculo de sección por caída de tensión (ecuación 14).

$$AU = \frac{1,5}{100} \cdot 400 = 6V$$

Y aplicando en la fórmula de sección para corriente alterna

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot AU} \quad (19)$$

- L: Longitud del cable, 21 m
- I: Intensidad máxima de salida del inversor, 83 A.
- $\gamma$ : Conductividad del cobre, 45,49 m/( $\Omega$ /mm<sup>2</sup>).

$$S = 11.1 \text{ mm}^2$$

Siendo la sección normalizada inmediatamente superior 16 mm<sup>2</sup>, siendo esta menor a la calculada según la intensidad admisible. Por lo tanto, la sección para esta parte del cableado será 35 mm<sup>2</sup>.

#### 4.10.5 Resumen cálculo de secciones

A continuación, se muestra una tabla de resultados de los cálculos de sección realizados en cada uno de los tramos de la instalación.

Tramo	Intensidad admisible (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (mm <sup>2</sup> )	Sección del tramo (mm <sup>2</sup> )
Paneles-regulador	6	10	10
Regulador-baterías	35	10	35
Baterías-inversor	50	25	50
Inversor-cuadro	35	16	35

TABLA 13 SECCIÓN CALCULADA DE LOS DIFERENTES TRAMOS DE LA INSTALACIÓN



## 4.11 Protecciones

### 4.11.1 Protecciones frente a sobrecargas

Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos se utilizarán fusibles. Los fusibles tienen puntos de fusión bajos, que, en caso de ser la intensidad mayor a la nominal, la temperatura sube por encima de dicho punto de fusión y se corta la conexión.

Estos serán normalizados gPV según la normativa UNE 60269. En la ITC-BT-22 se detalla la protección contra sobrecargas en las instalaciones de baja tensión.

Según UNE-60269, los dispositivos de protección frente a sobrecargas deben cumplir con las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (20)$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (21)$$

- $I_B$ : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas.
- $I_Z$ : Corriente admisible por el cable que queremos proteger.
- $I_n$ : Corriente del dispositivo de protección.
- $I_f$ : Intensidad de funcionamiento, corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo determinado. En caso de los fusibles del tipo gG toma los valores de:

$$\begin{aligned} I_f &= 1,6 \cdot I_n \quad \text{si } I_n \geq 16 \text{ A} \\ I_f &= 1,9 \cdot I_n \quad \text{si } 4 \text{ A} < I_n < 16 \text{ A} \\ I_f &= 1,6 \cdot I_n \quad \text{si } I_f \leq 4 \text{ A} \end{aligned}$$

Finalmente, conociendo el rango de valores  $I_n$ , se elige un valor de fusible normalizado.

#### Tramo paneles-regulador

Para aplicar las ecuaciones 20 y 21, los datos específicos el tramo en cuestión son:

- $I_B$ : Es equivalente a la corriente en el máximo punto de potencia del módulo,  $IMPPT=17,17 \text{ A}$
- $I_Z$ : Con una sección de cable de  $35 \text{ mm}^2$ , soporta hasta  $68 \text{ A}$ .

Que sustituyendo en las ecuaciones 20 y 21 resulta como:

$$\begin{aligned} 17,17 \text{ A} &\leq I_n \leq 68 \text{ A} \\ 1,6 \cdot I_n &\leq 1,45 \cdot 68 \text{ A} \rightarrow I_n \leq 61,63 \text{ A} \end{aligned}$$

Se colocará un fusible de  $20 \text{ A}$  para cada línea en el polo positivo, siendo necesarios en total 3 fusibles de  $20 \text{ A}$  en este tramo.



### Tramo regulador-baterías

Repitiendo el procedimiento aplicado en el tramo anterior, para aplicar las ecuaciones 20 y 21, los datos específicos del tramo en cuestión son:

- $I_B$ : Intensidad máxima que va a proporcionar el regulador, 70 A
- $I_Z$ : Al ser en este caso un cable de 35 mm<sup>2</sup>, soporta hasta 143 A.

Que sustituyendo en las ecuaciones 20 y 21 resulta como:

$$70 A \leq I_n \leq 143 A$$

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot 143 A \rightarrow I_n \leq 129,59 A$$

El fusible de 80 A se conectará en el polo positivo en la salida del regulador.

### Tramo baterías-inversor

Los datos específicos de este último tramo a proteger son:

- $I_B$ : Intensidad máxima que va a requerir el inversor, calculado en el apartado 5.9.3 cálculo de sección baterías-inversor, 87,7 A
- $I_Z$ : Al ser en este caso un cable de 50 mm<sup>2</sup>, soporta hasta 174 A.

Que sustituyendo de nuevo en las ecuaciones 20 y 21:

$$87,7 A \leq I_n \leq 174 A$$

$$1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot 174 A \rightarrow I_n \leq 157,69 A$$

Se elige un valor de 100 A se conectará en el polo positivo en la salida del regulador.

Concluyendo, la instalación de los fusibles quedaría de la siguiente manera:

Tramo	Cantidad	$I_n$ (A)
Paneles-regulador	3	20
Regulador-baterías	1	80
Baterías-inversor	1	100

**TABLA 14 FUSIBLES NECESARIOS EN LA INSTALACIÓN**



#### 4.11.2 Puesta a tierra

La puesta a tierra tiene el objetivo de reducir o eliminar el riesgo que podría provocar una avería que se pueda dar en los materiales o equipos eléctricos de la instalación limitando la tensión que pueda existir en algún momento en las masas metálicas con respecto a tierra.

Según ITC-BT-24, las tensiones de contacto máximas admisibles son:

- 50 V en locales o emplazamientos secos, es el límite convencional, ya que es el calor eficaz en corriente alterna.
- 24 V en locales o emplazamientos conductores, húmedos o mojados.

Al estar parte de la instalación en el exterior, quedando a la exposición de la humedad y la lluvia, se considera 24 V como tensión de contacto máxima. Se considerará una corriente por defecto con el mismo valor que el de una vivienda, 30mA.

Procediendo a calcular la resistencia máxima a tener en cuenta:

$$R_{max} = \frac{V_c}{I_A} \quad (22)$$

Siendo:

- $V_c$ : Tensión de contacto admisible, 24 V.
- $I_A$ : Corriente admisible, 30 mA.

Resultando en:

$$R_{max} = 800 \Omega$$

Con estos datos se procede a calcular las necesidades de los electrodos de puesta a tierra, se deberá cumplir que la resistencia obtenida con las picas sea menor a la calculada en la ecuación 22.

$$R = \frac{\rho}{N_p \cdot L_p} < 800 \Omega \quad (23)$$

Siendo:

- $\rho$ : Resistividad del terreno.
- $N_p$ : Numero de picas.
- $L_p$ : Longitud de las picas.

La resistividad del terreno lo obtenemos en base a los valores orientativos proporcionados por la ITC-BT-18 y la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación en las siguientes tablas:



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 silíceas	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 15 VALORES ORIENTATIVOS DE LA RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL TERRENO, OBTENIDA DE ITC-BT-18 Y MIE-RAT 13

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

TABLA 16 VALORES MEDIOS APROXIMADOS DE LA RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DEL TERRENO, OBTENIDA DE ITC-BT-18

Respecto a la tabla 15, es un suelo húmedo, sin llegar a ser limoso, siendo principalmente arena arcillosa. Y respecto a la tabla 16, es un terreno cultivable, sin ser extremadamente fértil. Por ambas cosas se considera el valor más restrictivo entre las líneas de las tablas que definen el terreno, resultando en una resistividad del terreno de 500 Ωm.

Sustituyendo en la ecuación 21, obtenemos que con una pica de 1 metro:

$$R = 500 \Omega < 800 \Omega$$



Por lo que se cumpliría con la condición establecida.

Adicionalmente, la MIE-RAT 13 establece que las picas redondas de cobre no deberán tener un diámetro inferior a 14 mm.

#### 4.11.3 Secciones puesta a tierra

En lo que respecta a la sección de los conductores de puesta a tierra, está condicionado por la sección de las fases, que se ha calculado previamente en el apartado 4.9 de Cableado, en base a la siguiente tabla.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
S ≤ 16 16 < S ≤ 35 S > 35	S (*) 16 S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm <sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

TABLA 17 SECCIONES MÍNIMAS DE CONDUCTORES DE PROTECCIÓN, TABLA 2 DEL ITC-BT-19

Por lo que aplicando la tabla 17 a los resultados obtenidos en la tabla 13, resulta en:

Tramo	Sección del tramo (mm <sup>2</sup> )	Sección Tierra (mm <sup>2</sup> )
Paneles-regulador	10	10
Regulador-baterías	35	16
Baterías-inversor	50	25
Inversor-cuadro	35	16

TABLA 18 SECCIONES DE CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

## 5. Descripció detallada de la solució adoptada

En este apartado se procede a recopilar las soluciones adoptadas a lo largo del apartado 4, mostrando de forma directa y clara los resultados sobre los principales elementos de la instal·lació.

- **Campo fotovoltaico:**

La instal·lació consta de 3 línies de panells fotovoltaicos con 3 panells conectados en serie en cada línea. Es decir, 9 panells en total Como se observa en el siguiente esquema de conexión.

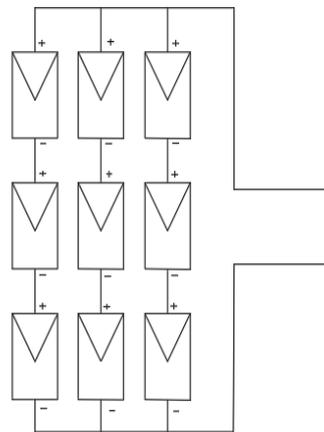


ILUSTRACIÓN 7 ESQUEMÁTICO DE CONEXIÓN DE LOS PANELES

Los panells son de 540 W, por lo que, siendo 9 panells, la potencia máxima del campo fotovoltaico es de 4,86 kW.

