



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Estudio técnico y económico de una instalación renovable híbrida, aislada de la red, para abastecimiento de una vivienda rural.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Castañeda Maiques, Noemí

Tutor/a: Pascual Molto, Marcos

Cotutor/a: Liberos Mascarell, María Antonia

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

## RESUMEN

---

---

El presente documento tiene como objeto el desarrollo del proyecto de una instalación renovable híbrida, aislada de la red, para el abastecimiento de una vivienda rural situada en el término municipal de la localidad de Castelló (de la Ribera Alta). Dicha instalación estará formada por las tecnologías solar fotovoltaica y minieólica.

El proyecto abarcará el diseño y cálculo de la instalación, así como su estudio económico con la intención de conseguir la máxima eficiencia y rentabilidad de esta.

**Palabras clave:** Instalación renovable híbrida, fotovoltaica, eólica, aislada de la red, vivienda rural.

## RESUM

---

---

El present document té com a objectiu el desenvolupament del projecte d'una instal·lació renovable híbrida, aïllada de la xarxa, per al abastiment d'un habitatge rural situat al terme municipal de la localitat de Castelló (la Ribera Alta). Aquesta instal·lació estarà formada per les tecnologies solar fotovoltaica i minieòlica.

El projecte abastirà el disseny i càlcul de la instal·lació, així com, el seu estudi econòmic, amb la intenció de aconseguir la màxima eficiència i rendibilitat de la mateixa.

**Paraules clau:** Instal·lació renovable híbrida, fotovoltaica, eòlica, aïllada de la xarxa, habitatge rural.

## ABSTRACT

---

---

The purpose of this document is the development of a hybrid renewable installation project, isolated from the grid, to supply power to a rural dwelling located in the municipality of Castelló (from Ribera Alta). This installation will consist of solar photovoltaic and mini wind technologies.

The project will encompass the design and calculation of the installation, as well as its economic study with the intention of achieving maximum efficiency and profitability.

**Key words:** Hybrid renewable installation, photovoltaic, wind, isolated from the grid, rural dwelling.

## Contenido

### Capítulo 1. Introducción y Aspectos Generales.

1.1. Introducción .....	1
1.2. Objeto.....	2
1.3. Alcance .....	2
1.4. Emplazamiento.....	2
1.5. Normativa aplicable .....	3
1.5.1. Legislación a nivel nacional .....	3
1.5.2. Legislación a nivel autonómico .....	4

### Capítulo 2. Descripción Técnica

2.1. Visión general.....	5
2.2. Objetivo de la instalación .....	6
2.3. Estudio de consumo .....	7
2.3.1. Consumo mensual.....	7
2.3.2. Consumo diario .....	8
2.4. Descripción de la instalación.....	9
2.5. Descripción de los equipos.....	10
2.5.1. Módulos Fotovoltaicos .....	10
2.5.2. Aerogenerador .....	10
2.5.3. Estructura de soporte.....	11
2.5.4. Reguladores.....	11
2.5.5. Baterías.....	12
2.5.6. Inversor.....	13

### Capítulo 3. Dimensionamiento. Cálculos Eléctricos Justificativos

3.1. Dimensionamiento de la instalación .....	14
3.1.1. Estudios de las condiciones de la zona.....	14
3.1.1.1. Estudio de irradiación solar y climatología.....	14
a) Irradiación solar mensual .....	15
b) Irradiación solar diaria.....	17
c) Climatología.....	18
3.1.1.2. Estudio del viento.....	21
3.1.2. Baterías.....	25
3.1.3. Potencia de la instalación.....	26
3.1.4. Dimensionamiento del generador eólico.....	27

3.1.5. Dimensionamiento del generador fotovoltaico .....	29
Número total de paneles conectados en serie.....	32
3.1.6. Regulador solar .....	32
3.1.7. Inversor.....	33
3.2. Conductores .....	33
3.2.1. Conexión DC.....	33
1) Tramo 1: Conexión Módulos Fotovoltaicos.....	33
2) Tramo 2: Final módulos – Regulador Solar.....	35
3) Tramo 3: Regulador Solar – Embarrado .....	37
4) Tramo 4: Aerogenerador – Inversor/Cargador .....	38
3.2.2. Conexión AC.....	39
1) Tramo 1: Inversor/cargador – Consumos .....	39
3.3. Sistema de puesta a tierra.....	41
3.4. Protecciones .....	42
3.4.1. Protecciones DC .....	42
3.4.2. Protecciones AC.....	44
<b>Capítulo 4. Presupuesto. Estudio Económico</b>	
4.1. Presupuesto.....	45
4.2. Estudio económico .....	46
4.3. Conclusiones.....	48
<b>Capítulo 5. Pliego de Condiciones Generales</b>	
5.1. Antecedentes .....	49
5.2. Descripción del Proyecto.....	49
5.2. Normativa y Regulaciones.....	50
5.3. Objetivos del Proyecto .....	50
5.4. Requisitos Técnicos.....	51
5.4.1. Energía Solar Fotovoltaica:.....	51
5.4.2. Energía Eólica: .....	51
5.4.3. Sistema de Almacenamiento de Baterías:.....	51
5.4.4. Infraestructura Eléctrica:.....	51
5.5. Seguridad y Medidas de Prevención .....	51
5.5.1. Medidas de Seguridad en el Trabajo:.....	51
5.5.2. Prevención de Riesgos Laborales: .....	52
5.6. Cronograma de Ejecución .....	52
5.7. Responsabilidades y Roles.....	52

5.8. Presupuesto.....	52
5.9. Garantías y Seguros.....	52
5.10. Mantenimiento y Garantías Post-Instalación.....	52
5.11. Documentación Requerida.....	53
5.12. Términos y Condiciones del Contrato.....	53
<b>Capítulo 6. Estudio Básico de Seguridad y Salud</b>	
6.1. Objeto.....	54
6.2. Características de la instalación.....	55
6.3. Análisis de riesgos y medidas preventivas.....	55
6.3.1. Riesgos y medidas preventivas para la Obra Civil.....	55
6.3.2. Riesgos y medidas preventivas para el Montaje.....	56
6.4. Aspectos generales.....	57
6.5. Normativa aplicable.....	57
<b>Capítulo 7. Estudio de Gestión de Residuos</b>	
7.1. Introducción.....	58
7.2. Identificación de Residuos Generados.....	58
7.3. Clasificación y Manejo de Residuos.....	59
7.4. Eliminación de Residuos.....	59
7.5. Formación y Sensibilización.....	59
7.6. Seguimiento y Control.....	59
7.7. Responsabilidades.....	60
7.8. Cumplimiento Normativo.....	60
<b>Anexos</b>	
Anexo A: Fichas Técnicas de los Elementos	

## Índice de Tablas

Tabla 1: Consumo energético por meses de la vivienda. ....	7
Tabla 2: Consumo energético por días de la vivienda. ....	8
Tabla 3: Características principales de los módulos fotovoltaicos seleccionados. ....	10
Tabla 4: Características principales del aerogenerador seleccionado. ....	11
Tabla 5: Características principales del regulador solar seleccionado. ....	12
Tabla 6: Características principales del regulador eólico seleccionado. ....	12
Tabla 7: Características principales de la batería seleccionada. ....	12
Tabla 8: Irradiación global media para cada mes en el año 2020 para una inclinación de 36, 30 y 39 grados. ....	16
Tabla 9: Irradiación global media para cada mes en el año 2019 y 2018 para una inclinación de 36 grados. ....	16
Tabla 10: Irradiación global para cada hora de un día tipo en los meses de julio y noviembre del año 2020 para una inclinación de 36 grados. ....	17
Tabla 11: Porcentaje promedio de días nublados y despejados por meses en la localidad de Castelló. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds">https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds</a> ....	19
Tabla 12: Temperatura promedio en la localidad de Castelló. Fuente: <a href="https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Durante%20el%20transcurso%20del%20a%C3%B1o,m%C3%A1s%20de%2035%20%C2%B0C">https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Durante%20el%20transcurso%20del%20a%C3%B1o,m%C3%A1s%20de%2035%20%C2%B0C</a> ....	20
Tabla 13: Velocidad del viento media por meses en km/h en Xàtiva. Fuente: <a href="https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php">https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php</a> ....	21
Tabla 14: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de enero. Fuente: <a href="https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php">https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php</a> ....	22
Tabla 15: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de octubre. Fuente: <a href="https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php">https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php</a> ....	23
Tabla 16: Potencias de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B. ....	27
Tabla 17: Producción de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B. ....	28
Tabla 18: Estimación de la producción por meses del generador fotovoltaico. ....	29
Tabla 19: Producción del generador fotovoltaico en kWh simulada en PV-GIS. Fuente: <a href="https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/">https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/</a> ....	30
Tabla 20: Estudio del balance de energía de la instalación para una potencia pico del generador FV de 9,34 kW. ....	30
Tabla 21: Estudio del balance de energía de la instalación para una potencia pico del generador FV de 8,33 kW. ....	31
Tabla 22: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno. Fuente: REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E ITC. ....	42
Tabla 23: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E ITC. ....	42
Tabla 24: Presupuesto del proyecto. ....	45



## Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación espacial del emplazamiento - 46270 Castelló, Valencia, España. Fuente: Google Maps. ....	3
Figura 2: Ubicación espacial del emplazamiento, falda de la Sierra de Santa Ana (Valencia). Fuente: Google Earth. ....	5
Figura 3: Vista en planta del emplazamiento (rojo). Superficie de la azotea de la casa donde se realizará la instalación (azul). Fuente: Google Earth. ....	6
Figura 4: Pantalla aplicación web PV-GIS para la obtención de datos de irradiación mensuales. Fuente: <a href="https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/">https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/</a> .....	15
Figura 5: Pantalla aplicación web PV-GIS para la obtención de datos de irradiación diarios. Fuente: <a href="https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/">https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/</a> .....	17
Figura 6: Rosa de los vientos simulada para Xàtiva. Muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada. Fuente: <a href="https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/x%C3%A0tiva_esp%C3%B1a_2516345">https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/x%C3%A0tiva_esp%C3%B1a_2516345</a> .....	25



# MEMORIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

---



## Capítulo 1

# Introducción y aspectos generales

### 1.1. Introducción

En los últimos años, ha habido un aumento en el interés por el desarrollo de sistemas de generación de energías renovables y sostenibles para suplir las necesidades energéticas de comunidades rurales y aisladas. Se plantea como una de las soluciones más prometedoras las instalaciones de sistemas híbridos (combinación de diferentes tecnologías de energías renovables), de modo que se cubren las flaquezas que cada una de las diferentes energías renovables puede tener.

En el contexto del presente proyecto, el estudio se enfoca en el diseño y análisis de una instalación híbrida aislada de la red para una vivienda rural, utilizando las tecnologías solar fotovoltaica y minieólica.

La energía solar es más constante y predecible durante el día, por otro lado, la energía eólica puede ser más variable, pero a menudo se produce en momentos en que la generación solar es más baja, como en días nublados o durante la noche. Al combinar ambos generadores, se logra una mayor cobertura y una generación más constante a lo largo del tiempo, maximizando la producción de energía y asegurando un suministro más estable.

Las viviendas rurales a menudo se encuentran alejadas de la red eléctrica convencional, lo que las hace dependientes de sistemas de generación de energía autónomos. Los sistemas híbridos que combinan paneles solares fotovoltaicos y turbinas eólicas de pequeña escala presentan una solución atractiva para abastecer los requerimientos energéticos de estas viviendas de manera sostenible y confiable.

## 1.2. Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño de una instalación híbrida eficiente y económicamente viable, que pueda satisfacer la demanda energética de una vivienda rural ubicada en el término municipal de Castelló (la Ribera Alta). Para ello, se realizará el estudio de la demanda energética, la selección de componentes, el dimensionamiento de la instalación, así como, el análisis económico de la misma. Se prende también, promover un mayor acceso a la electricidad y una reducción en el impacto ambiental asociado al consumo de energía.

## 1.3. Alcance

El proyecto abarcará los siguientes aspectos:

- Estudio del consumo de la vivienda.
- Dimensionamiento de la instalación teniendo en cuenta las condiciones existentes.
- Cálculo y diseño de la instalación.
- Estudio económico.
- Pliego de condiciones
- Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS)

## 1.4. Emplazamiento

Se trata de una vivienda rural ubicada en la falda de la Sierra de Santa Ana (Valencia), a las afueras del término municipal de Castelló (la Ribera Alta).

- Dirección: Plaza Polígono 11 Parcela 238 0019037 00YJ12E UTXERA
- Localidad: Castelló (Valencia)
- C.P.: 46270
- Coordenadas UTM:
  - Huso: 30 ETRS89
  - Longitud: 39° 03' 03" N
  - Latitud: 0° 32' 07" W
- Ref. Catastral: 46259A01100238

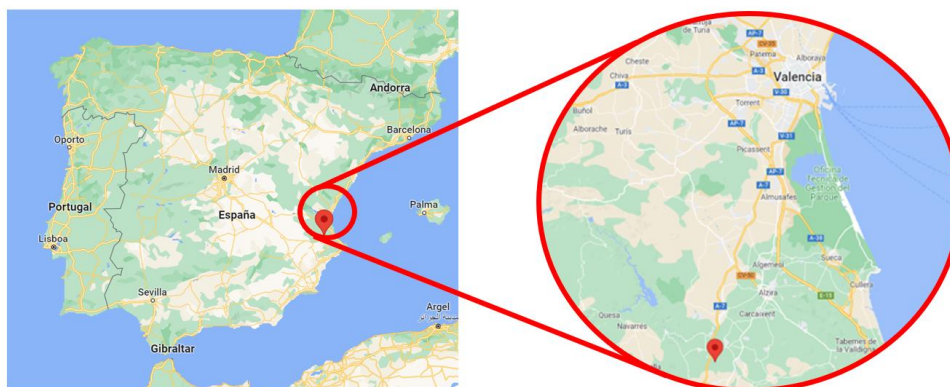


Figura 1: Ubicación espacial del emplazamiento - 46270 Castelló, Valencia, España. Fuente: Google Maps.