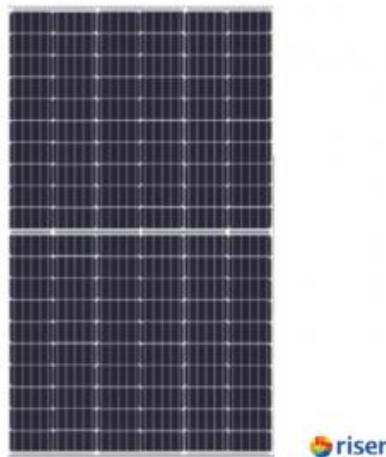


ILUSTRACIÓN 8 PANEL FOTOVOLTAICO RSM110-8-540M



En la il·lustració superior se puede observar una imatge del panel elegid en el proyecto de la marca Risen.

La inclinació de los paneles es de 60° que se consigue gracias a los 30° grados de inclinación del tejado sumado a los 30° de inclinación de los soportes de los paneles.

En el plano 3, donde se muestra la vista aérea del tejado, se indica la posición que deben tener los paneles, así como la proyección de la sombra que debe respetarse al poner unos paneles detrás de otros, de 1,554 m desde la base del panel.

- **Regulador:**

Para el regulador se ha elegido un regulador MPPT de la marca Victron, más concretamente el modelo Victron SmartSolar MPPT 150/85 – Tt.

Dispone de un máximo de 150V y 85 A de entrada, además de una potencia de 4900 W.



**ILUSTRACIÓN 9 REGULADOR VICTRON SMARTSOLAR MPPT 150/85**

- **Baterías:**

La solución adoptada son módulos de materias de litio Growatt ARK 2.5L-A1 LV apilados en dos bloques de 5, dejando suficiente espacio en la sala para el resto de los dispositivos. Siendo un total de 10 módulos de baterías.

En el plano 5 se puede observar su posición en la sala técnica, mientras que en el plano 6 se puede consultar el esquema de conexionado.



#### ILUSTRACIÓN 10 MÓDULO BATERÍA LITIO GROWATT ARK 2.5L

Las baterías se han dimensionado para asegurar 2 días de autonomía en el mes de octubre al ser el más nublado y con más precipitaciones.

- **Grupo electrógeno:**

Como elemento auxiliar a la instalación y para asegurar la autonomía de esta, si se diese el caso de que se descarguen las baterías, se ha tenido en cuenta también un grupo electrógeno.

La potencia mínima calculada para dicho grupo es de 7,13 kW, condición que se cumple con el siguiente generador:



**ILUSTRACIÓN 11 GENERADOR ELÉCTRICO MONOFÁSICO 7,8 kW BULLMACH AMBRA 12000**

El generador tiene arranque eléctrico para facilitar su puesta en marcha, además del necesario arranque automático, ya que debe ponerse en marcha de forma automática en caso de que se descarguen las baterías.

- **Inversor:**

Se ha elegido un inversor-cargador, para poder conectar el grupo electrógeno y permitir la carga de las baterías.



**ILUSTRACIÓN 12 INVERSOR VICTRON MULTIPLUS 48V 5000VA**

El inversor tiene una potencia pico de 4kW de salida, que asegura el funcionamiento normal de la vivienda.



## 6. Conclusiones

Los objetivos principales del proyecto consisten principalmente en realizar el diseño de una instalación fotovoltaica que sea rentable para el usuario. En la tabla a continuación, se observa que la amortización de la instalación se produce a los 13 años, lo que hace a la instalación rentable, ya que se estima una vida útil de la instalación superior a los 25 años.

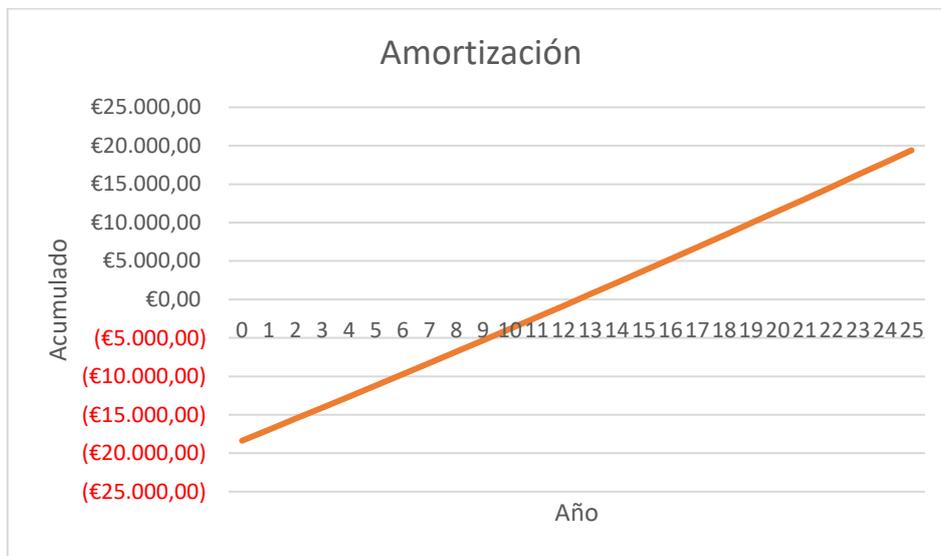


ILUSTRACIÓN 13 AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN, OBTENIDA DEL ANEXO 1

Por lo tanto, se puede considerar que el principal objetivo del presente proyecto se cumple, ya que se ha diseñado una instalación rentable, en un caso real.

Adicionalmente, se justifica el uso de las energías renovables para instalaciones aisladas de la red, ya que además de ser rentable, al ser instalación aislada, se reducen el 100% de las emisiones producidas por el gasto de luz.



## 7. Referencias

Damia Solar (2015). “Uso y utilidades de los reguladores solares MPPT” en *Artículos sobre la energía solar y sus componentes*, Damia Solar.

<[https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/usar-reguladores-maximizadores-mppt\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/usar-reguladores-maximizadores-mppt_1)> [Consulta: 25 de abril de 2022].

MIE-RAT. *Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación*. ITC-MIE-RAT 13. *Instalaciones de Puesta a Tierra* [Consulta 30 de mayo de 2022]

Monsolar. “Calculadora separación entre paneles solares para evitar sombras”.

< <https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares>>

REBT. *Instalaciones generadoras de baja tensión*. ITC-BT 40 [Consulta 02 de mayo de 2022]

ITC-BT 19 [Consulta 02 de mayo de 2022]

ITC-BT 20 [Consulta 02 de mayo de 2022]

ITC-BT 24 [Consulta 02 de mayo de 2022]

UNE (2014). *Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos*. UNE-HD 60364-5-52. [Consulta 01 de mayo de 2022]

UNEF. “Marco regulatorio”

<https://www.unef.es/es/marco-regulatorio> [consulta: 16 de abril de 2022].

Victron energy. “MPPT sizing calculator”

< <https://www.victronenergy.com.es/mppt-calculator>>[consulta: 01 de abril de 2022]

## 8. Anexos

### Anexo 1 Estudi econòmic

En este anexo se pretende realizar un anàlisis sobre los costes de la instal·lació obtenidos en el presupuesto, además de hacer una previsión del tiempo que se tardará en amortizar la instal·lació en base a los precios actuales.

#### Análisis de costes

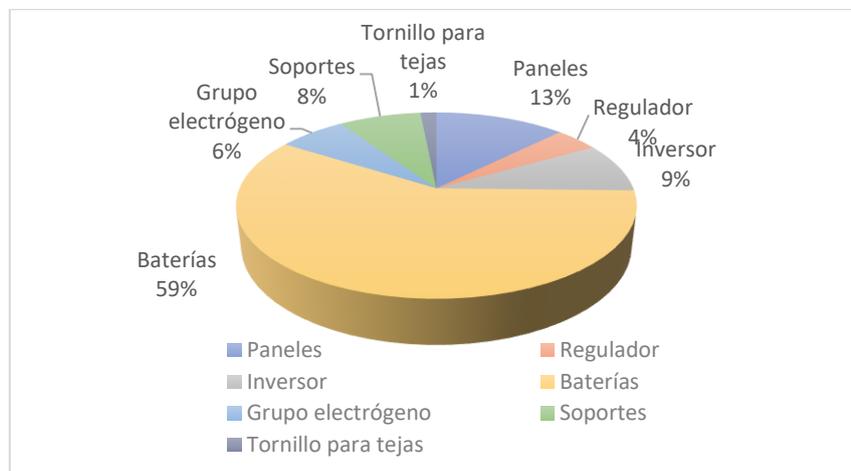
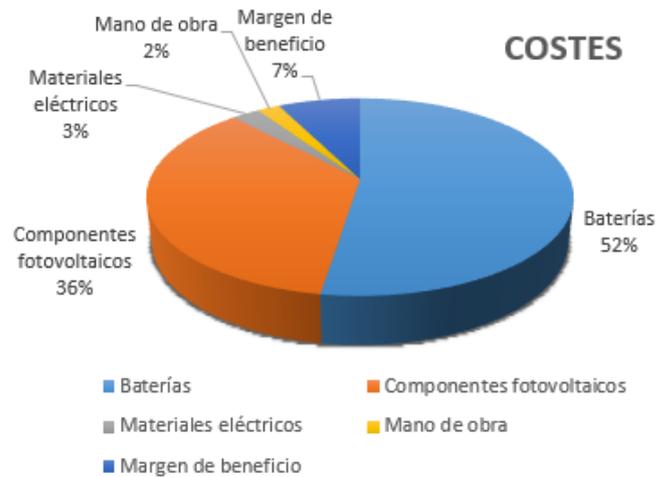


ILUSTRACIÓN 14 COMPARATIVA COSTES COMPONENTES FOTOVOLTAICOS

Como se puede observar en la ilustración 14, la mayor parte de los costes de materiales fotovoltaicos pertenece a las baterías, siendo un 59%, mientras que los componentes que se han diseñado son solo una pequeña parte, siendo solo el coste de los paneles superior al 10%.

A continuación, se compara el porcentaje de cada capítulo del presupuesto, separando el coste de las baterías del resto de los componentes fotovoltaicos.



### ILUSTRACIÓN 15 COMPARATIVA COSTES TOTALES

En esta ilustración se observa que el coste de las baterías corresponde con el 52% del coste total, mientras que el coste del resto de los materiales fotovoltaicos el 32%. Lo que demuestra la importancia de realizar un buen diseño de los materiales fotovoltaicos, ya que supone la mayor parte del coste y por lo tanto va a dictar, el precio de estos materiales en conjunto con la eficiencia de estos la rentabilidad de la instalación.

### Amortización

Para el cálculo de la amortización, se realiza en primer lugar el cálculo del ahorro que supone al usuario la instalación. Se usa como referencia el precio medio de la luz el mes de junio de 2022, de 0.31209 €/kWh.

MES	CONSUMO DIARIO (kWh)	CONSUMO MENSUAL (kWh)	TERMINO DE POTENCIA	AHORRO TOTAL
ENERO	13,12	406,84	11,20 €	138,17 €
FEBRERO	13,12	367,47	10,11 €	124,80 €
MARZO	11,62	360,34	11,20 €	123,66 €
ABRIL	10,87	326,22	10,84 €	112,65 €
MAYO	8,62	267,34	11,20 €	94,63 €
JUNIO	10,93	328,02	10,84 €	113,21 €
JULIO	12,47	386,69	11,20 €	131,88 €
AGOSTO	13,24	410,56	11,20 €	139,33 €
SEPTIEMBRE	9,39	281,82	10,84 €	98,79 €
OCTUBRE	9,37	290,59	11,20 €	101,89 €
NOVIEMBRE	10,12	303,72	10,84 €	105,62 €
DICIEMBRE	12,37	383,59	11,20 €	130,91 €
TOTAL		4113,23	131,85 €	1.415,55 €

TABLA 19 AHORRO PRODUCIDO POR LA INSTALACIÓN



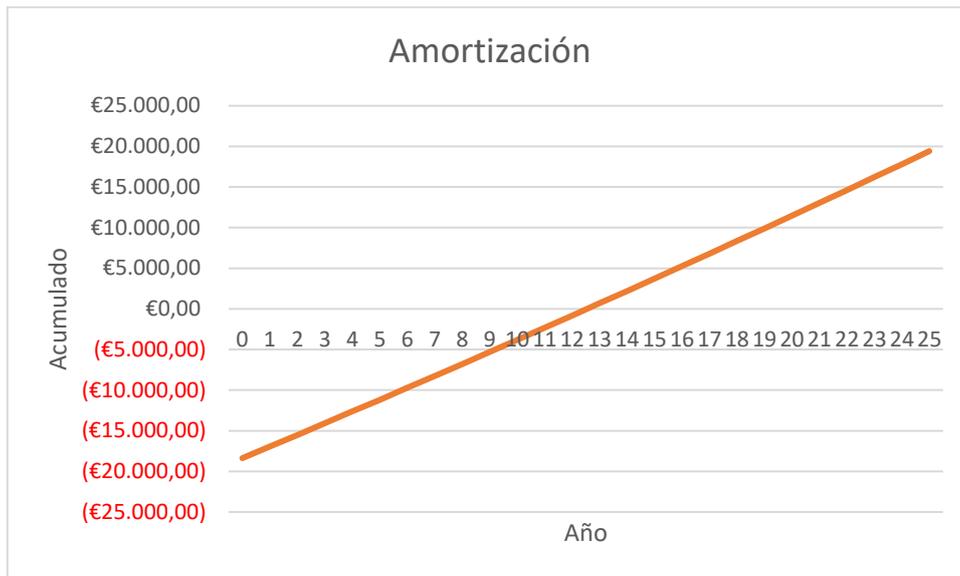
Esto quiere decir que, con el precio actual de la luz, se produce un ahorro de 1.415,55 € anuales en la factura de la luz.

A continuación, se calcula el ahorro acumulado teniendo en cuenta la inversión a realizar y un aumento anual en el coste de la luz de un 0,5% ya que el precio del kilovatio no es fijo, además de la inflación de la moneda. La estimación se realizará en 25 años, ya que es el tiempo en el que se garantiza el suministro eléctrico de los paneles.

Año	Ahorro	Acumulado
0	1.415,545 €	-18.367,60 €
1	1.422,623 €	-16.944,978 €
2	1.429,736 €	-15.515,242 €
3	1.436,885 €	-14.078,357 €
4	1.444,069 €	-12.634,288 €
5	1.451,290 €	-11.182,998 €
6	1.458,546 €	-9.724,452 €
7	1.465,839 €	-8.258,613 €
8	1.473,168 €	-6.785,445 €
9	1.480,534 €	-5.304,911 €
10	1.487,937 €	-3.816,975 €
11	1.495,376 €	-2.321,599 €
12	1.502,853 €	-818,746 €
13	1.510,367 €	691,622 €
14	1.517,919 €	2.209,541 €
15	1.525,509 €	3.735,050 €
16	1.533,136 €	5.268,186 €
17	1.540,802 €	6.808,988 €
18	1.548,506 €	8.357,494 €
19	1.556,249 €	9.913,743 €
20	1.564,030 €	11.477,773 €
21	1.571,850 €	13.049,623 €
22	1.579,709 €	14.629,332 €
23	1.587,608 €	16.216,940 €
24	1.595,546 €	17.812,485 €
25	1.603,524 €	19.416,009 €

**TABLA 20 AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN A 25 AÑOS**

Como se puede observar en la tabla, la instalación se amortiza a los 13 años, produciendo beneficios durante el décimo tercer año, aproximadamente la mitad de la vida garantizada de la instalación, como se puede observar de forma más visual en la siguiente gráfica.



**ILUSTRACIÓN 16 AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

También se puede observar, tanto en la tabla 20 como en la ilustración 16, que el ahorro total resultante a los 25 años producido por la instalación es aproximadamente la misma cantidad que la invertida.

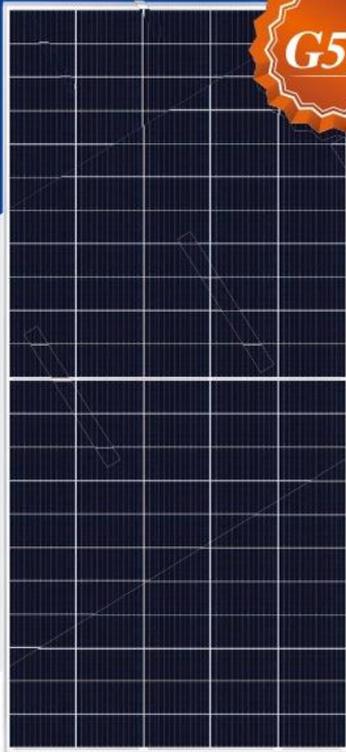


## Anexo 2 Hojas técnicas

### Hoja técnica panel fotovoltaico



# HIGH PERFORMANCE MONOCRYSTALLINE PERC MODULE



**G5.6**

Draft

888

## RSM110-8-535M-555M

**110 CELL**

Mono PERC Module

**535-555Wp**

Power Output Range

**1500VDC**

Maximum System Voltage

**21.2%**

Maximum Efficiency

### KEY SALIENT FEATURES



Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing



Industry leading lowest thermal co-efficient of power



Industry leading 12 years product warranty



Excellent low irradiance performance



Excellent PID resistance



Positive tight power tolerance



Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product



Module Imp binning radically reduces string mismatch losses



Warranted reliability and stringent quality assurances well beyond certified requirements



Certified to withstand severe environmental conditions

- Anti-reflective & anti-soiling surface minimise power loss from dirt and dust
- Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments
- Excellent mechanical resistance: wind load 2400Pa & snow load 5400Pa



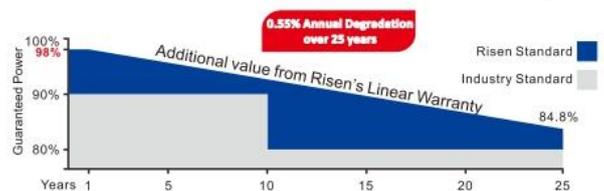
#### RISEN ENERGY CO., LTD.

Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC  
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599  
E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty



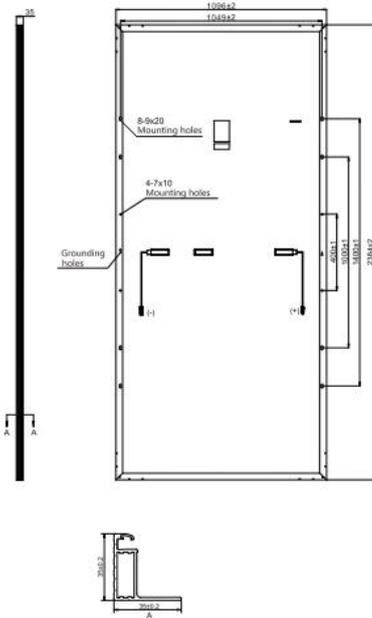
★ Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd



Preliminary  
For Global Market

THE POWER OF RISING VALUE

### Dimensions of PV Module Unit: mm



### ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	535	540	545	550	555
Open Circuit Voltage-Voc(V)	37.58	37.78	38.02	38.24	38.46
Short Circuit Current-Isc(A)	18.13	18.18	18.23	18.28	18.33
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	31.26	31.46	31.66	31.86	32.06
Maximum Power Current-Imp(A)	17.12	17.17	17.22	17.27	17.32
Module Efficiency (%) ★	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.  
 ★ Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

### ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM110-8-535M	RSM110-8-540M	RSM110-8-545M	RSM110-8-550M	RSM110-8-555M
Maximum Power-Pmax (Wp)	405.3	409.0	412.8	416.7	420.5
Open Circuit Voltage-Voc (V)	34.95	35.14	35.36	35.56	35.77
Short Circuit Current-Isc (A)	14.87	14.91	14.95	14.99	15.03
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	29.01	29.19	29.38	29.57	29.75
Maximum Power Current-Imp (A)	13.97	14.01	14.05	14.09	14.13

NMOT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	110 cells (5×11+5×11)
Module dimensions	2384×1096×35mm
Weight	29kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm <sup>2</sup> (12AWG), Positive(+)/350mm, Negative(-)/350mm (Connector Included)
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

### TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

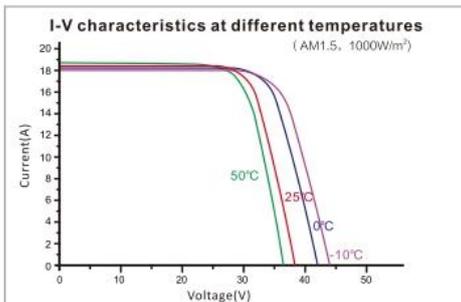
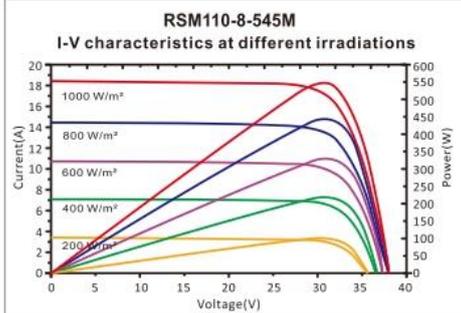
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.34%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	30A
Limiting Reverse Current	30A

### PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	620
Number of modules per pallet	31
Number of pallets per container	20
Box gross weight[kg]	950

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.  
 ©2020 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE



### Our Partners:

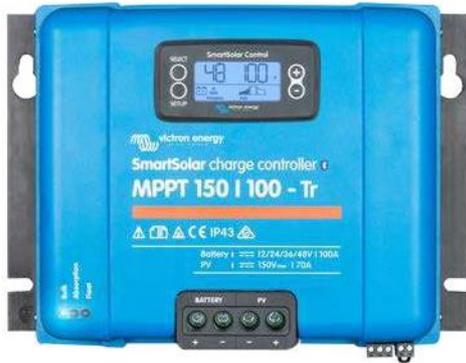


UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5kW  
para una vivienda en la comarca de Finestrat  
con ocupación permanente.

## Hoja técnica regulador

## Controladores de carga SmartSolar con conexión de rosca o FV MC4 MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-Tr  
Con pantalla conectable



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-MC4  
Sin pantalla

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

### Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

### Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

### VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un panel Color Control, Venus GX, PC u otros dispositivos.

### On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

### Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

### Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm <sup>2</sup> / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
<b>NORMAS</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.

1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.

2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de polaridad inversa de los paneles FV.

3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares



## Hoja técnica baterías

Hoja de datos	ARK 2.5L	ARK 5.1L	ARK 7.6L	ARK 10.2L	ARK 12.8L	ARK 15.3L	ARK 17.9L	ARK 20.4L	ARK 23.0L	ARK 25.6L
Demostración del sistema										
Módulo de batería	ARK 2.5L-A1 (2.56kWh, 51.2V, 30kg)									
Número de módulos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de energía	2.56kWh	5.12kWh	7.68kWh	10.24kWh	12.8kWh	15.35kWh	17.92kWh	20.48kWh	23.04kWh	25.64kWh
Dimensiones	650/260/170mm	650/260/340mm	650/260/510mm	650/260/680mm	650/260/850mm	650/260/1020mm	650/260/1190mm	650/260/1360mm	650/260/1530mm	650/260/1700mm
Peso	30kg	60kg	90kg	120kg	150kg	180kg	210kg	240kg	270kg	310kg
Corriente de carga/ descarga max.	25A	50A	75A	100A	100A	100A	100A	100A	100A	100A
<b>General</b>										
Tipo de batería	Litio Ferrosulfato libre de cobalto									
Voltaje nominal	51.2V									
Voltaje de operación	47.2 - 56.8V									
Rango	IP65									
Protección ambiental	Instalación en la pared o en el suelo*1									
Instalación	-10~45°C*2									
<b>Características</b>										
DoD	90%									
Parámetros de monitoreo BMS	SOC, voltaje del sistema, corriente, voltaje de celda, temperatura de la celda, medición de la temperatura del PCBASOC, voltaje del sistema, corriente, voltaje de celda, temperatura de la celda, medición de la temperatura del PCBASOC									
Puerto de comunicación	CAN									
Garantía: 5 años/ 10 años	Sí/opcional									
<b>Certificación</b>	IEC62619 (Celda&empaquet), CE, CEC, RCM, UN38.3									

\*1 La instalación en el suelo requiere una base extra (W/D/H=650/260/110 mm)

\*2 El rendimiento se limitará cuando la temperatura sea inferior a 0°C

\*La batería de la serie ARK tiene un modelo de la UE y un modelo general, los inversores de almacenamiento que se venden en los países europeos sólo funcionan con la batería ARK del modelo de la UE.\* La batería de la serie ARK tiene un modelo de la UE y un modelo general, los inversores de almacenamiento que se venden en los países europeos sólo funcionan con la batería ARK del modelo de la UE.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5kW  
para una vivienda en la comarca de Finestrat  
con ocupación permanente.

## Hoja técnica inversor

# Inversor/cargador MultiPlus

800VA - 5kVA

compatibles con baterías de Litio-Ion

www.victronenergy.com



**MultiPlus  
24/3000/70**



**MultiPlus Compact  
12/2000/80**

## Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del MultiPlus tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible en modelos con una capacidad nominal de 3kVA o más).

## Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000/120, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 720 amperios.

## Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una potencia de salida de 75 kW / 90 kVA y más de 2000 amperios de capacidad de carga.

## PowerControl – Potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El MultiPlus es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 10 A por cada Multi de 5kVA a 230 VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá se hará cargo de otras cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la toma de puerto.

## PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica de la toma de puerto o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

## Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus puede utilizarse en sistemas PV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

## Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

## Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Battery Monitor, Multi Control Panel, Color Control GX y otros dispositivos, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

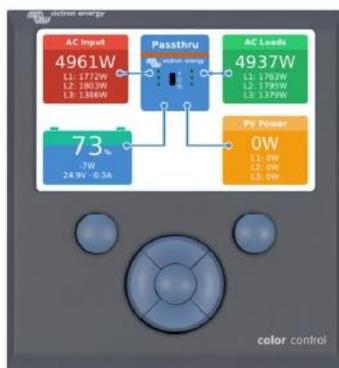
## Seguimiento y control a distancia

Color Control GX y otros dispositivos.

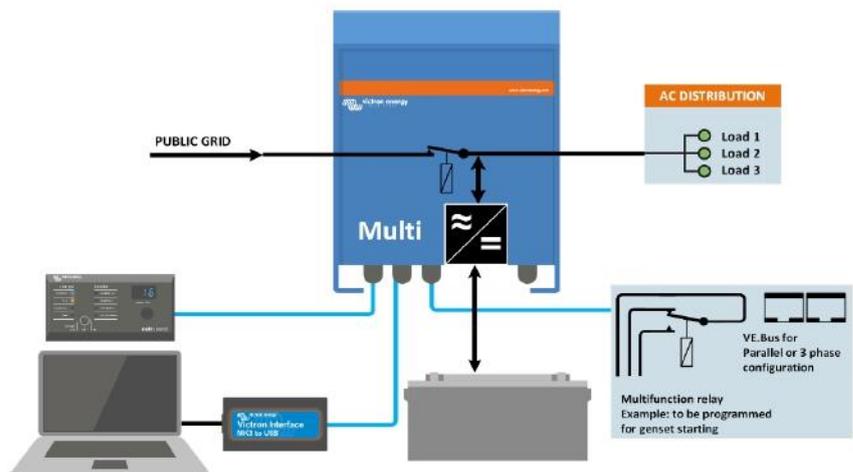
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

## Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.