## 1.5. Normativa aplicable

Las características de la instalación, así como los materiales utilizados, los cálculos justificativos y la forma de ejecutar la instalación, se han realizado teniendo en cuenta y cumpliendo las siguientes disposiciones y reglamentos aplicables al presente proyecto.

### 1.5.1. Legislación a nivel nacional

- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- PCT-A-REV de febrero 2009, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red (Elaborado por IDAE y CENSOLAR).
- Orden HAP/703/2013, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.
- Real Decreto 477/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba la concesión directa a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla de ayudas para la ejecución de diversos programas de incentivos ligados al autoconsumo y al almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.
- Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables.
- Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.

### 1.5.2. Legislación a nivel autonómico

- Decreto-ley 14/2020, de 7 de agosto, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica.



## Capítulo 2

# Descripción Técnica

### 2.1. Visión general

Como se ha introducido anteriormente, el emplazamiento es una vivienda rural ubicada en la falda de la Sierra de Santa Ana (Valencia), a las afueras del término municipal de Castelló (la Ribera Alta). La parcela consta de 2.444 m<sup>2</sup> de los cuales 269 m<sup>2</sup> son de superficie construida. La instalación se prevé hacerse en la azotea de la casa, que consta de 150 m<sup>2</sup> de superficie.

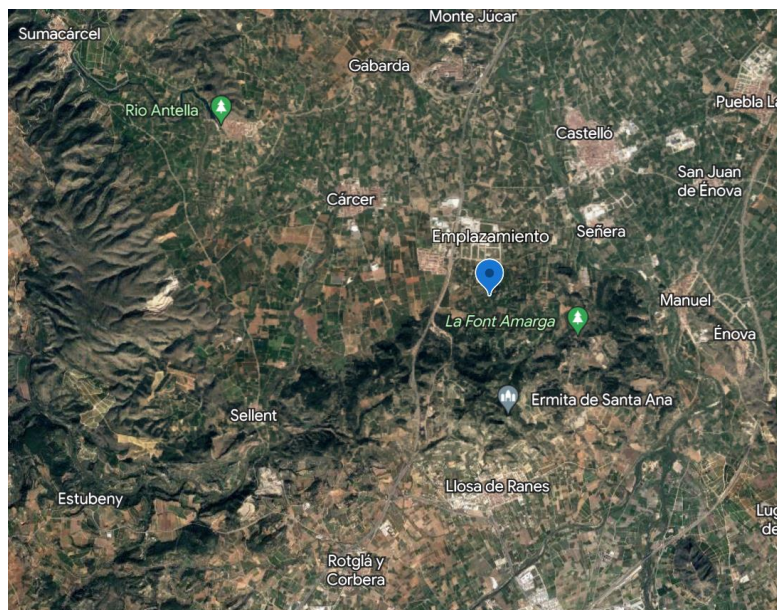


Figura 2: Ubicación espacial del emplazamiento, falda de la Sierra de Santa Ana (Valencia). Fuente: Google Earth.

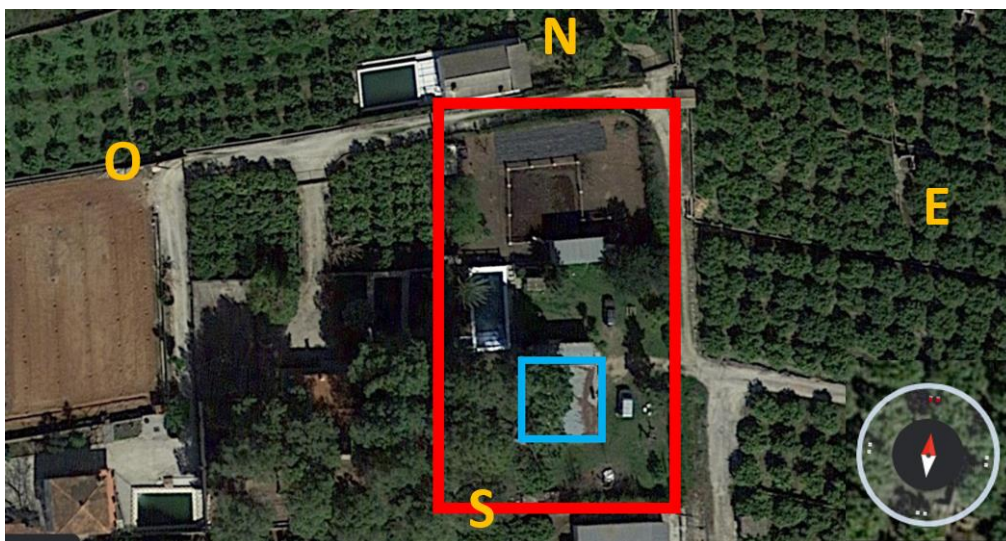


Figura 3: Vista en planta del emplazamiento (rojo). Superficie de la azotea de la casa donde se realizará la instalación (azul). Fuente: Google Earth.

Al suroeste de la casa (a la izquierda en la Figura 3) hay cuatro pinos de una altura aproximada de 15-20 m que pueden suponer un problema para la adecuada circulación del viento y por tanto el correcto funcionamiento del aerogenerador, así como, la generación de sombras sobre la superficie de la azotea, que impediría una correcta generación de energía de los paneles. Por lo que, para evitarlo, y con el consentimiento del cliente, se procederá a talarlos. Este trabajo costará 1500 €, incluyendo talado y limpieza de los cuatro pinos.

## 2.2. Objetivo de la instalación

Se trata de una vivienda rural que solía usarse para veranear y que ha sido reacondicionada para ser habitada durante todo el año.

Con los años, el cliente ha tenido varios problemas con el suministro eléctrico de la red, ya que se trata de una instalación vieja y que, al estar a las afueras de un pueblo pequeñito, no se prevé que se renueve. Cuando ha habido temporales, se han producido accidentes (caída de un apoyo, rotura de conductores, etc.) que han dejado sin suministro a la vivienda durante varios días, y sin mencionar el elevado precio de la energía eléctrica actualmente.

Por todo ello, el propósito principal de la instalación es, además del factor económico y medioambiental, es decir, generar electricidad de manera sostenible y respetuosa con el entorno, conseguir también una independencia de la red eléctrica nacional y un suministro más estable y confiable.

Se pretende conseguir esta energía a partir de la radiación solar principalmente, no obstante, al tratarse de una instalación aislada sin compensación de la red, y ya que por la noche los paneles no pueden generar energía y en invierno, la eficiencia de los paneles es menor, se plantea la combinación de las tecnologías solar fotovoltaica y eólica (un pequeño aerogenerador de tecnología minieólica) para que ambas se complementen y puedan así, abastecer la demanda de manera más estable y equilibrada a lo largo del día (día y noche) y el año (verano e invierno).

## 2.3. Estudio de consumo

Se lleva a cabo un análisis del consumo y la potencia máxima demandada mediante las facturas de energía eléctrica consumida por la vivienda a lo largo del año 2022, obtenidas de la web cliente de Iberdrola, en la que se pueden visualizar los detalles de la factura.

### 2.3.1. Consumo mensual

En la Tabla 1 se puede observar el consumo por meses de la vivienda. Se puede apreciar que el consumo es bastante equilibrado, aunque se eleva en los meses más fríos, así como en los más calurosos. Esto se debe al uso sistemas de climatización principalmente.

El mes con un mayor consumo de energía es enero, con un valor de 356 kWh. Al ser el mes con más demanda energética, es el que se tendrá en cuenta para hacer el dimensionamiento de la instalación.

El consumo anual de la vivienda suma un total de 3.368 kWh/año.

*Tabla 1: Consumo energético por meses de la vivienda.*

<b>Consumo de la vivienda en 2022</b>	
<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Enero	356
Febrero	332
Marzo	278
Abril	239
Mayo	227
Junio	258
Julio	329
Agosto	297
Septiembre	242
Octubre	242
Noviembre	265
Diciembre	303

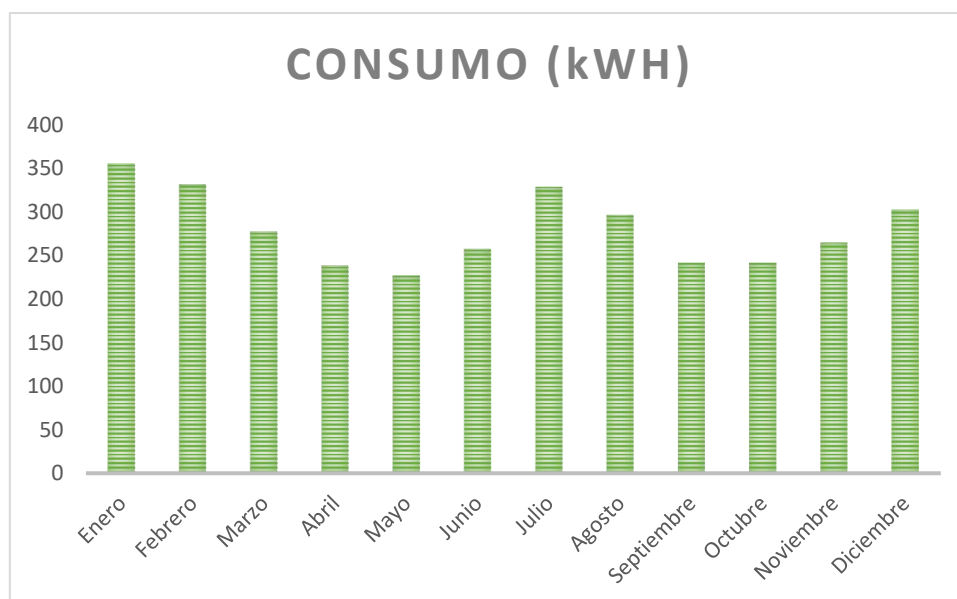


Gráfico 1: Distribución del consumo energético por meses de la vivienda.

### 2.3.2. Consumo diario

A continuación, se realiza el análisis del consumo por días del mes más desfavorable: Enero.

Se pueden observar los resultados en la Tabla 2. Los datos se han obtenido de la web Cliente de Iberdrola.

Tabla 2: Consumo energético por días de la vivienda.

#### Consumo de la vivienda en Julio (2022)

Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	12,86	17	12,21
2	12,8	18	11,34
3	7,63	19	10,93
4	8,27	20	11,87
5	9,32	21	14,96
6	8,03	22	10,57
7	10,76	23	14,57
8	10,63	24	11,24
9	12,23	25	13,68
10	10,94	26	10,55
11	13,8	27	14,61
12	12,23	28	13,46
13	10,46	29	10,39
14	9,02	30	12,77
15	12,99	31	11,12
16	10,7	<b>Promedio</b>	<b>11,51</b>

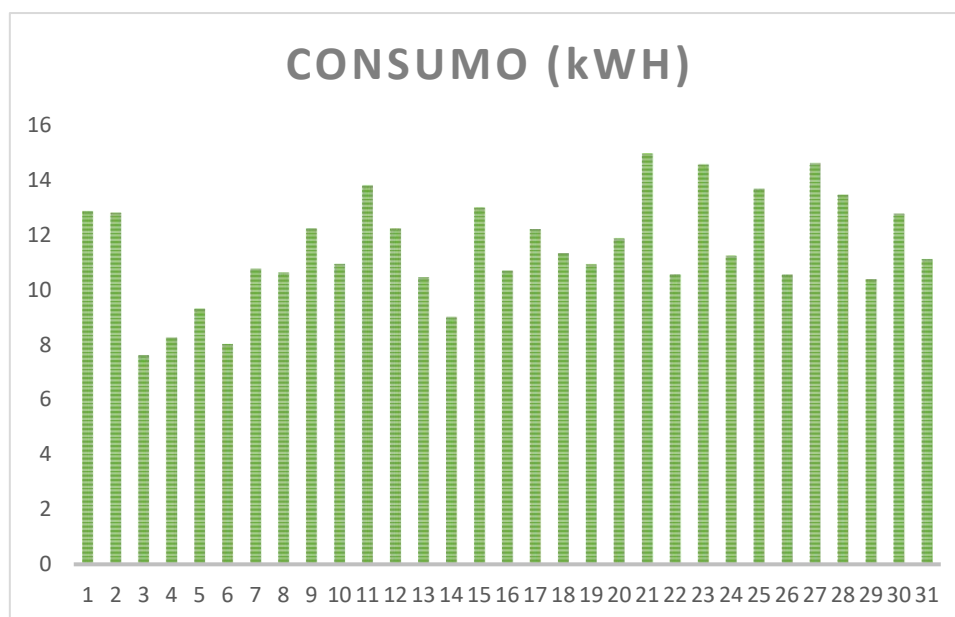


Gráfico 2: Distribución del consumo energético por días de la vivienda.

Se puede apreciar que el consumo diario varía entre 7 y 15 kWh a lo largo del mes. Para el cálculo de dimensionado se tomará el valor de consumo más desfavorable, siendo este de 14,96 kWh.