**Color Control GX con una aplicación FV**



MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PowerAssist		Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 50	100
<b>INVERSOR</b>							
Rango de tensión de entrada (VCC)		9,5 – 17V		19 – 33V	38 – 66V		
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2%			Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	700	1000	1300	1600	2400	4000	
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	650	900	1200	1400	2200	3700	
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	400	600	800	1000	1700	3000	
Pico de potencia (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10,000	
Eficacia máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	
<b>CARGADOR</b>							
Entrada CA		Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA		Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz		Factor de potencia: 1	
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Tensión de carga de "flotación" (V CC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Modo de almacenamiento (VCC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Corriente de carga batería auxiliar (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corriente de carga de la batería de arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V)					
Sensor de temperatura de la batería		Sí					
<b>GENERAL</b>							
Salida auxiliar (5)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí (16A)	Sí (50A)	
Relé programable (6)		Sí					
Protección (2)		a – g					
Puerto de comunicación VE.Bus		Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema					
Puerto de comunicaciones de uso general	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Sí	Sí	
On/Off remoto		Sí					
Características comunes		Rango de temp. de trabajo: -40 a + 65°C (refrigerado por aire) Humedad (sin condensación): máx 95%					
<b>CARCASA</b>							
Características comunes		Material y color: aluminio (azul RAL 5012)			Categoría de protección: IP 21		
Conexión de la batería		cables de batería de 1,5 metros		Pernos M8	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA		Conector G-ST18i		Abrazadera de resorte	Bornes de tornillo de 13 mm <sup>2</sup> (6 AWG)	Pernos M6	
Peso (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensiones (al x an x p en mm.)		375 x 214 x 110		520 x 255 x 125	362 x 258 x 218	444 x 328 x 240	
<b>ESTÁNDARES</b>							
Seguridad		EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1					
Emisiones / Inmunidad		EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3					
Vehículos de carretera		Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4					
Anti-isla		Visite nuestra página web					

- 1) Puede ajustarse a 60Hz. Modelos de 120 V disponibles bajo demanda.  
 2) Claves de protección:  
 a) cortocircuito de salida  
 b) sobrecarga  
 c) tensión de la batería demasiado alta  
 d) tensión de la batería demasiado baja  
 h) temperatura demasiado alta  
 f) 230 VCA en la salida del inversor  
 g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

- 3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1  
 4) A 25 ° C de temperatura ambiente  
 5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible  
 6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, en alarma general, subtensión CC o señal de arranque/parada del generador  
 Capacidad nominal CA 230V/4A  
 Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC



**Panel Digital Multi Control**  
 Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.

### Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



**Color Control GX y otros dispositivos**  
 Proporciona monitorización e control, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



**Monitor de baterías BMW-712 Smart**  
 Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:  
 - personalizar los ajustes,  
 - consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,  
 - ver los datos del historial y actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.



**Mochila VE.Bus Smart**  
 Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multis y Quattros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.



**Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB**  
 Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure"](#))



**Interfaz VE.Bus a NMEA 2000**  
 Liga o dispositivo a una red electrónica marina NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



## PLIEGO DE CONDICIONES

### 1. Objeto

En el presente documento se recogen las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación fotovoltaica aislada de la red referida en este proyecto, con el objetivo de asegurar el correcto montaje y mantenimiento. Este pliego es aplicable a todos los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman la instalación.

### 2. Generalidades y normas

Solo aplica el presente pliego de condiciones al proyecto tratado en este documento, que corresponde con una vivienda concreta en la comarca de Finestrat, España.

Los trabajos incluido en el presente documento se ejecutarán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aplicando todas las normas que afectan a instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red como son:

- Real decreto 842/2002, 2 de agosto, en el cual se aprueba el REBT.
- Código Técnico de Edificación (CTE).
- Directivas Europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

### 3. Condiciones facultativas

#### 3.1 Obligaciones y derechos del contratista

- Debe conocer la normativa vigente en lo que respecta a instalaciones eléctricas e instalaciones fotovoltaicas, además de conocer con detalle el proyecto de la instalación.
- Realizar la obra según dicta el proyecto, instalando los componentes especificados salvo acuerdo de las diferentes partes.
- Cumplir con los plazos de entrega de material y montaje acordados.
- Cumplir con las indicaciones del director del proyecto.
- Efectuar las inspecciones necesarias para garantizar el correcto desarrollo del proyecto.
- Notificar del inicio y finalización de las partes del proyecto al director.



## 3.2 Obligaciones y facultades del director del proyecto

- Disponer de la titulación académica y profesional habilitante, así como las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión en este tipo de construcción.
- Supervisar el proyecto en todo el tiempo de ejecución.
- Dirigir la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, condiciones de contrato, demás autorizaciones preceptivas, etc.
- Resolver las contingencias que se puedan producir en la obra.
- Además de las obligaciones del director de la ejecución de la obra en caso de ser el mismo.

## 4. Especificaciones técnicas

### 4.1 Generalidades

Se debe asegurar por norma general, tanto en equipos como en materiales, un grado de aislamiento mínimo de Clase 1 en la parte de alterna, y aislamiento de Clase 2 y grado de protección IP65 en la parte de continua. Protección habitual en elementos a la intemperie o equipos expuesto a gotas o chorros de agua, para asegurar la estanqueidad frente al polvo y protección frente a chorros de agua. Los materiales situados a la intemperie, es decir, en el tejado de la vivienda, se protegerán contra la radiación solar y la humedad.

La instalación debe garantizar la calidad del suministro eléctrico, sin provocar averías en la red eléctrica de la vivienda. Así mismo, su funcionamiento no provocará condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento ni para su uso habitual.

Se incluirán todos los elementos de seguridad y protección necesarios para asegurar la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos y sobrecargas, tanto de las personas como de los componentes de la instalación.

Para asegurar la calidad de los materiales, todos los materiales deben de ser los indicados en el presente documento. En caso de requerir algún material no especificado, este debe cumplir la normativa vigente y asegurar el mantenimiento de la calidad de la instalación.

La instalación tanto de los materiales como de los equipos debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones, salvo que en el presente pliego se diga lo contrario.



Además, todas las etiquetas, placas de características, etc. de los equipos estarán en castellano, además de, en caso de ser necesario, alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

## 4.2 Paneles fotovoltaicos

El módulo a instalar es el RSM110-8-540M, de 540W, con medidas de 2384x1096 mm ( $\pm 2$  mm) y grado de protección IP68. Se colocarán en la posición indicada en el plano del tejado adjunto en el presente proyecto, y la conexión se realizará como se especifica en la ficha técnica de dicho módulo, también adjunta en el proyecto.

El marco lateral de los paneles de aluminio o acero inoxidable será puesto a tierra. Además, cualquier panel que resulte defectuoso será rechazado.

Los paneles irán montados sobre una estructura metálica de acero, con una inclinación fija de 30° (60° sobre la línea horizontal) y se fijará como especifique el fabricante, usando los agujeros ya existentes y no realizando perforaciones adicionales.

Deberá cumplir la norma UNE-EN 50380 sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Llevará claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, igual que un número de serie o algún tipo de identificación individual trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deben tener una garantía con un período de 10 años frente a defectos de fabricación, y una garantía de rendimiento de 25 años.

## 4.3 Estructura de soporte

La estructura está formada por soportes triangulares con guías atornilladas sobre estos.

La estructura está fabricada en aluminio de alta resistencia, mientras que todos los tornillos empleados para el anclaje deben realizarse de acero inoxidable de norma MV-106. La excepción son los tornillos no empleados para sujetar los módulos a dicha estructura, que pueden ser galvanizados si la estructura también está galvanizada.

La estructura debe estar preparada para las sobrecargas de viento y nieve, como se especifica en la normativa de edificación NBE-AE-88.



#### 4.4 Regulador de carga

El regulador a instalar es el Victron SmartSolar MPPT 150/100 – Tt, regulador maximizador de 100A.

La tensión de salida de las baterías se configurará para tener una tensión fija de 48V.

Las conexiones necesarias, tanto en la entrada correspondiente con los paneles solares, como en la salida de las baterías y la puesta a tierra, se harán conforme se indique en el manual proporcionado por el fabricante.

Se deberá comprobar que la conexión bluetooth funciona correctamente, y ceder al cliente un manual de usuario para su correcto funcionamiento.

#### 4.5 Inversor

El inversor que se debe instalar es el Inversor Victron Multiplus 48V 5000VA, inversor de 4 kW.

Las conexiones del cable de las baterías y del cable de alterna, así como el de puesta a tierra, se realizará como se indica en el manual del fabricante.

La tensión proveniente de las baterías será de 48 V, mientras que, en la salida de alterna, de 230V a 50 Hz.

#### 4.6 Baterías

El modelo de batería a instalar es el Growatt ARK 2.5L-A1 LV, son módulos de baterías de litio.

Se apilarán dos bloques con 5 baterías en cada uno.

La autonomía de las baterías es de 2 días, y la profundidad de descarga del 90%. Esta profundidad debe respetarse para proteger la vida útil de la batería.

Las conexiones entre las baterías se realizarán en paralelo, ya que la tensión de la instalación es de 48V, la misma que la de las baterías, es decir, 10 baterías en serie.



## 4.7 Grupo electrógeno

El generador por instalar es el BullMach AMBRA 12000 E de 7,8kW, de gasolina.

Dispone de un carro que facilita su instalación, se debe instalar en el lugar indicado en los planos y conectado al inversor para que este pueda realizar el arranque automático.

Las conexiones se deben realizar como se indican en el manual que proporciona el fabricante.

## 4.8 Cableado

El tipo de conductor a emplear es RV-K 0.6/1kV.

Las secciones del conductor dependerán del tramo, como se ha calculado en el apartado 4.9 del presente proyecto, siendo:

- Tramo paneles-regulador: 10 mm<sup>2</sup>.
- Tramo regulador-baterías: 35 mm<sup>2</sup>.
- Tramo baterías-inversor: 50 mm<sup>2</sup>.
- Tramo inversor-cuadro control: 35 mm<sup>2</sup>.

Los conductores que se encuentran en la intemperie se colocarán bajo tubo de PVC, mientras que los conductos en el interior de la vivienda se colocarán bajo tubo empotrado en la pared.

## 5. Recepción y pruebas

Se hará entrega al usuario de un documento-albarán, en el que consten todos los componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento deberá ser firmado por ambas partes, conservando ambos un ejemplar cada uno. Dichos manuales deben estar en alguna de las lenguas oficiales españolas del lugar del usuario para facilitar la interpretación. En este caso al estar situada la vivienda en español, y ser los inquilinos de habla hispana, valdría con estar en lengua castellana.