## 2.4. Descripción de la instalación

La instalación en cuestión se compone de la combinación de un generador fotovoltaico y un generador eólico. El generador fotovoltaico está formado por 8 paneles solares *Tensite* modelo EM550-PH formando 4 *strings* conectados en paralelo y formados por dos paneles conectados en serie, y conectados a un regulador solar MPPT de 85 A de la marca SRNE, modelo SR-MC4885N15. Mientras que, el generador eólico consta de un aerogenerador Enair E30PRO de 3 kW (aerogenerador de tamaño reducido, tecnología minieólica).

Ambos generadores estarán ubicados en la azotea del edificio. Los módulos solares se instalarán en soportes de suelo orientados al sur, en una única fila con una inclinación de 36°. Así mismo, se situarán en la esquina suroeste de la azotea, puesto que los árboles serán talados, los módulos también estarán libres de sombras producidas entre ellos y por otros objetos.

Por otro lado, el aerogenerador estará ubicado en la esquina noreste de la azotea para evitar interferir en la producción del generador fotovoltaico, es decir, que le haga sombra. Se instalará a una altura de 25 m. La turbina se conectará a un regulador eólico RCE-ENAIR-120.

La salida, en corriente continua, de los dos generadores se conecta a una batería de litio de la marca Tensite y modelo TS-L5000, destinada a almacenar los excedentes de energía producidos por los generadores. Y a un inversor/cargador Axpert MAX II *Off Grid* que convierte la corriente de continua a alterna y también actúa como un cargador de baterías proporcionando una gestión más eficiente de la energía almacenada en las baterías.

Este sistema híbrido ha sido diseñado para aprovechar tanto la radiación solar como la energía eólica con el objetivo de generar electricidad de manera sostenible y eficiente.

Los paneles solares están estratégicamente ubicados para captar la radiación solar de manera óptima y convertirla en energía eléctrica utilizable. Estos paneles, junto con el aerogenerador, permiten aprovechar dos fuentes de energía renovable complementarias y maximizar la generación de electricidad en diferentes condiciones climáticas.

## 2.5. Descripción de los equipos

### 2.5.1. Módulos Fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos o módulos fotovoltaicos son dispositivos diseñados para convertir la energía solar en electricidad utilizando el efecto fotovoltaico. Estos paneles están compuestos por células solares que contienen materiales semiconductores, generalmente silicio, que absorben la luz solar y generan una corriente eléctrica. A medida que la luz del sol incide sobre los paneles, los electrones se liberan en el material semiconductor, creando una corriente continua que puede ser utilizada para alimentar una amplia variedad de dispositivos y sistemas eléctricos. Los paneles solares fotovoltaicos han ganado popularidad debido a su capacidad para generar energía limpia y renovable, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a la mitigación del cambio climático.

En este caso se han empleado los paneles *Tensite* modelo EM550-PH. Se trata de un módulo fotovoltaico de 550 W formado por 144 células con la tecnología Half cell Mono PERC

Las características principales de este módulo se detallan en la Tabla 3 y se adjunta la ficha técnica en el Anexo B.

Tabla 3: Características principales de los módulos fotovoltaicos seleccionados.

Características principales EM550-PH	
Potencia Máxima (Pmax)	550 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	41,95 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	13,12 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48,80 V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	13,98 A
Eficiencia del Módulo	21%
Tolerancia de Potencia	0+3%

### 2.5.2. Aerogenerador

El aerogenerador, impulsado por el viento, se encarga de convertir la energía cinética del viento en electricidad, agregando una fuente adicional de generación limpia y renovable. En este caso,

usando tecnología minieólica, su tamaño compacto y diseño eficiente lo hacen ideal para instalaciones de pequeña escala, como la que se describe en este proyecto.

Estos dispositivos suelen constar de un rotor con palas que giran cuando son impactadas por el viento, y un generador que convierte el movimiento del rotor en electricidad. Los miniaerogeneradores ofrecen una alternativa sostenible para la generación de energía en lugares con recursos eólicos favorables, permitiendo aprovechar la energía eólica local y reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Se ha seleccionado la turbina Enair E30PRO de 3 kW. Las características de la turbina se detallan en la Tabla 4 y se adjunta la ficha técnica en el Anexo B.

*Tabla 4: Características principales del aerogenerador seleccionado.*

<b>Características principales E30PRO</b>	
Nº palas	3
Potencia	3000 W
Tensión	24/48/220 V
Viento de arranque	2 m/s
Viento nominal	11 m/s
Diámetro	3,8 m

### 2.5.3. Estructura de soporte

Es necesaria la selección de una estructura que soporte de manera firme y resistente los paneles solares y que además los oriente en la inclinación deseada. Puesto que se van a instalar en la azotea (superficie plana) se ha seleccionado una estructura de suelo de la marca Sunfer, con la capacidad de 8 paneles organizados en dos filas. De este modo se ahorra espacio y se evita la posibilidad de la generación de sombras entre filas de paneles.

En cuanto a la estructura de soporte del aerogenerador, se ha seleccionado una torre cuatripata autosoportada P750 de 13m.

### 2.5.4. Reguladores

Los reguladores, también conocidos como controladores de carga, son componentes esenciales en los sistemas de energía renovable, especialmente en aquellos que utilizan paneles solares o aerogeneradores. Su función principal es proteger y controlar la carga de las baterías, asegurando una carga adecuada y evitando sobrecargas o descargas profundas que puedan dañar las baterías. Los reguladores monitorean constantemente el estado de carga de las baterías y regulan la corriente que fluye hacia ellas, garantizando una carga óptima y prolongando su vida útil. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la eficiencia y el rendimiento de los sistemas de energía renovable, al tiempo que brindan un control y protección adecuados para las baterías y otros componentes.

Para esta instalación se han utilizado dos reguladores, uno para cada generador.

El regulador solar seleccionado ha sido el regulador solar MPPT de la marca SRNE modelo SR-MC4885N15. Este regulador permite rastrear y encontrar el punto de máxima potencia de los paneles solares, asegurando que operen en su punto óptimo de eficiencia y generen la máxima cantidad de energía posible.

Las características se detallan en la Tabla 5 y se adjunta la ficha técnica en el Anexo B.

*Tabla 5: Características principales del regulador solar seleccionado.*

**Características principales de SR-MC4885N15**

Tensión de entrada máxima de energía solar (25°C)	150 V
Corriente de carga	85 A
Potencia del panel solar (48V)	5.200 W

El regulador eólico seleccionado forma parte de la misma marca que el aerogenerador y esta diseñado para el mismo. Es el regulador eólico RCE-ENAIR-120. Tiene las siguientes características principales.

*Tabla 6: Características principales del regulador eólico seleccionado.*

**Características principales de RCE-ENAIR-120**

Clasificación del voltaje del sistema	24/48 V
Control de carga de la intensidad	120 A

### 2.5.5. Baterías

Las baterías son dispositivos de almacenamiento de energía que desempeñan un papel fundamental en los sistemas de energía renovable. Estos dispositivos electroquímicos permiten almacenar la energía generada para su uso posterior cuando la generación es baja o cuando la demanda energética es alta, proporcionando una fuente confiable de energía durante la noche o en momentos de baja radiación solar o baja velocidad del viento. Las baterías almacenan energía en forma química y la liberan en forma de corriente eléctrica cuando es necesario. Además de proporcionar energía durante períodos sin generación, las baterías también ofrecen beneficios como el respaldo de energía en caso de cortes de electricidad y la posibilidad de maximizar la eficiencia del sistema al permitir el uso de energía generada durante los momentos de mayor producción. Las baterías permiten una mayor autonomía energética y una mayor integración de las fuentes de energía renovable en los sistemas eléctricos.

Se ha escogido la batería de litio de la marca Tensite, modelo TS-L5000. Las características de la misma se detallan en la Tabla 7 y se adjunta la ficha técnica en el Anexo B.

*Tabla 7: Características principales de la batería seleccionada.*

**Características principales de TS-L5000**

Energía total	4,9 kWh
Potencia máxima	6 kW
Corriente nominal	60 A
DOD máximo recomendado	90 %



### 2.5.6. Inversor

El inversor convierte la corriente continua generada por los paneles solares y el aerogenerador en corriente alterna, que es la forma de electricidad utilizada en los hogares y dispositivos eléctricos convencionales. Los inversores también desempeñan un papel crucial en la regulación y estabilización de la energía generada, garantizando una calidad de corriente adecuada y optimizando la eficiencia del sistema.

Para esta instalación se ha seleccionado un inversor/cargador, de la marca *VoltronicPower* el modelo *Aspert MAX II Off-Grid*. Su función principal es convertir la energía eléctrica almacenada en las baterías (corriente continua, DC) en energía utilizable para los consumos de la vivienda (corriente alterna, AC). Es decir, toma la corriente continua de las baterías y la transforma en corriente alterna con la tensión y frecuencia adecuadas para alimentar los aparatos eléctricos y electrodomésticos de la vivienda.

Además de su función de inversor, el inversor/cargador también actúa como un cargador de baterías. Cuando hay disponibilidad de energía de los generadores (paneles solares o aerogeneradores) y los consumos de la vivienda son bajos, el excedente de energía se utiliza para cargar las baterías, manteniéndolas en un nivel óptimo de carga. Esto garantiza que las baterías estén listas para suministrar energía cuando la demanda aumenta o cuando no hay suficiente generación de energía en un momento dado.

Las características principales del inversor/cargador se detallan en la ficha técnica en el Anexo B.

## Capítulo 3

# Dimensionamiento. Cálculos Eléctricos Justificativos

### 3.1. Dimensionamiento de la instalación

Puesto que se trata de una instalación híbrida, se calculará el dimensionamiento de el generador fotovoltaico y el del generador eólico de manera separada. Ambos estarán conectados a baterías e inversor comunes.

La energía solar es más estable y predecible que la eólica. Por ello, para la instalación se asigna un 70% de la producción de energía al generador fotovoltaico y un 30% al generador eólico. De este modo, el generador fotovoltaico será el principal suministrador, mientras que, el eólico se encargará de suplir los momentos de menor producción del fotovoltaico, proporcionando estabilidad y confiabilidad al sistema.

#### 3.1.1. Estudios de las condiciones de la zona

##### 3.1.1.1. Estudio de irradiación solar y climatología

Para el cálculo del dimensionado del generador fotovoltaico, en primer lugar, se determinarán los niveles de irradiación solar en la zona del emplazamiento. Para ello, se utiliza la aplicación web PV-GIS. En ella, se pueden obtener los datos recogidos a lo largo de los años sobre la

irradiación por zonas. Por tanto, se seleccionará la ubicación del emplazamiento y se visualizarán los datos del año 2020, que es el último año en el que se han recogido datos.

Se pide a la aplicación la información sobre la irradiación global, que es la suma de la irradiación directa y la irradiación difusa, ya que, los módulos fotovoltaicos son capaces de absorber ambas.

En cuanto a el ángulo de inclinación de los paneles, la mejor inclinación para optimizar la producción en verano es el ángulo de la latitud de la ubicación menos 15°. Mientras que, para optimizarla en invierno sería el ángulo de la latitud de la ubicación más 15°. Si queremos conseguir la mejor producción durante todos los meses del año la mejor inclinación es igual a la latitud del emplazamiento. En este caso, la latitud del emplazamiento es de 39,05°.

Puesto que el consumo anual de la instalación se prevé ligeramente mayor durante los meses de invierno y verano, y teniendo en cuenta que la mayoría de los soportes de los paneles vienen por defecto a 30°, se hará el análisis para ambas inclinaciones y se decidirá cuál es más conveniente según los niveles de irradiación para cada una. También se tendrá en cuenta el valor de ángulo óptimo que proporciona la aplicación de PV-GIS.

#### a) Irradiación solar mensual

En primer lugar, se recogen los datos por meses de la irradiación de la zona, una media de la irradiación global diaria para cada mes del año 2020.

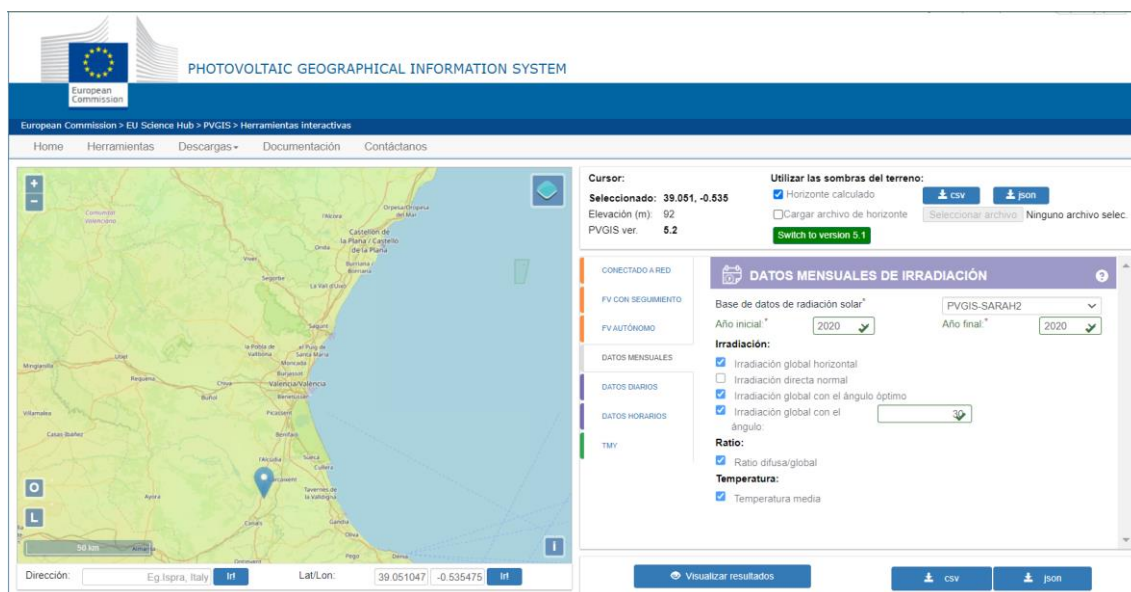


Figura 4: Pantalla aplicación web PV-GIS para la obtención de datos de irradiación mensuales. Fuente: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

Como se puede observar en la Figura 4, PV-GIS ofrece la posibilidad de tener en cuenta el ángulo de los paneles, así pues, también ofrece la opción del calcular el ángulo óptimo. Tal y como se ha mencionado, primero se recogerán los datos para una inclinación de los paneles de 30° y posteriormente para 39°, también se tendrá en cuenta los datos del ángulo óptimo que la aplicación calcula.

Los datos obtenidos de la irradiación mensual en 2020 se recogen a continuación en la Tabla 8 y se representan en el Gráfico 3.

Tabla 8: Irradiación global media para cada mes en el año 2020 para una inclinación de 36, 30 y 39 grados.

Mes (2020)	Irradiación global 36° (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación global 30° (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación global 39° (kWh/m <sup>2</sup> )
Ene	138,26	131,11	142,12
Feb	174,71	168,32	177,96
Mar	126,89	125,51	127,3
Abr	160,66	162,03	159,25
May	203,37	208,39	199,48
Jun	206,13	213,21	201,15
Jul	211,98	218,44	207,53
Ago	216,48	219,72	213,77
Sep	185,2	184,2	185,13
Oct	181,52	176,37	183,99
Nov	127,51	121,94	130,45
Dic	139,59	131,81	143,83

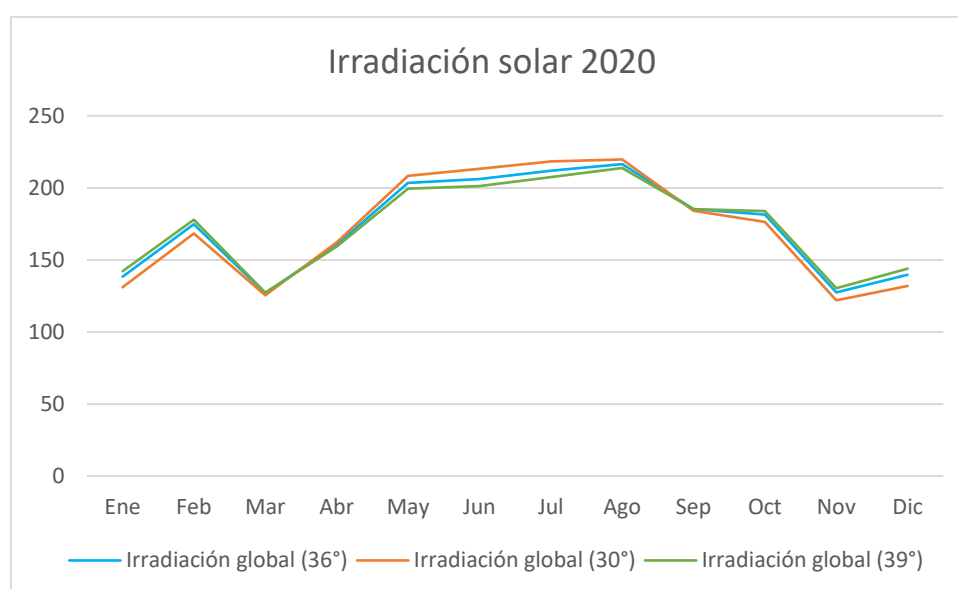


Gráfico 3: Irradiación global media para cada mes en el año 2020 para una inclinación de 36, 30 y 39 grados.

Con estos datos se determina que el ángulo más favorable para la instalación podría ser una inclinación fija anual de 36° ya que, mantiene una irradiación más equilibrada durante todo el año, siendo ligeramente más elevada en los meses de invierno, de forma que se adapta mejor a la demanda de la vivienda.

A continuación, se procede a obtener los datos para los años 2019 y 2018 para valorar aproximadamente cual es el mes con menor y mayor irradiación global. Se recogen los datos en la Tabla 9.

Tabla 9: Irradiación global media para cada mes en el año 2019 y 2018 para una inclinación de 36 grados.

Mes (2018)	Irradiación global 36° (kWh/m <sup>2</sup> )	Mes (2019)	Irradiación global 36° (kWh/m <sup>2</sup> )
------------	--	------------	--

<b>Ene</b>	159,0	<b>Ene</b>	162,33
<b>Feb</b>	134,66	<b>Feb</b>	169,5
<b>Mar</b>	165,65	<b>Mar</b>	195,98
<b>Abr</b>	175,55	<b>Abr</b>	160,29
<b>May</b>	206,79	<b>May</b>	205,74
<b>Jun</b>	202,81	<b>Jun</b>	209,73
<b>Jul</b>	224,24	<b>Jul</b>	215,79
<b>Ago</b>	206,82	<b>Ago</b>	211,96
<b>Sep</b>	164,57	<b>Sep</b>	161,82
<b>Oct</b>	154,51	<b>Oct</b>	170,69
<b>Nov</b>	105,37	<b>Nov</b>	137,06
<b>Dic</b>	148,55	<b>Dic</b>	114,06

El mes en el que generalmente se obtiene una irradiación menor es noviembre y el de mayor irradiación es julio.

#### b) Irradiación solar diaria

Para obtener con más detalle las horas de irradiación solar diarias, se procede a obtener los mismos datos para un día tipo del mes de enero (más desfavorable en cuanto a consumo) del año 2020, así como, para el mes de noviembre (con menor irradiación). Estos datos se recogen en la Tabla 10.

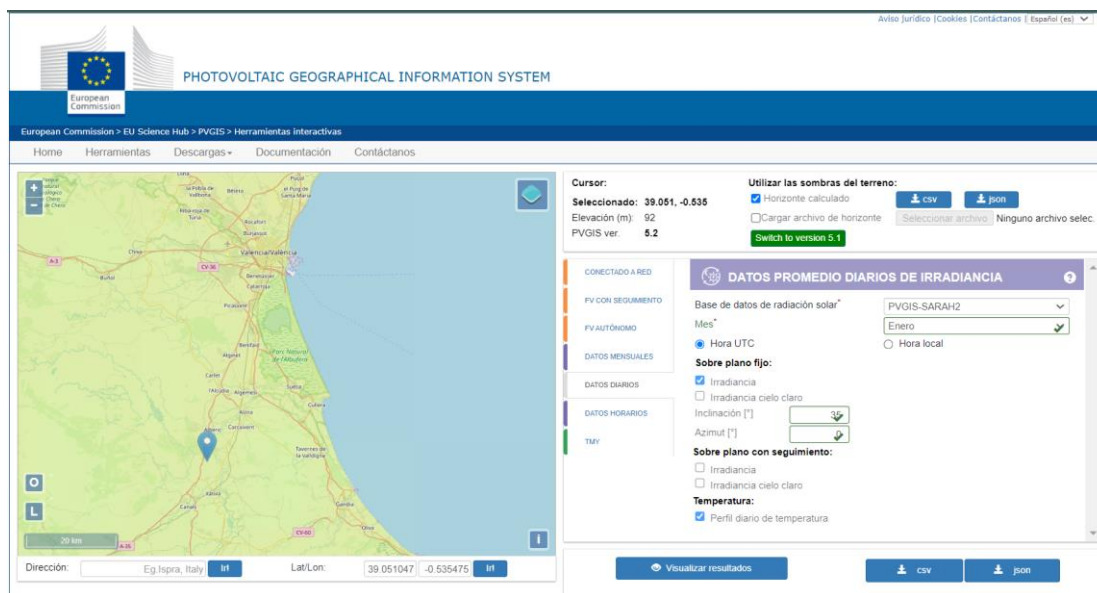


Figura 5: Pantalla aplicación web PV-GIS para la obtención de datos de irradiación diarios. Fuente: [https://re.irc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.irc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

Tabla 10: Irradiación global para cada hora de un día tipo en los meses de julio y noviembre del año 2020 para una inclinación de 36 grados.

Enero		Noviembre	
Hora (UTC)	Irradiancia global 36° (W/m <sup>2</sup> )	Hora (UTC)	Irradiancia global 36° (W/m <sup>2</sup> )
00:00	0,0	00:00	0,0

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN RENOVABLE HÍBRIDA, AISLADA DE LA RED, PARA ABASTECIMIENTO DE UNA VIVIENDA RURAL

01:00	0,0	01:00	0,0
02:00	0,0	02:00	0,0
03:00	0,0	03:00	0,0
04:00	0,0	04:00	0,0
05:00	0,0	05:00	0,0
06:00	0,0	06:00	0,0
07:00	0,0	07:00	48,77
08:00	208,93	08:00	273,32
09:00	407,08	09:00	447,09
10:00	583,99	10:00	582,38
11:00	677,15	11:00	673,09
12:00	716,43	12:00	691,12
13:00	660,58	13:00	624,99
14:00	569,89	14:00	494,15
15:00	415,6	15:00	346,98
16:00	229,44	16:00	125,66
17:00	0,18	17:00	0,0
18:00	0,0	18:00	0,0
19:00	0,0	19:00	0,0
20:00	0,0	20:00	0,0
21:00	0,0	21:00	0,0
22:00	0,0	22:00	0,0
23:00	0,0	23:00	0,0
<b>Promedio</b>	<b>186,22</b>	<b>Promedio</b>	<b>179,48</b>

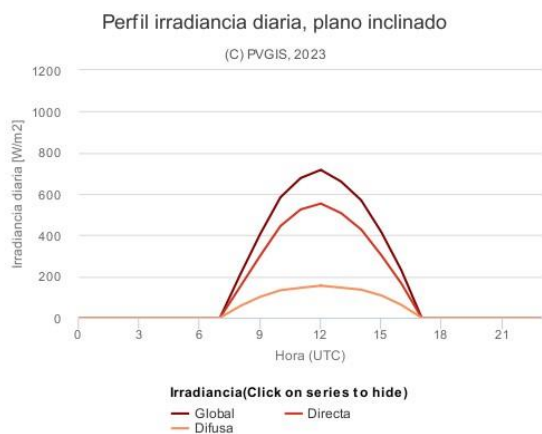


Gráfico 4: Irradiación global, directa y difusa para cada hora de un día tipo en el mes de enero del año 2020 para una inclinación de 36 grados. Fuente: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

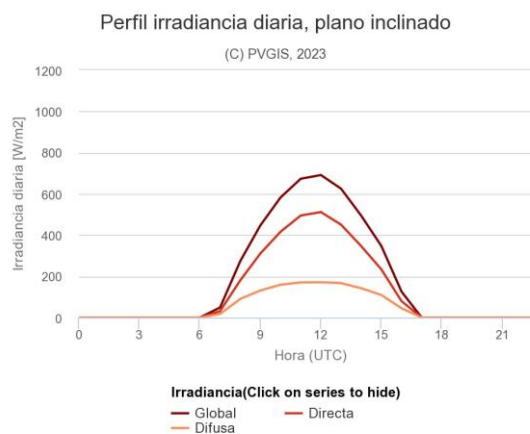


Gráfico 5: Irradiación global, directa y difusa para cada hora de un día tipo en el mes de noviembre del año 2020 para una inclinación de 36 grados. Fuente: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

### c) Climatología

También se deben tener en cuenta si existen largos periodos de cielos nublados y el rango de temperaturas anual en la zona.

## Climatología

En Castelló, la media del porcentaje de cielo cubierto con nubes experimenta cambios significativos a lo largo del año.

El período más despejado del año en Castelló comienza alrededor del 13 de junio, tiene una duración de 2,7 meses y finaliza aproximadamente el 5 de septiembre.

En cuanto al mes más despejado, destaca julio, ya que en promedio el cielo está mayormente despejado, despejado o parcialmente nublado el 89% del tiempo.

Por otro lado, el período más nublado del año comienza aproximadamente el 5 de septiembre, se extiende a lo largo de 9,3 meses y finaliza alrededor del 13 de junio.

En cuanto al mes más nublado, noviembre ocupa esa posición, ya que en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 44% del tiempo.

Tabla 11: Porcentaje promedio de días nublados y despejados por meses en la localidad de Castelló. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

Fracción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Más nublado (%)	41	41	41	40	40	25	11	18	34	44	44	43
Más despejado (%)	59	59	59	60	60	75	89	82	66	56	56	57

En el Gráfico 6 y 7 se observa la representación de estos valores.