Se deberán realizar las siguientes pruebas por parte del instalador:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Determinación de la potencia instalada.
- Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Medición de la resistencia de aislamiento de los conductores.
- Medición de las corrientes de fuga.



Una vez realizadas las pruebas y manteniendo el buen funcionamiento durante 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas debidos a fallos del sistema, se firmará el acta de recepción provisional de la instalación.

Todas las zonas ocupadas deben ser limpiadas una vez acabada la obra, con transporte de todos los desechos a vertedero y la retirada de todo el material sobrante.

El instalador deberá adiestrar al usuario en el uso correcto de la instalación.

## 6. Contrato de mantenimiento

Se debe realizar un contrato de mantenimiento de 3 años de duración, tanto preventivo como correctivo, que implicará un mínimo de una revisión anual, así como la realización de las labores de mantenimiento indicadas por los fabricantes.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado, siempre bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

### 6.1 Programa de mantenimiento

**Mantenimiento preventivo:** Tiene el objetivo de mantener las condiciones de funcionamiento, durabilidad de la instalación, protección y las prestaciones. En la visita anual se realizarán las siguientes actividades:

- Verificación del correcto funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión de todo el conexionado, incluyendo cableado, pletinas, terminales, etc.
- Comprobar si los módulos y las estructuras de soporte presentan algún daño que afecte a la seguridad y protecciones, así como la limpieza de los módulos.
- Comprobación de las baterías, del nivel del electrolito, limpieza, etc.
- Medir la caída de tensión entre los terminales del regulador, funcionamiento de indicaciones, etc.
- Comprobar el estado de alarmas e indicaciones del inversor.
- Verificar el correcto funcionamiento de los elementos de seguridad y protecciones, tomas de tierra, fusibles, etc.
- En resumen, la revisión de todos los elementos que componen la instalación, así como su limpieza y su mantenimiento, según indicaciones de los fabricantes.

**Mantenimiento correctivo:** Consta de reparaciones y operaciones de sustitución para su correcto funcionamiento.

- Visitar la instalación si lo requiere el usuario en caso de avería grave en un plazo de 48 horas.
- Visitar la instalación si lo requiere el usuario, en caso de avería que no afecta al funcionamiento, de una semana.



- Análisis y presupuesto de las tareas necesarias para la corrección y correcto funcionamiento de la instalación, que según si ha finalizado el periodo de garantía y las especificaciones en el contrato de mantenimiento, puede estar o no incluido en el precio anual.

## 6.2 Garantía

A partir de la firma del acta de recepción provisional, hace efecto la garantía de la instalación, que deberá ser debidamente justificada con un certificado de garantía.

Todos los elementos de la instalación tendrán una garantía de 3 años, mientras que los módulos, de 8 años.

En caso de interrumpirse la explotación del sistema como consecuencia responsable el suministrador, o debido a reparaciones incluidas en la garantía, dicho plazo se prolongará el periodo de tiempo de dichas interrupciones.

Una vez terminado esta garantía, el instalador seguirá haciéndose cargo de la reparación de errores si estos se producen por fallos de diseño, construcción o montaje. Deberá adecuarse a lo establecido en la legislación vigente en lo que respecta a vicios ocultos.

Si la instalación no funciona, el suministrador deberá atender dicho aviso en un plazo de 48 horas, o en caso de que el fallo o avería no afecte al funcionamiento, de una semana.

En caso de que el suministrador incumpla estos plazos, el comprador podrá fijar una fecha límite para que éste cumpla con sus obligaciones. En caso de exceder dicho límite, el comprador podrá por cuenta propia o tercero efectuar las reparaciones oportunas, por cuenta y riesgo del suministrador, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que pueda incurrir el suministrador.

La garantía se ve anulada en caso de que la instalación haya sido modificada, reparada o desmontada, incluso si es solo en parte, por personas ajenas al suministrador o personal no autorizado por éste. (Excepto en las condiciones recién descritas en el párrafo anterior).

## 7. Responsabilidades por parte del usuario

### 7.1 Obligaciones:

El usuario deberá conocer todo lo relativo a la instalación y los conceptos básicos de electricidad.



En caso de detectar alguna avería o irregularidad, deberá comunicarse a la empresa encargada del mantenimiento.

El usuario no modificará bajo ningún concepto ningún elemento de la instalación, ni intentará realizar ninguna reparación por cuenta propia.

Tiene la responsabilidad de mantener la zona donde se encuentran la mayoría de los elementos (baterías, inversor, etc.) bajo llave.

## 7.2 Recomendaciones:

Se recomienda que el usuario realice una inspección visual de los elementos de la instalación de forma periódica, en previsión de detectar de forma temprana una posible avería, o irregularidad, así como comprobar que no se haya acumulado polvo sobre los paneles.

Mantener un consumo de energía moderado en los momentos de baja radiación, como días de lluvia.

Uso de electrodomésticos de alto consumo durante las horas altas de sol, para aprovechar de forma eficiente la instalación.



## PRESUPUESTO

### 1. Introducción

A continuación, se detallan los precios unitarios de todos los elementos de la instalación, tanto de los componentes fotovoltaicos, como del material eléctrico, como la mano de obra. Los precios se han obtenido entre diferentes suministradores, buscando el precio más competitivo posible. En el último apartado del presupuesto se incluye una tabla con el coste total de la instalación.

### 2. Componentes fotovoltaicos

COMPONENTES FOTOVOLTAICOS			
Descripción	Unidades	Coste/unidad	Coste total
Panel fotovoltaico Risen 540W	9	189,25 €	1.703,25 €
Regulador de carga Victron SmartSolar MPPT 150/85 - Tt	1	568,87 €	568,87 €
Inversor Phoenix Smart 48/5000	1	1.171,23 €	1.171,23 €
Baterías de Litio Growatt 2,5kW	10	796,54 €	7.965,40 €
Grupo electrógeno	1	994,70 €	882,07 €
Soportes	9	120,16 €	1.081,44 €
Tornillo para tejas	36	5,78 €	208,08 €
TOTAL			13.372,26 €

### 3. Materiales eléctricos

MATERIALES ELECTRICOS			
Cable de cobre 10 mm2 RV-K 0,6/1kV	100	1,67 €	167,04 €
Cable de cobre 35 mm2 RV-K 0,6/1kV	20	3,36 €	67,11 €
Cable de cobre 50 mm2 RV-K 0,6/1kV	6	6,98 €	41,85 €
Fusible cilíndrico 20 A, unipolar, con portafusible	3	6,84 €	20,52 €
Fusible cilíndrico 80 A, unipolar, con portafusible	3	4,34 €	13,02 €
Fusible cilíndrico 100 A, unipolar, con portafusible	3	4,57 €	13,71 €



Pico de puesta a tierra 1 metro	1	6,72 €	6,72 €
Tubo PVC rígido 32 mm, incluye un manguito cada 3 metros	6	1,19 €	7,14 €
Tubo PVC rígido 25 mm, incluye un manguito cada 3 metros	30	0,85 €	25,50 €
Codos PVC 32 mm	4	1,18 €	4,72 €
Codos PVC 25 mm	14	0,63 €	8,82 €
TOTAL			376,15 €

#### 4. Mano de obra

MANO DE OBRA			
Descripción	Unidades	Coste/unidad	Coste total
Oficial 1ª, instalador electrico	8	19 €	152 €
Peon, ayudante de instalador	8	10 €	80 €
Ingeneria, gestion de proyectos	3	25 €	75 €
TOTAL			307 €