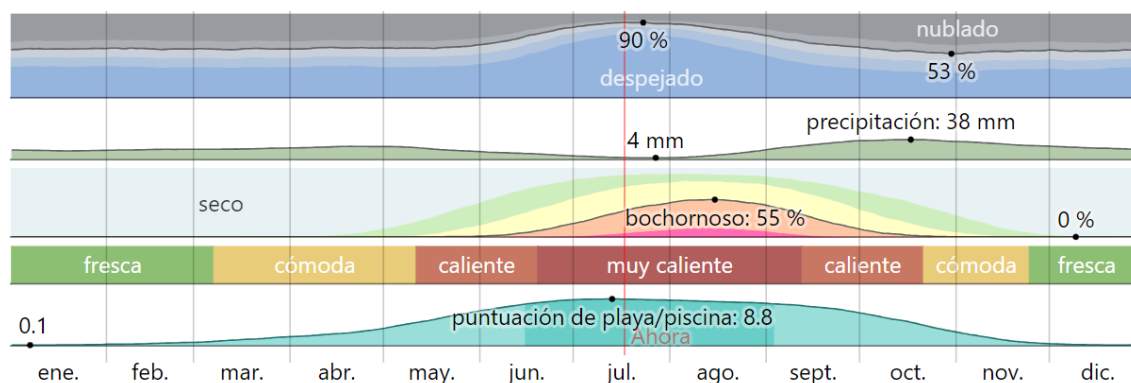


Gráfico 6: El tiempo por meses en Castelló. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

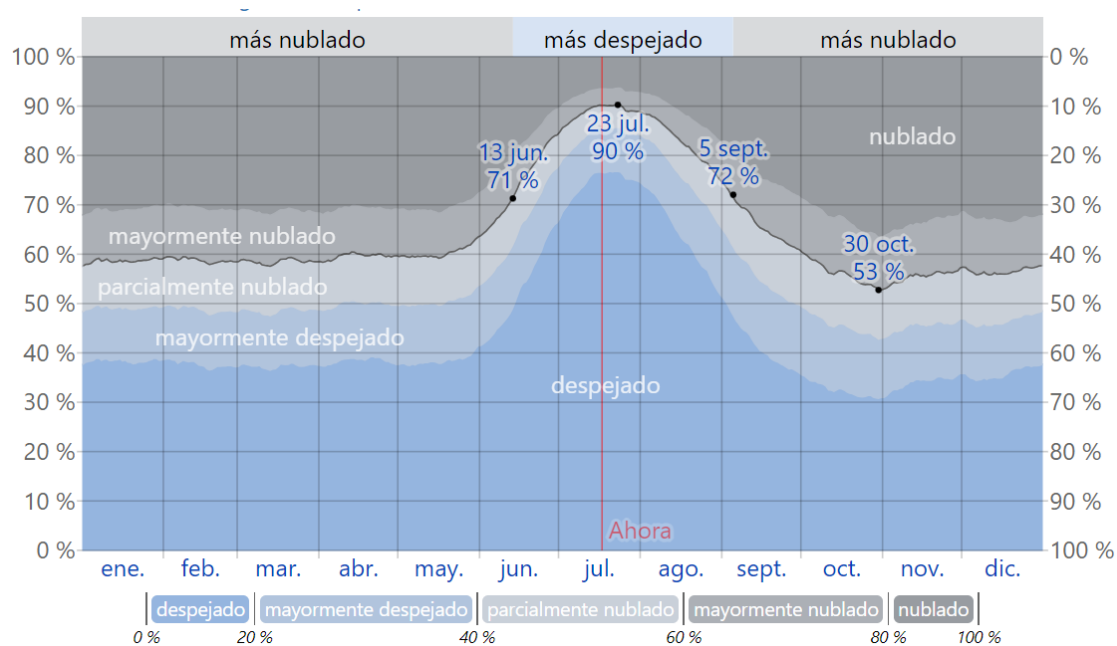


Gráfico 7: El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

Por tanto, se espera que la producción del generador fotovoltaico sea considerablemente mayor en los meses de verano que en el resto del año. También se espera que la producción del generador eólico sea mayor durante estos días/meses más nubosos. No obstante, y habiendo visto los valores de irradiación y nubosidad se puede afirmar que es una buena zona para implantar una instalación fotovoltaica, ya que a lo largo del año se tienen la mayoría de los días solados.

### Temperatura

El período de alta temperatura tiene una duración de 2,9 meses, que abarca desde el 17 de junio hasta el 13 de septiembre, y durante este tiempo, la temperatura diaria máxima promedio supera los 29 °C. En Castelló, el mes más caluroso del año es agosto, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una mínima de 21 °C.

Por otro lado, la temporada de clima más fresco se extiende a lo largo de 4,0 meses, desde el 17 de noviembre hasta el 15 de marzo, y durante este período, la temperatura diaria máxima promedio se mantiene por debajo de los 19 °C. El mes más frío en Castelló es enero, con una temperatura mínima promedio de 6 °C y una máxima de 16 °C.

Por tanto, el rango anual de temperaturas va desde los 6 a los 32 °C. Los datos anuales de temperatura promedio en la localidad de Castelló se describen y representan en la Tabla 12 y el Gráfico 8.

Tabla 12: Temperatura promedio en la localidad de Castelló. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Durante%20el%20transcurso%20del%20a%C3%B1o,m%C3%A1s%20de%2035%20C2%B0C.>

Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máxima °C	16	17	19	21	25	29	32	32	29	24	19	16



<b>Temp. °C</b>	10	11	14	16	19	24	27	27	24	19	14	11
<b>Mínima °C</b>	6	7	8	11	14	18	21	21	19	14	10	7

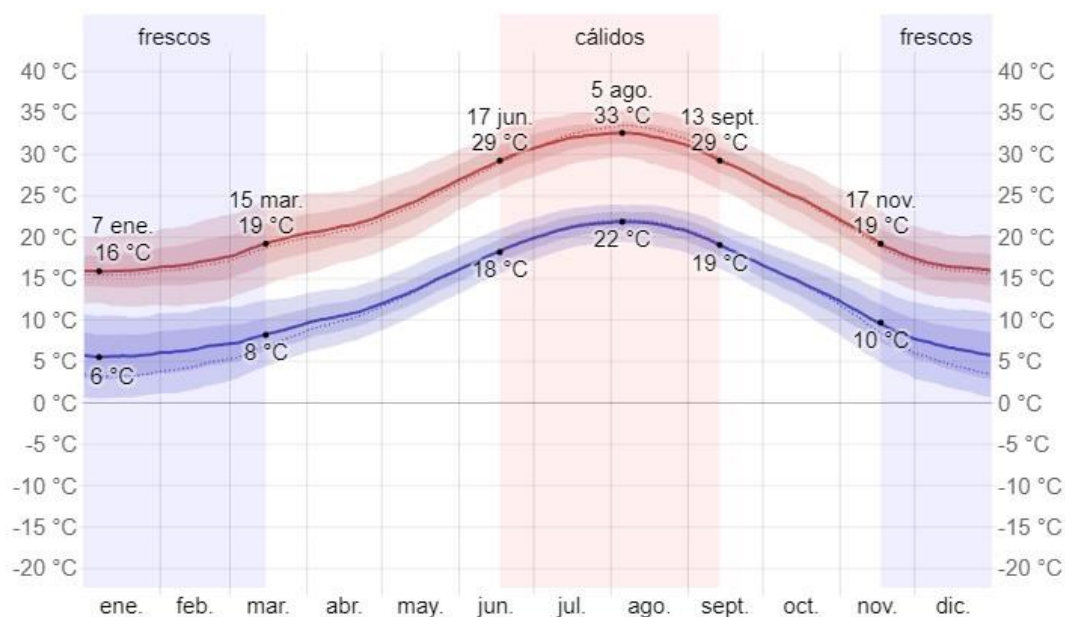


Gráfico 8: La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/42610/Clima-promedio-en-Villanueva-de-Castell%C3%B3n-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=Durante%20el%20transcurso%20del%20a%C3%B1o,m%C3%A1s%20de%2035%20C%2%B0C>.

En resumen, en Castelló, los veranos son cortos, cálidos, húmedos y mayormente despejados; los inviernos son largos, fríos, ventosos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 35 °C.

### 3.1.1.2. Estudio del viento

Para el estudio de la velocidad del viento, se obtienen los datos de la base de datos meteorológica de AEMET, para la estación meteorológica de Xàtiva, que es la más cercana al emplazamiento. Se obtienen los siguientes datos:

Tabla 13: Velocidad del viento media por meses en km/h en Xàtiva. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

Mes	Velocidad media del viento (km/h)
Ene	6,47
Feb	6,21
Mar	9,98
Abr	10,27
May	9,01
Jun	10,16
Jul	10,24
Ago	10,51

Sep	7,84
Oct	5,46
Nov	8,69
Dic	7,10

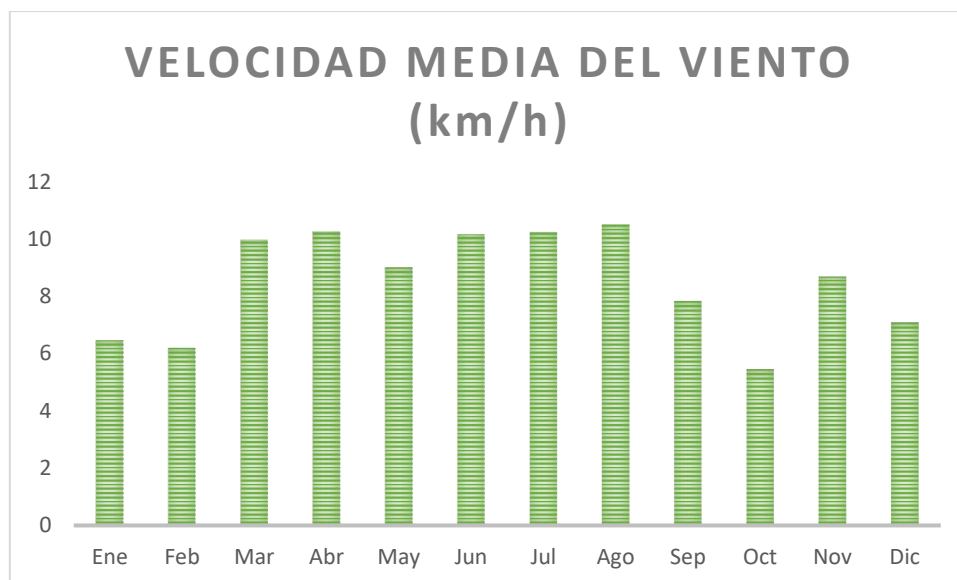


Gráfico 9: Velocidad del viento media por meses en km/h en Xàtiva. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

Se puede observar que la velocidad del viento es bastante constante en la zona a lo largo del año, siendo ligeramente mayor en los meses de marzo, abril, junio, julio y agosto. La velocidad media varía de los 6 a los 11 km/h.

A continuación, se tendrá en cuenta el mes más desfavorable en cuanto a demanda (enero) y al más desfavorable en cuanto a producción (menor velocidad del viento, en este caso, octubre).

Tabla 14: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de enero. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

Día	Velocidad media del viento (km/h)	Día	Velocidad media del viento (km/h)
01/01/2022	6,12	17/01/2022	5,04
02/01/2022	5,04	18/01/2022	3,96
03/01/2022	3,96	19/01/2022	5,04
04/01/2022	10,08	20/01/2022	6,12
05/01/2022	12,96	21/01/2022	3,96
06/01/2022	6,84	22/01/2022	2,88
07/01/2022	5,04	23/01/2022	2,16
08/01/2022	9	24/01/2022	5,04
09/01/2022	27	25/01/2022	6,12
10/01/2022	14,04	26/01/2022	5,04
11/01/2022	5,04	27/01/2022	5,04
12/01/2022	5,04	28/01/2022	6,12
13/01/2022	2,88	29/01/2022	3,96

14/01/2022	3,96	30/01/2022	5,04
15/01/2022	6,12	31/01/2022	7,92
16/01/2022	3,96	<b>Promedio</b>	<b>6,47</b>

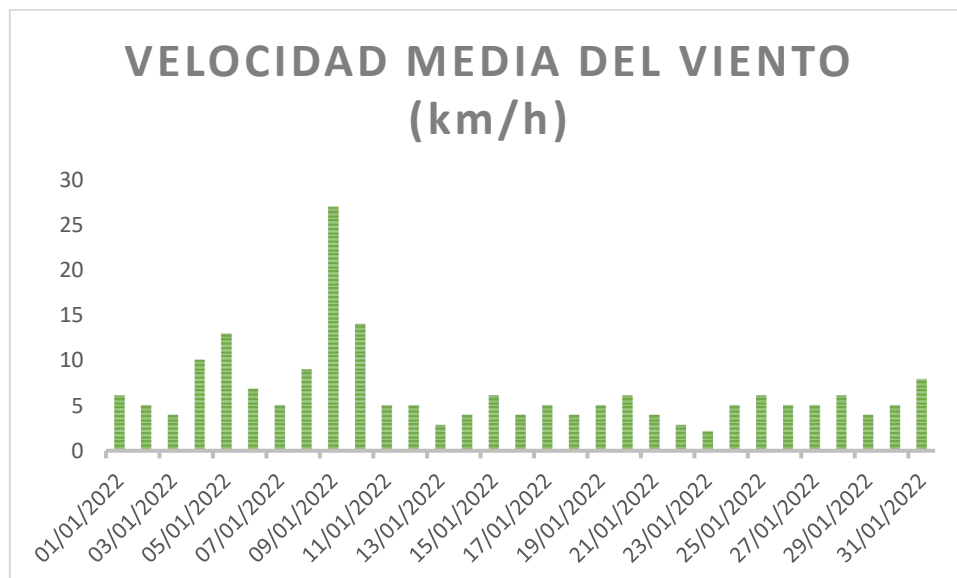


Gráfico 10: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de enero. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

En enero, la velocidad del viento varía entre 2 y 10 km/h.

Tabla 15: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de octubre. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

Día	Velocidad media del viento (km/h)	Día	Velocidad media del viento (km/h)
01/10/2022	6,12	17/10/2022	5,04
02/10/2022	5,04	18/10/2022	6,12
03/10/2022	3,96	19/10/2022	3,96
04/10/2022	6,12	20/10/2022	6,12
05/10/2022	6,84	21/10/2022	6,12
06/10/2022	2,88	22/10/2022	5,04
07/10/2022	7,92	23/10/2022	5,04
08/10/2022	9	24/10/2022	5,04
09/10/2022	3,96	25/10/2022	6,84
10/10/2022	5,04	26/10/2022	3,96
11/10/2022	10,08	27/10/2022	5,04
12/10/2022	6,84	28/10/2022	2,16
13/10/2022	6,12	29/10/2022	3,96
14/10/2022	6,12	30/10/2022	2,88
15/10/2022	5,04	31/10/2022	3,96
16/10/2022	6,84	<b>Promedio</b>	<b>5,46</b>

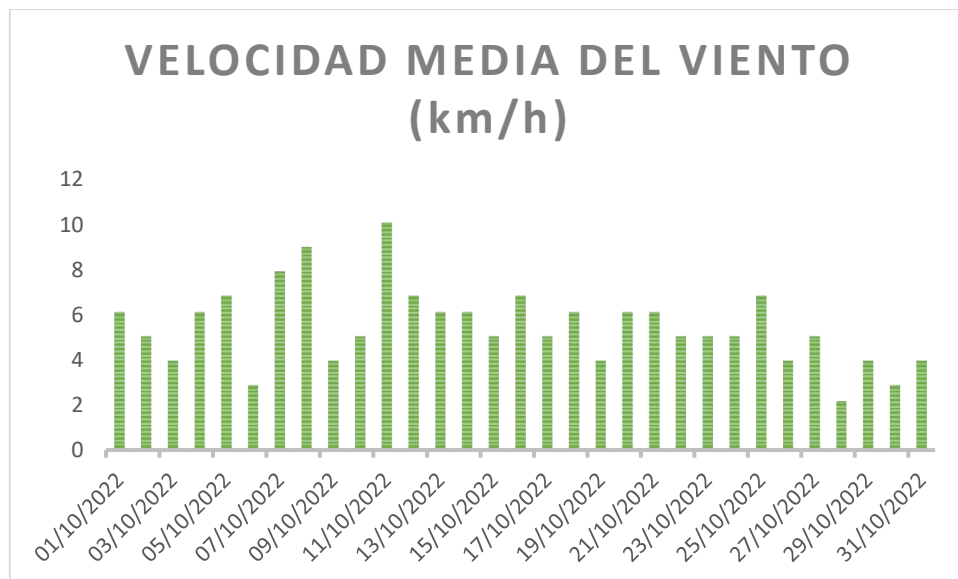


Gráfico 11: Velocidad del viento media por días en km/h en Xàtiva para el mes de octubre. Fuente: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php>

También se ha obtenido la rosa de los vientos para conocer la dirección del viento más persistente.

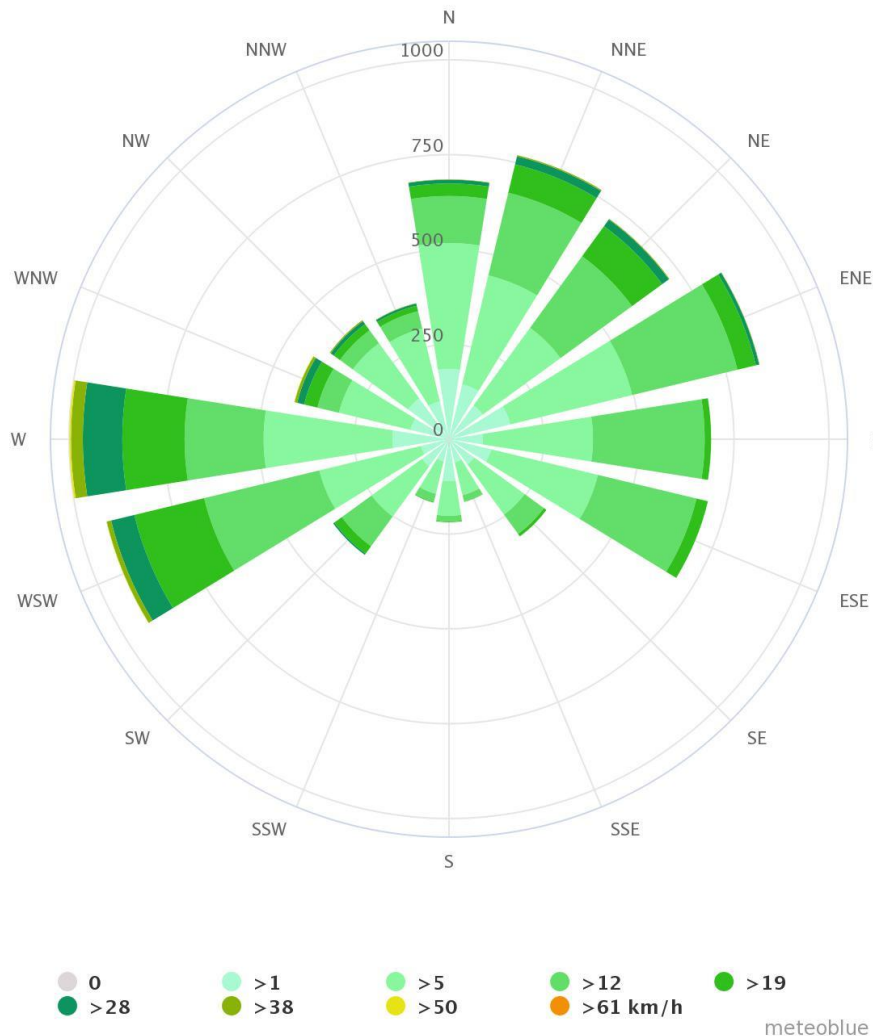


Figura 6: Rosa de los vientos simulada para Xàtiva. Muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada. Fuente: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/x%C3%A0tiva\\_espa%C3%B1a\\_2516345](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/x%C3%A0tiva_espa%C3%B1a_2516345)

Se puede observar que mayormente y con mayor velocidad el viento circula dese el este en dirección oeste, con rachas de más de 38 km/h.

### 3.1.2. Baterías

En primer lugar, se calculará la capacidad del acumulador (baterías), ya que la instalación debe ser capaz de abastecer el consumo demandado por la vivienda, así como, la capacidad de almacenamiento de las baterías. Para ello, se calcula la energía que deben aportar diariamente las mismas. Esta energía es igual al consumo más desfavorable del mes más desfavorable. En este caso, enero, con un consumo pico de 14,96 kWh/día.

$$L_D(Wh/día) = \frac{E_D(Wh/día) \cdot A_1}{\eta_{Convertidor} \cdot Perdidas Conductores \cdot DoD \cdot t_{carga}}$$

Donde:

- $L_D$  es la demanda diaria en Wh.
- $E_D$  es el consumo expresado en Wh/día.
- $A_1$  es la autonomía, en este caso de 1 día.
- $\eta_{Convertidor}$  es el rendimiento del convertidor expresado en %.
- *Perdidas Conductores* son las pérdidas que se estiman en los conductores de la instalación expresadas en %.
- $DoD$  es la profundidad de descarga del acumulador expresado en %.
- $t_{carga}$  es el tiempo que tardan las baterías en cargarse en días. En este caso 4 días.

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, se tiene:

$$L_D(Wh/día) = \frac{15.960 \cdot 1}{0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot 4} = 4.864,31 Wh/día$$

Dividiendo entre la tensión asignada al acumulador se tiene la capacidad necesaria a instalar en Ah:

$$C_{Acumulador}(Ah/día) = \frac{L_D \left( \frac{Wh}{día} \right)}{V_{nominal} (V)} = \frac{4.864,31}{48} = 101,34 Ah$$

Se han elegido 1 baterías de litio Tensite de 4,9 kWh modelo TS-L5000.

A continuación, se procede a calcular la energía total necesaria de la instalación, para que esta pueda abastecer tanto el consumo de la vivienda, como el almacenamiento de las baterías. Se tendrá en cuenta el consumo más desfavorable, en este caso el de enero.

$$E_{TOTAL}(kWh) = E_{Consumo} + E_{Acumulador} = 14,96 + 4,86 = 19,82 kWh$$

### 3.1.3. Potencia de la instalación

Una vez calculada la energía total que debe suministrar la instalación se procede a calcular la potencia del generador. Para ello:

$$P_{mp,min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

Donde:

- $P_{mp,min}$  es la potencia pico mínima del generador.
- $E_D$  es el consumo expresado en kWh/día.
- $G_{CEM} = 1 kWh/día$
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$  es el valor mensual medio de la irradiación diaria expresado en kWh/m<sup>2</sup> · día, se tiene en cuenta el mes más desfavorable, en este caso noviembre (suma de toda la radiación por horas de un día tipo de noviembre).
- $PR$  es el rendimiento energético de la instalación (*performance ratio*), que para los sistemas con inversor y batería  $PR=0,6$ .

Sustituyendo en la fórmula, se obtiene:

$$P_{mp,min} = \frac{19,86 \cdot 1}{4,3 \cdot 0,6} = 7,7 \text{ kW}$$

### 3.1.4. Dimensionamiento del generador eólico

Una vez calculada la potencia total de la instalación, en primer lugar, se dimensionará el generador eólico. Y se calculará su producción para posteriormente, dimensionar el generador fotovoltaico a partir de la producción restante. Se asigna aproximadamente un 30% de esta potencia al generador eólico, esto son 2,3 kW de potencia. Se selecciona el aerogenerador E30PRO de Enair de 3 kW de potencia nominal.

A continuación, se describen y representan los datos de potencia y producción de la turbina según la velocidad del viento, obtenidas de la ficha técnica del aerogenerador.

*Tabla 16: Potencias de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B.*

<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Potencia (W)</b>
1	0
2	0
3	10
4	100
5	300
6	650
7	1000
8	1450
9	1850
10	2100
11	2300
12	2500
13	2500
14	2500
15	2500

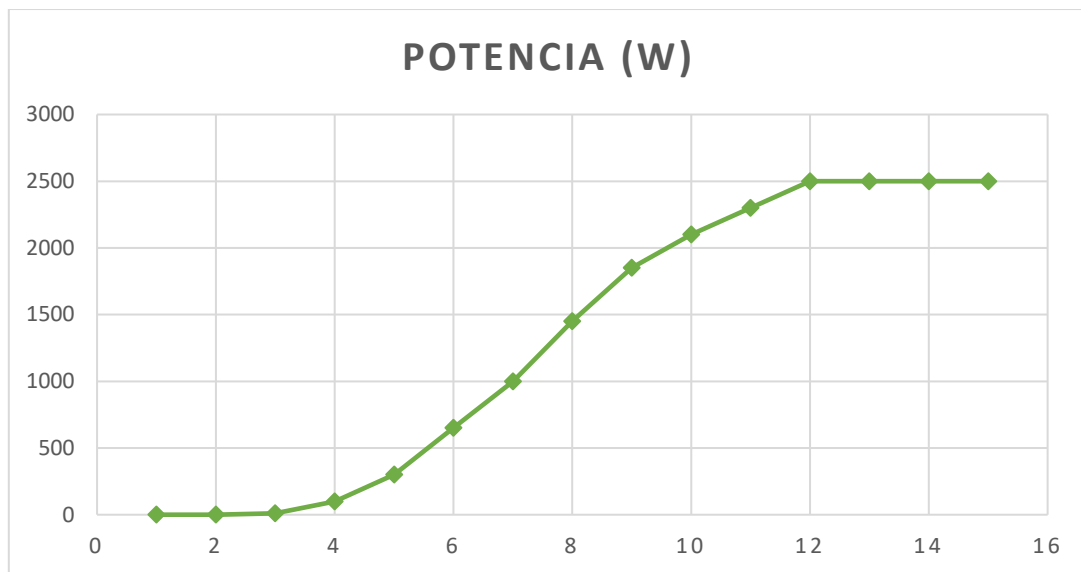


Gráfico 12: Potencias de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B.

Tabla 17: Producción de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B.

Velocidad (m/s)	Energía (kWh)
1	0
2	375
3	1250
4	2700
5	4450
6	6300
7	8160
8	9800
9	11100
10	12100
11	12700
12	12900
13	12900



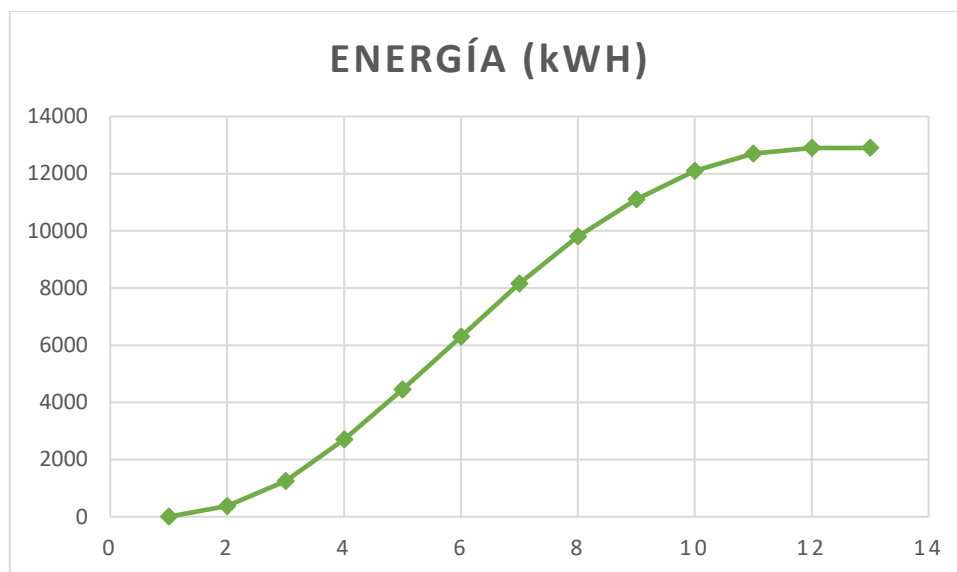


Gráfico 13: Producción de la turbina eólica en función de la velocidad del viento obtenidas de su ficha técnica, detallado en el Anexo B.