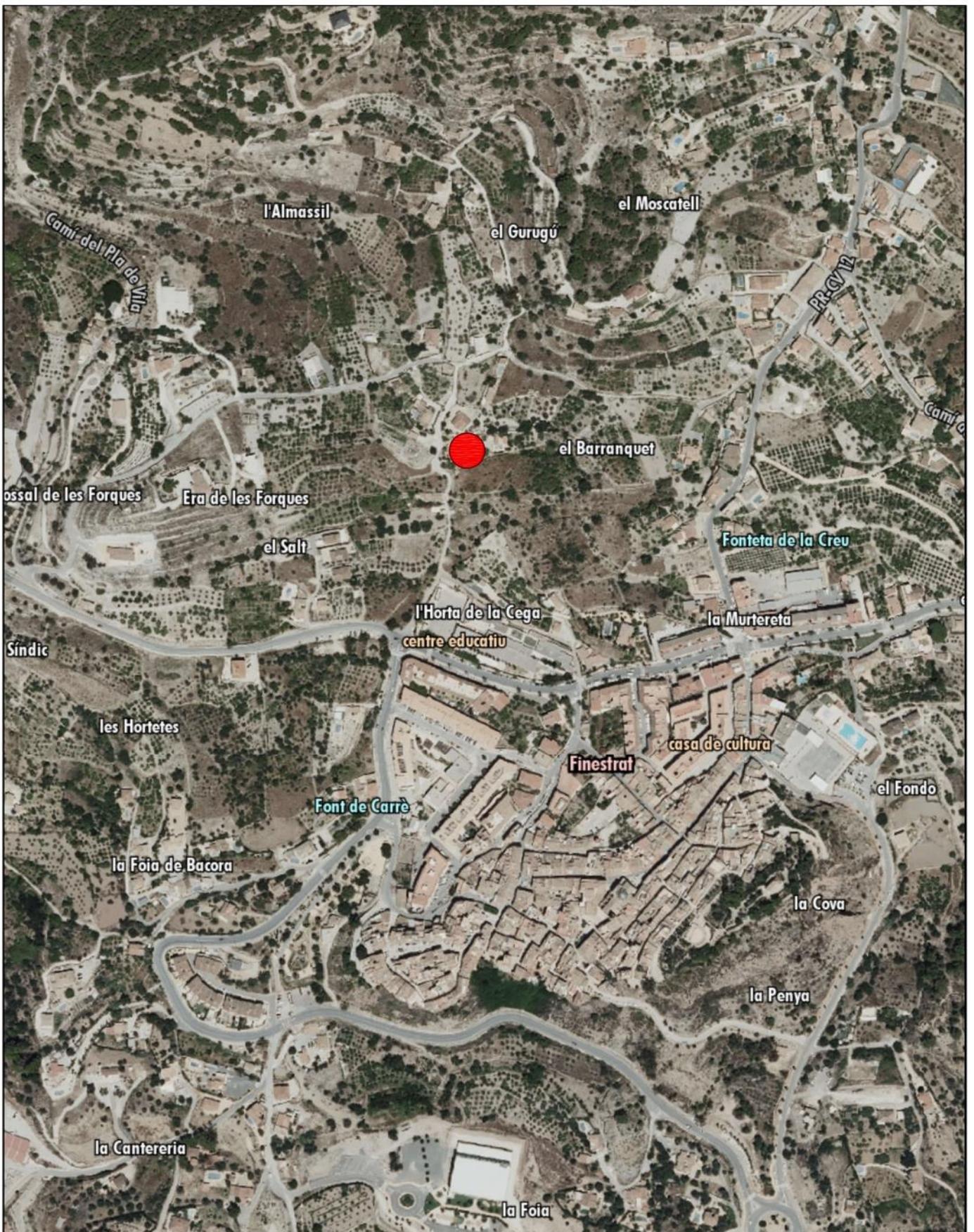
#### 5. Resumen presupuesto

RESUMEN PRESUPUESTO	
Descripción	Coste
Componentes fotovoltaicos	13.372,26 €
Materiales eléctricos	376,15 €
Mano de obra	307 €
Margen de beneficio	1.124,43 €
Total	15.179,84 €
IVA	21%
Total + IVA	18.367,60 €



## PLANOS

### 1. Plano de situación



Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente

Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia

Fecha: 20/03/2022

Escala

1:10000

Autor: Pablo López Crujeiras

GIEIA

Plano:

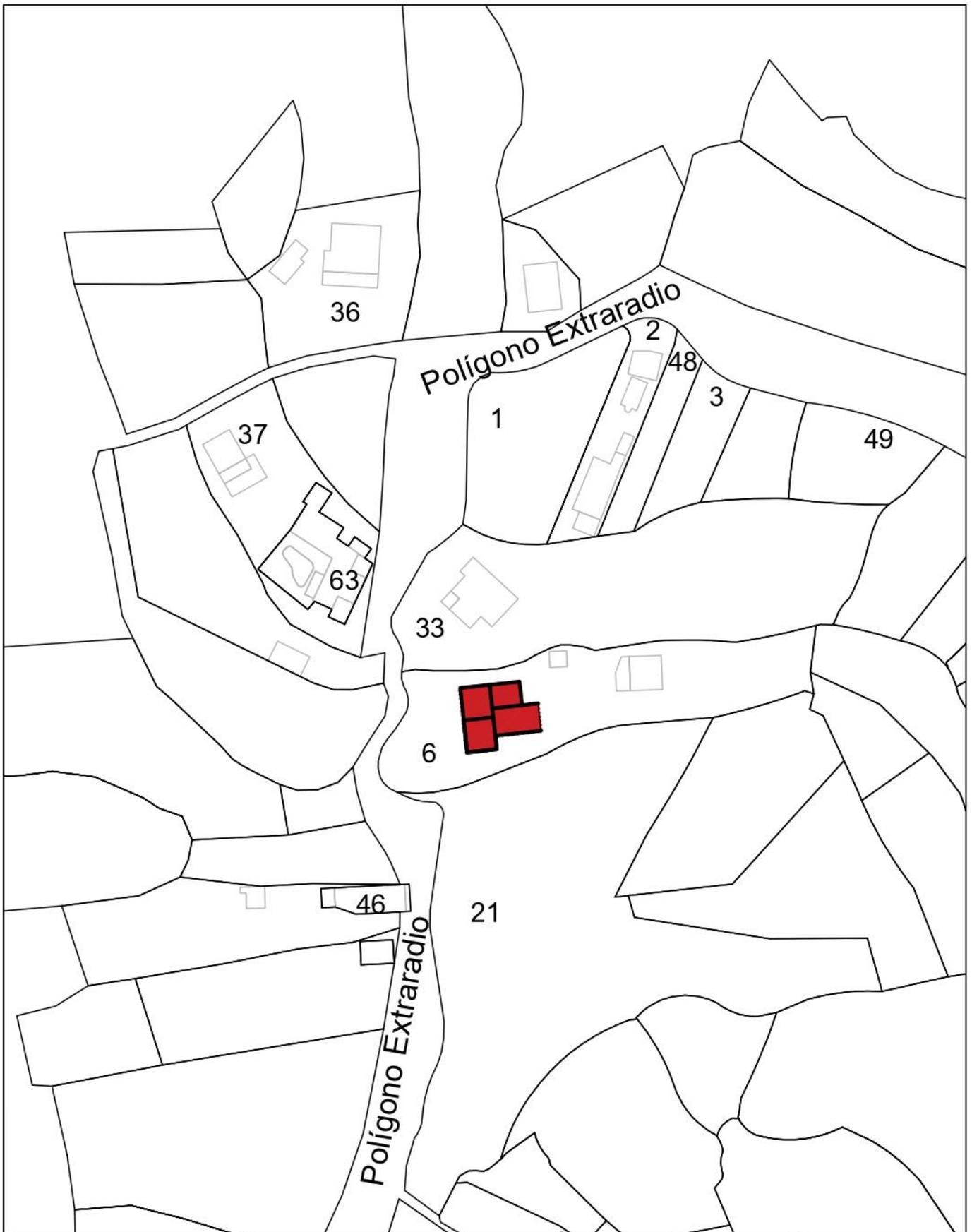
**SITUACIÓN**

Plano Nº

**01**



## 2. Plano de emplazamiento



Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente

Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia

Fecha: 20/12/2021

Escala

1:500

Autor: Pablo López  
Crujeiras

GIEIA

Plano:

**EMPLAZAMIENTO**

Plano Nº

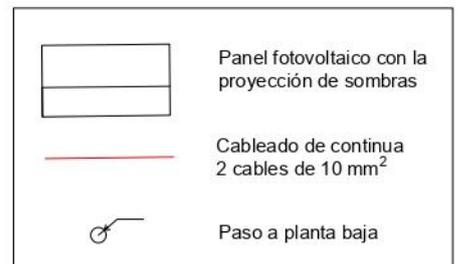
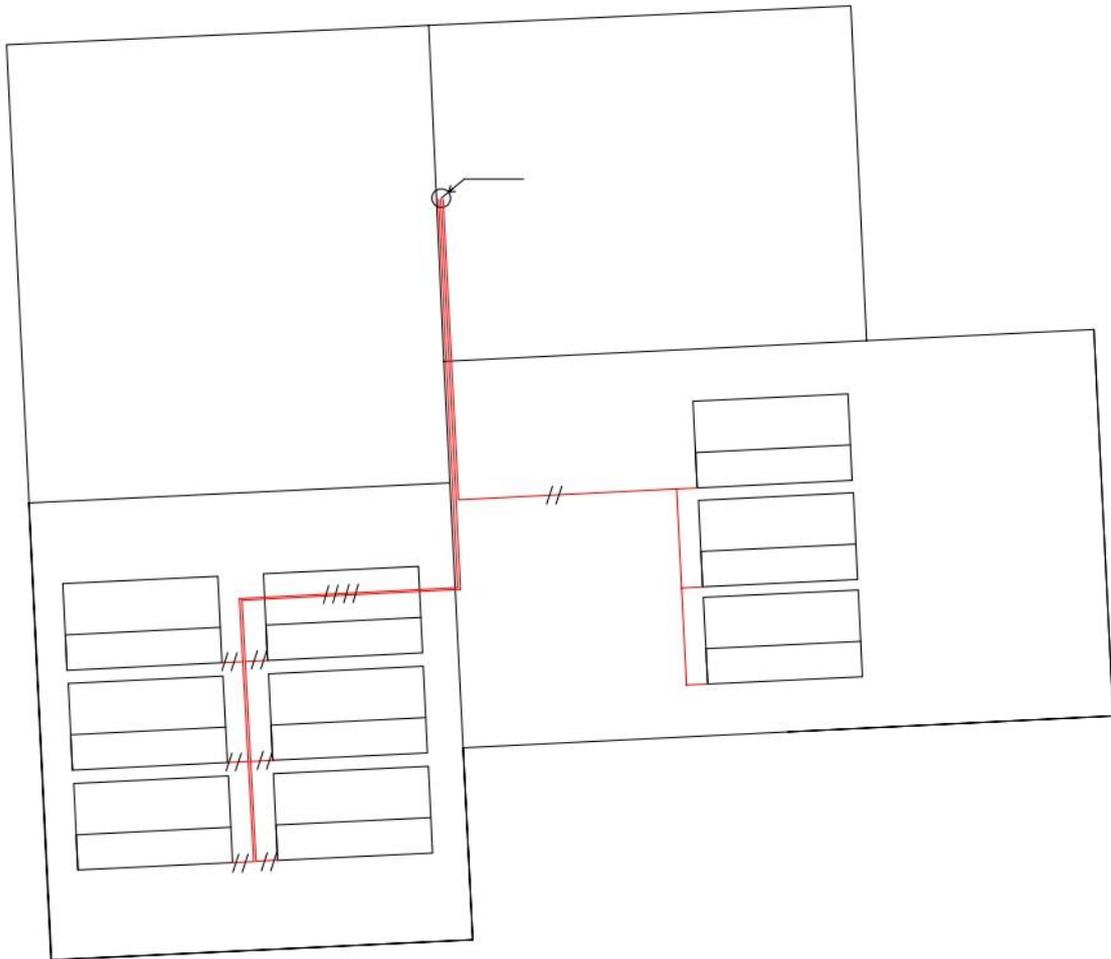
**02**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5kW  
para una vivienda en la comarca de Finestrat  
con ocupación permanente.