Por tanto, con estos datos y con los datos de la velocidad del viento obtenidos en el estudio de viento se puede hacer una estimación de la producción por meses del generador fotovoltaico. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18: Estimación de la producción por meses del generador fotovoltaico.

Mes	Velocidad media del viento (m/s)	Producción (kWh)
Ene	1,80	28,08
Feb	1,73	26,95
Mar	2,77	96,26
Abr	2,85	99,05
May	2,50	86,90
Jun	2,82	98,03
Jul	2,85	98,79
Ago	2,92	101,37
Sep	2,18	34,01
Oct	1,52	23,69
Nov	2,41	37,71
Dic	1,97	30,80

### 3.1.5. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Una vez conocida la producción estimada del generador eólico se procede a calcular la potencia mínima del generador fotovoltaico. Puesto que ya se conoce la potencia nominal de la instalación y la del generador eólico, para conocer la potencia mínima del generador eólico solo se deben restar las dos primeras. De este modo, se obtiene:

$$P_{mp,min} = 7,7 - 3 = 4,7 \text{ kW}$$

Conocida la potencia del generador fotovoltaico se realiza una simulación en PV-GIS para obtener la producción del mismo. Los datos de producción obtenida en la simulación se describen en la Tabla 19.

Tabla 19: Producción del generador fotovoltaico en kWh simulada en PV-GIS. Fuente: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)

Mes	Producción Generador Fotovoltaico (kWh)
Ene	535,21
Feb	520,99
Mar	633,41
Abr	639,21
May	697,92
Jun	696,66
Jul	729,97
Ago	703,62
Sep	623,13
Oct	578,34
Nov	484,04
Dic	488,08

A continuación, se realiza un estudio de la producción total de la instalación sumando la producción de ambos generadores y comprobando que cubre la demanda de manera adecuada o si hay un déficit o un superávit significativo.

Tabla 20: Estudio del balance de energía de la instalación para una potencia pico del generador FV de 9,34 kW.

Mes	Producción Generador Fotovoltaico	Producción Generador Eólico	Producción total	Demanda Total	Déficit/Superávit (%)
Ene	535,21	28,08	563,29	501,93	10,9
Feb	520,99	26,95	547,94	477,93	12,8
Mar	633,41	96,26	729,67	423,93	41,9
Abr	639,21	99,05	738,26	384,93	47,9
May	697,92	86,90	784,82	372,93	52,5
Jun	696,66	98,03	794,69	403,93	49,2
Jul	729,97	98,79	828,76	474,93	42,7
Ago	703,62	101,37	804,99	442,93	45,0
Sep	623,13	34,01	657,14	387,93	41,0
Oct	578,34	23,69	602,03	387,93	35,6
Nov	484,04	37,71	521,75	410,93	21,2
Dic	488,08	30,80	518,88	448,93	13,5

Se aprecia un superávit en la producción, por ello, se procede a ajustar la potencia para evitar esta sobreproducción que resulta en desperdicio de energía. Para ello, se ajusta la potencia a partir del mes más desfavorable en cuanto a producción, en este caso, enero, con un superávit del 10,9%.

$$P_{mp,min} = 4,7 - 4,7 \cdot 0,109 = 4,2 \text{ kW}$$

Se realiza la simulación en PV-GIS con la nueva potencia pico para el generador fotovoltaico y se vuelve a realizar el mismo estudio que en la Tabla 20 para comprobar que se haya mejorado este superávit. Los datos obtenidos de la nueva simulación se describen en la Tabla 21.

*Tabla 21: Estudio del balance de energía de la instalación para una potencia pico del generador FV de 8,33 kW.*

Mes	Producción Generador Fotovoltaico	Producción Generador Eólico	Producción total	Demanda Total	Déficit/Superávit (%)
Ene	478,27	28,08	506,35	501,93	0,9
Feb	465,57	26,95	492,52	477,93	3,0
Mar	566,03	96,26	662,29	423,93	36,0
Abr	571,21	99,05	670,26	384,93	42,6
May	623,67	86,90	710,57	372,93	47,5
Jun	622,54	98,03	720,57	403,93	43,9
Jul	652,31	98,79	751,10	474,93	36,8
Ago	628,76	101,37	730,13	442,93	39,3
Sep	556,84	34,01	590,85	387,93	34,3
Oct	516,82	23,69	540,51	387,93	28,2
Nov	432,54	37,71	470,25	410,93	12,6
Dic	436,16	30,80	466,96	448,93	3,9

Con la corrección de la potencia pico del generador fotovoltaico, se observa una mejor adaptación de la producción a la demanda, aunque en los meses de menor demanda el superávit es considerablemente elevado. Aunque se acepta ya que es difícil adaptar un generador de energía renovable a una instalación con picos en los meses más fríos y los meses más cálidos simultáneamente. Con esta potencia, la instalación será perfectamente capaz de abastecer la demanda, tanto de la vivienda, como del acumulador.

Teniendo la potencia del generador fotovoltaica, se procede a calcular el número de paneles y *strings*. Ya que, se desea conseguir una potencia de 4.200 W, se utilizarán 8 paneles de 550 W de la marca Tensite, modelo EM550-PH. Con ello se tendrá:

$$\text{Generador Fotovoltaico} = 4.400 \text{ W}$$

$$\text{Generador Eólico} = 3.000 \text{ W}$$

$$\text{Generador Instalación} = 7,4 \text{ kW}$$

### Número total de paneles conectados en serie

Para saber el número de paneles conectados por serie es necesario saber la tensión de trabajo del sistema. En este caso, la instalación trabaja a 48 V. Por eso:

$$N_{S_{mf}} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

Donde:

- $N_{S_{mf}}$  es el número de paneles FV conectados en serie.
- $V_T$  es la tensión de trabajo del sistema.
- $V_{mf}$  es la tensión nominal de un módulo fotovoltaico.

Sustituyendo en la ecuación:

$$N_{S_{mf}} = \frac{48}{24} = 2 \text{ módulos por serie}$$

A continuación, para determinar el número de ramas que se deben conectar en paralelo:

$$N_{P_{mf}} = \frac{N_{mf}}{N_{S_{mf}}}$$

Donde:

- $N_{P_{mf}}$  es el número de ramas conectadas en paralelo.
- $N_{mf}$  es el número total de módulos fotovoltaicos
- $N_{S_{mf}}$  es el número de módulos FV conectados en serie.

Sustituyendo en la ecuación:

$$N_{P_{mf}} = \frac{8}{2} = 4 \text{ ramas}$$

Para ahorrar espacio y puesto que la superficie es reducida se colocarán los 8 paneles en un único soporte de doble fila y en él se realizarán las conexiones en serie y en paralelo, según corresponda.

### 3.1.6. Regulador solar

Es necesario regular la tensión de salida de los paneles fotovoltaicos para proteger las baterías. Para ello, se emplean los reguladores o controladores.

Para seleccionar uno, debemos conocer la intensidad, así como la tensión máximas de la carga que puede soportar el regulador.

En primer lugar, para el cálculo de la intensidad máxima, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$I_{Reg-Máx} = 1,2 \cdot I_{SC} \cdot N_{P_{mf}}$$

Donde:

- 1,2 es un factor de sobredimensionamiento.
- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del panel.
- $N_{P_{mf}}$  es el número de ramas conectadas en paralelo.

Sustituyendo en la ecuación:

$$I_{Reg-Máx} = 1,2 \cdot 13,98 \cdot 4 = 67,1 A$$

A continuación, se determina la tensión máxima que puede soportar el regulador. Para ello, se emplea la siguiente fórmula:

$$V_{Reg-Máx} = 1,2 \cdot V_{OC} \cdot N_{S_{mf}}$$

Donde:

- 1,2 es un factor de sobredimensionamiento.
- $V_{OC}$  es la tensión de circuito abierto del panel.
- $N_{S_{mf}}$  es el número de ramas conectadas en serie.

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$V_{Reg-Máx} = 1,2 \cdot 48,8 \cdot 2 = 117,12 V$$

Con los datos calculados se selecciona el regulador MPPT de 85 A de la marca SRNE, modelo SR-MC4885N15.

### 3.1.7. Inversor

Para la selección del inversor se han tenido en cuenta la tensión nominal y potencia total de la instalación (48V y 7,4 kW). Se ha elegido el inversor/cargador solar Axpert MAX II 8000-48V. .... explicar lo del inversor cargador.....

## 3.2. Conductores

Seguidamente, se procede a calcular los diferentes tramos de conductores de la instalación. Se hará el cálculo para el tramo de corriente continua (DC) así como, para el tramo de corriente alterna (AC). El propósito es comprobar que se cumplen las condiciones de caída de tensión asociados a cada línea para las secciones correspondientes.

### 3.2.1. Conexión DC

#### 1) Tramo 1: Conexión Módulos Fotovoltaicos

Este tramo comprende el conexionado de los módulos fotovoltaicos entre sí por la parte trasera de los mismos. Estos cables están expuestos a altas temperaturas a causa del sol, por ello es

necesario que sean resistentes a la misma, una buena opción es el uso de cales con aislamiento XLPE con una menor degradación con el tiempo.

Los propios paneles ya incluyen el cableado considerado por el fabricante, con una sección de 4 mm<sup>2</sup> y una longitud de 1,4 m para cada panel.

#### CRITERIO TÉRMICO:

En primer lugar, se procede a calcular la intensidad máxima que transportará la línea de DC. Cómo indica la ITC-BT-40, se considera un 125% de la intensidad de cortocircuito del módulo FV.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

Sustituyendo:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot 13,98 = 17,48 \text{ A}$$

Se aplica un factor de corrección por agrupamiento de conductores, ya que existen dos de ellos:

$$F_C = 0,8$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, se verifica que:

$$I_{m\acute{a}x} < I_{adm} \cdot F_C$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{adm}$  es la corriente máxima admisible por el conductor.
- $F_C$  es el factor de corrección.

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$I_{adm} > 21,85 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde aparecen las corrientes máximas admisibles para conductores de cobre no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40º C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima indicada que cumpla la condición es de 1,5 mm<sup>2</sup>. Por tanto, los cables proporcionados por el fabricante de 4 mm<sup>2</sup> cumplen la condición con una intensidad admisible de 38 A.

#### CRITERIO DE TENSIÓN:

Para el cálculo de criterio de caída de tensión, se tiene en cuenta la sección escogida por el fabricante (4mm<sup>2</sup>). Se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot I_{SC} \cdot L}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot S \cdot V_{mp}}$$

Donde:

- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo FV (A).
- $L$  es la longitud del conductor (m).
- $\gamma_{90^{\circ}C}$  es la conductividad del cobre a 90°C.
- $S$  es la sección del conductor (mm<sup>2</sup>).
- $V_{mp}$  es la tensión de máxima potencia del módulo FV (V).

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot 13,98 \cdot 1,4}{44 \cdot 4 \cdot 41,95} = 0,53 \%$$

Puesto que la caída de tensión no supera el 1,5%, se determina que la sección elegida es la correcta.

Por tanto, para el tramo 1, tras haber hecho la comprobación mediante ambos criterios (temperatura ya caída de tensión) se determina que la sección mínima para este tramo es de 4 mm<sup>2</sup>.

## 2) Tramo 2: Final módulos – Regulador Solar

Este tramo comprende la línea que va desde la salida de los módulos fotovoltaicos hasta el regulador solar. Este tramo está en las mismas condiciones ambientales que el tramo anterior, por ello también se utilizará el mismo tipo de conductor.

Se procede a hacer el cálculo con el mismo método y los mismos criterios.

### CRITERIO TÉRMICO:

En primer lugar, se procede a calcular la intensidad máxima que transportará la línea de DC. Como indica la ITC-BT-40, se considera un 125% de la intensidad de cortocircuito del módulo FV.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot I_{SC}$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

Sustituyendo:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot 13,98 = 17,48 \text{ A}$$

Se aplica un factor de corrección por agrupamiento de conductores, ya que existen dos de ellos:

$$F_C = 0,8$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, se verifica que:

$$I_{m\acute{a}x} < I_{adm} \cdot F_C$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{adm}$  es la corriente máxima admisible por el conductor.
- $F_C$  es el factor de corrección.

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$I_{adm} > 21,85 A$$

Teniendo en cuenta la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde aparecen las corrientes máximas admisibles para conductores de cobre no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40º C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima indicada que cumpla la condición es de 1,5 mm<sup>2</sup>. Por motivos de diseño, se emplearán conductores con una sección de 4 mm<sup>2</sup>, que cumplen la condición con una intensidad admisible de 38 A.

#### CRITERIO DE TENSIÓN:

Para el cálculo de criterio de caída de tensión, se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot I_{SC} \cdot L}{\gamma_{90^\circ C} \cdot S \cdot n_{m\acute{o}dulos} \cdot V_{mp}}$$

Donde:

- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo FV (A).
- $L$  es la longitud del conductor (m).
- $\gamma_{90^\circ C}$  es la conductividad del cobre a 90°C.
- $S$  es la sección del conductor (mm<sup>2</sup>).
- $n_{m\acute{o}dulos}$  es el número total de módulos en serie.
- $V_{mp}$  es la tensión de máxima potencia del módulo FV (V).