### 3. Plano cubierta



Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente

Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia

Fecha: 01/05/2022

Escala

1:100

Autor: Pablo López  
Crujeiras

GIEIA

Plano:

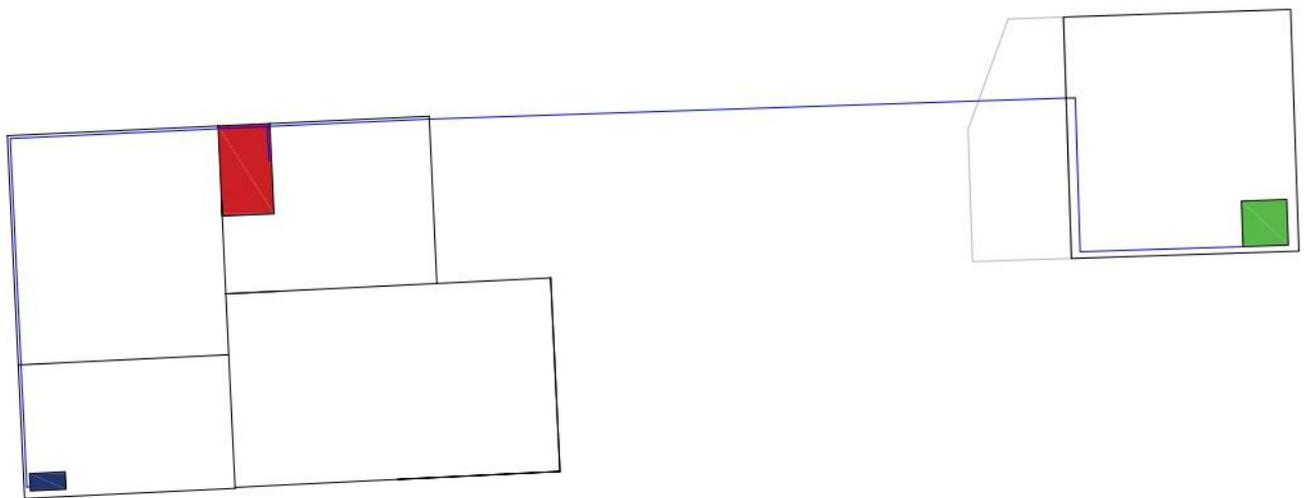
**CUBIERTA**

Plano Nº

**03**



## 4. Plano planta baja



Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente  
 Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia

Fecha: 01/05/2022

Escala

1:100

Autor: Pablo López  
 Crujeiras

Plano:

**PLANTA BAJA**

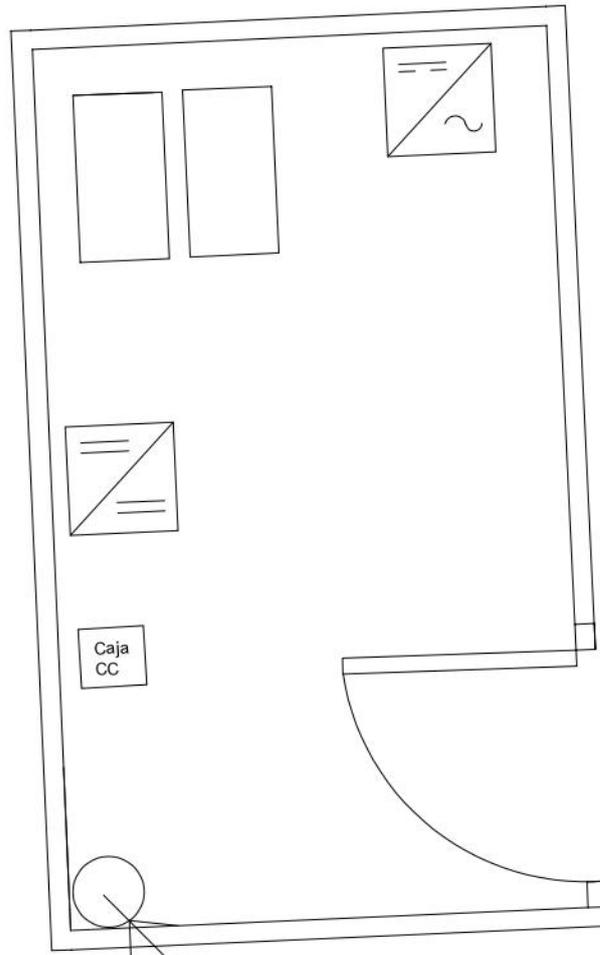
GIEIA

Plano Nº

**04**



## 5. Plano Sala técnica



Paso a tejado



Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente

Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia

Fecha: 01/05/2022

Escala

1:500

Autor: Pablo López Crujeiras

GIEIA

Plano:

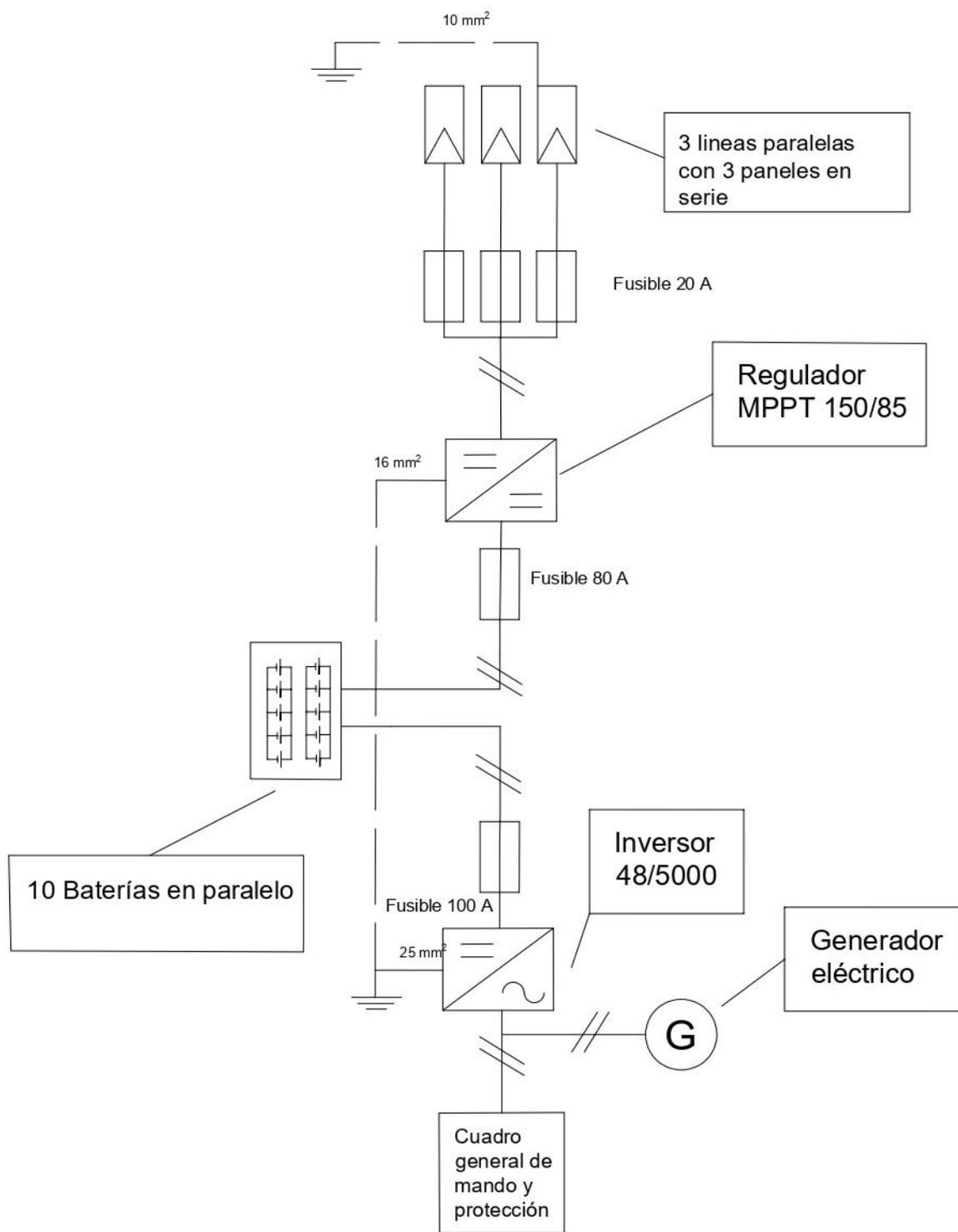
**SALA TECNICA**

Plano Nº

**05**



## 6. Esquema unifilar



<b>Proyecto: Instalación fotovoltaica aislada de la red de 5 kW para una vivienda rural en la comarca de finestrat con ocupación permanente</b> Emplazamiento: Polígono Extraradio 6, Finestrat, Valencia		Fecha: 20/06/2022
		Escala <b>SE</b>
Autor: Pablo López Crujeiras GIEIA	Plano: <b>ESQUEMA UNIFILAR</b>	Plano N° <b>06</b>