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot 13,98 \cdot 1}{44 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 41,95} = 0,189 \%$$

Puesto que la caída de tensión no supera el 1,5%, se determina que la sección elegida es la correcta.



Por tanto, para el tramo 2, tras haber hecho la comprobación mediante ambos criterios (temperatura ya caída de tensión) se determina que la sección mínima para este tramo es de 4 mm<sup>2</sup>.

### 3) Tramo 3: Regulador Solar – Embarrado

Este tramo comprende la línea que va desde la salida del regulador solar hasta el embarrado al que se conectan ambos generadores. Este tramo está en las mismas condiciones ambientales que el tramo anterior, por ello también se utilizará el mismo tipo de conductor.

Se procede a hacer el cálculo con el mismo método y los mismos criterios.

#### CRITERIO TÉRMICO:

En primer lugar, se procede a calcular la intensidad máxima que transportará la línea de DC. Como indica la ITC-BT-40, se considera un 125% de la intensidad de cortocircuito del módulo FV.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot I_{SC} \cdot n_{ramas-paralelo}$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
- $n_{ramas-paralelo}$  es el número de ramas de módulos FV conectadas en paralelo.

Sustituyendo:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot 13,98 \cdot 4 = 69,9 \text{ A}$$

Se aplica un factor de corrección por agrupamiento de conductores, ya que existen dos de ellos:

$$F_C = 0,8$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, se verifica que:

$$I_{m\acute{a}x} < I_{adm} \cdot F_C$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{adm}$  es la corriente máxima admisible por el conductor.
- $F_C$  es el factor de corrección.

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$I_{adm} > 87,38 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde aparecen las corrientes máximas admisibles para conductores de cobre no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40° C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima indicada que cumpla la condición es de 16 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 91 A.

#### CRITERIO DE TENSIÓN:

Para el cálculo de criterio de caída de tensión se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot I_{SC} \cdot n_{ramas-paralelo} \cdot L}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot S \cdot n_{módulos-serie} \cdot V_{mp}}$$

Donde:

- $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito del módulo FV (A).
- $n_{ramas-paralelo}$  es el número de ramas de módulos FV conectadas en paralelo.
- $L$  es la longitud del conductor (m).
- $\gamma_{90^{\circ}C}$  es la conductividad del cobre a 90°C.
- $S$  es la sección del conductor (mm<sup>2</sup>).
- $n_{módulos-serie}$  es el número total de módulos en serie.
- $V_{mp}$  es la tensión de máxima potencia del módulo FV (V).

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$\Delta V\% = \frac{200 \cdot 13,98 \cdot 4 \cdot 1}{44 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 41,95} = 0,189 \%$$

Puesto que la caída de tensión no supera el 1,5%, se determina que la sección elegida es la correcta.

Por tanto, para el tramo 3, tras haber hecho la comprobación mediante ambos criterios (temperatura ya caída de tensión) se determina que la sección mínima para este tramo es de 16 mm<sup>2</sup>.

#### 4) Tramo 4: Aerogenerador – Inversor/Cargador

Este tramo comprende la línea que va desde la salida en DC de la turbina hasta el inversor/cargador, incluyendo los tramos al regulador eólico, al embarrado y a las baterías, ya que la turbina genera un valor de intensidad bastante alto (el más desfavorable), por ello se considera la misma sección para todo el tramo. Este tramo está en las mismas condiciones ambientales que el tramo anterior, por ello también se utilizará el mismo tipo de conductor.

#### CRITERIO TÉRMICO:

En primer lugar, se procede a calcular la intensidad máxima que transportará la línea de DC. Como indica la ITC-BT-40, se considera un 125% de la intensidad admisible del regulador de viento.

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot I_{Reg-viento}$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{SC}$  es la corriente del regulador eólico.

Sustituyendo:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot 120 = 150 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, se verifica que:

$$I_{m\acute{a}x} < I_{adm} \cdot F_C$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{adm}$  es la corriente máxima admisible por el conductor.
- $F_C$  es el factor de corrección.

En este caso, no se aplica ningún factor de corrección. Por tanto:

$$F_C = 1$$

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$I_{adm} > 150 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde aparecen las corrientes máximas admisibles para conductores de cobre no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40º C.

Para cables con aislamiento XLPE, la sección mínima indicada que cumpla la condición es de 50 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 174 A.

### 3.2.2. Conexión AC

#### 1) Tramo 1: Inversor/cargador – Consumos

Finalmente, se calculará el tramo correspondiente al conexionado en AC, que abarca desde la salida del inversor/cargador hasta los consumos de la vivienda. Para ello, en primer lugar, se va a tener en cuenta la intensidad nominal de salida del inversor, esta se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

- $I$  es la intensidad de salida del inversor/cargador (A).
- $P$  es la potencia nominal del inversor/cargador (W).
- $V$  es la tensión de salida del inversor/cargador (V).
- $\cos \varphi$  es el factor de potencia de la instalación.

Sustituyendo en la ecuación anterior, se obtiene:

$$I = \frac{8000}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,8}$$
$$I = 25,1 \text{ A}$$

Entonces, una vez calculada la corriente, se aplican los mismos criterios que antes.

#### CRITERIO TÉRMICO:

$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot I$$
$$I_{m\acute{a}x} = 1,25 \cdot 25,1 = 31,38 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, se verifica que:

$$I_{m\acute{a}x} < I_{adm} \cdot F_C$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$  es la corriente de trabajo permanente.
- $I_{adm}$  es la corriente máxima admisible por el conductor.
- $F_C$  es el factor de corrección.

Sustituyendo en la ecuación, se tiene:

$$I_{adm} > 31,38 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde aparecen las corrientes máximas admisibles para conductores de cobre no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40° C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima indicada que cumpla la condición es de 6 mm<sup>2</sup>, con una intensidad admisible de 44 A.

#### CRITERIO DE TENSIÓN:

Para el cálculo de criterio de caída de tensión se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta V\% = \frac{100 \cdot P \cdot L}{\gamma_{90^{\circ}C} \cdot S \cdot V^2}$$

Donde:

- $P$  es la potencia nominal del inversor (W).

- $L$  es la longitud del conductor (m).
- $\gamma_{90^{\circ}\text{C}}$  es la conductividad del cobre a  $90^{\circ}\text{C}$ .
- $S$  es la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).
- $V^2$  es la tensión de salida del inversor (V).

Sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$\Delta V\% = \frac{100 \cdot 8000 \cdot 4}{44 \cdot 6 \cdot 230^2} = 0,229 \%$$

Puesto que la caída de tensión no supera el 1,5%, se determina que la sección elegida es la correcta.

Por tanto, para el tramo 1 AC, tras haber hecho la comprobación mediante ambos criterios (temperatura ya caída de tensión) se determina que la sección mínima para este tramo es de  $6 \text{ mm}^2$ .

### 3.3. Sistema de puesta a tierra

La puesta a tierra es uno de los aspectos fundamentales en cualquier sistema fotovoltaico (FV) y juega un papel esencial en la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación. En este contexto, es crucial entender la diferencia entre la puesta a tierra del sistema FV y la puesta a tierra del neutro.

La puesta a tierra del sistema FV se refiere a la conexión segura y adecuada de los conductores activos de corriente continua al electrodo de tierra, lo que evita el flujo indeseado de corriente por los conductores de protección y garantiza la protección contra sobretensiones, cortocircuitos y otros posibles fallos. Un correcto sistema de puesta a tierra del FV mejora la seguridad y eficiencia de los equipos, evitando posibles daños y mejorando el rendimiento general del sistema.

Por otro lado, la puesta a tierra del neutro, también conocida como conexión a tierra del sistema de suministro eléctrico, se refiere a la conexión del conductor neutro al electrodo de tierra en sistemas de distribución de energía conectados a la red. Esto se realiza para proporcionar una referencia de voltaje y evitar tensiones peligrosas en caso de fallas eléctricas.

Es importante tener en cuenta que ambas puestas a tierra son fundamentales, pero deben ser independientes y estar correctamente dimensionadas y conectadas para garantizar un sistema FV seguro, confiable y en cumplimiento con las normativas y estándares de seguridad eléctrica.

Por ello, es necesario la instalación de una puesta a tierra como medida de seguridad para proteger a las personas, equipos y estructuras contra posibles peligros eléctricos, como descargas eléctricas, corrientes de fuga, etc. Para dimensionarla, es necesario conocer ciertos parámetros como la resistividad del terreno, la tensión de contacto, etc.

En primer lugar, se procede a calcular la resistencia de la puesta a tierra, para ello se hace uso de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{2\rho}{L}$$

Donde:

- $\rho$  es la resistividad del terreno.
- $L$  es la longitud del conductor de tierra (10m).

El terreno del emplazamiento es un terreno fértil y compacto, en la siguiente tabla se puede observar los diferentes valores de resistividad según el material del terreno.

Tabla 22: Valores orientativos de la resistividad en función del terreno. Fuente: REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E ITC.

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

Por tanto, sustituyendo en la ecuación anterior, se tiene:

$$R = \frac{2 \cdot 50}{10} = 10 \Omega$$

El cable de tierra es el encargado de unir todos los electrodos con el borne principal de conexión a tierra, el cual deberá cumplir con ciertos tamaños mínimos dependiendo del tipo de cable utilizado. De acuerdo con lo especificado en la tabla 2 de la ITC-BT-18, la sección mínima requerida para el cable de protección será:

Tabla 23: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase. Fuente: REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E ITC.

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

Por tanto, la sección del conductor de tierra será igual a 16 mm<sup>2</sup>.

### 3.4. Protecciones

Todas las salvaguardias presentes en el sistema cumplirán con las especificaciones establecidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), asegurando así la conformidad con las normativas vigentes en instalaciones aisladas.

#### 3.4.1. Protecciones DC

La corriente de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos se encuentra controlada a un nivel cercano a su máxima intensidad operativa, lo cual no representa un peligro para el generador

fotovoltaico, aunque puede tener consecuencias para el convertidor. Por esta razón, se incorporarán fusibles tipo gPV, en concordancia con la IEC60269-6, en cada uno de los conductores. Asimismo, para garantizar el funcionamiento correcto, la capacidad nominal del dispositivo de protección superará la intensidad de cortocircuito de cada cadena de paneles conectados en serie, multiplicada por 1,25, tal como se ha calculado previamente. De esta forma, se logrará el correcto rendimiento del sistema.

### 1) Protecciones frente a cortocircuitos y sobrecargas

En lo que respecta a las protecciones, se instalará un fusible junto con su respectivo portafusible en los polos positivo y negativo de cada conductor en la entrada de la caja de conexiones de cada cadena de paneles. En caso de sobrecargas, si la potencia excede lo adecuado, el convertidor controlará al generador fotovoltaico para que opere fuera del punto de máxima potencia.

### 2) Protecciones frente a sobretensiones

El generador puede verse expuesto a sobretensiones de origen atmosférico, las cuales podrían afectar significativamente la instalación. Es por ello que la caja de conexiones del generador fotovoltaico estará provista de una protección contra sobretensiones, y se dispondrá también de un seccionador de corte en carga. Además, tanto el convertidor de la parte DC como el de la parte AC contarán con su propia protección contra sobretensiones.

A continuación, se procede a calcular el calibre de los fusibles de protección. Para ello, se deben tener en cuenta dos condiciones:

*Condición 1:*

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

*Condición 2:*

$$I_F \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde:

- $I_B$  es la intensidad de cálculo del circuito (A).
- $I_N$  es la intensidad nominal o calibre del interruptor (A).
- $I_Z$  es la intensidad máxima admisible del conductor (A).
- $I_F$  es la intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A).

De este modo:

$$17,48 \text{ A} \leq 25 \text{ A} \leq 38 \text{ A}$$

$$1,9 \cdot 25 \leq 1,45 \cdot 38$$

$$47,5 \leq 55,1$$

Así, al verificar que se satisfacen tanto la condición 1, que garantiza la máxima intensidad permitida para el conductor, como la condición 2, que asegura la sobrecarga transitoria soportada por el mismo, se concluye que la sección elegida requerirá la instalación de un fusible

de  $I_N = 25 A$  de intensidad nominal. Esta protección será responsable de salvaguardar el generador fotovoltaico en caso de cortocircuito o sobrecarga.

### 3.4.2. Protecciones AC

#### 1) Protecciones frente a cortocircuitos y sobrecargas

De acuerdo con la normativa RD 1699/2011, del 18 de noviembre, es indispensable incorporar un interruptor general manual, el cual consistirá en un interruptor magnetotérmico omnipolar con una capacidad de corte superior a la corriente de cortocircuito estipulada por la compañía distribuidora en el punto de conexión (20 kA).

Para la protección contra sobrecargas se debe cumplir:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$
$$25,1 \leq \mathbf{32} \leq 57$$

Se concluye que la sección elegida requerirá la instalación de un fusible de  $I_N = 32 A$  de intensidad nominal.

#### 2) Protecciones frente a contactos directos e indirectos

Se colocará un interruptor automático diferencial con el propósito de salvaguardar la integridad de las personas ante posibles derivaciones de algún componente de la instalación en la sección de corriente alterna. Para ello, será necesario cumplir con la siguiente condición:

$$I_B \leq I_N$$
$$25,1 \leq 32 A$$

La unidad diferencial seleccionada para la instalación va a disponer de un calibre de 32 A.



## Capítulo 4

# Presupuesto. Estudio Económico

### 4.1. Presupuesto

A continuación, se muestra el detalle de los precios de los diferentes componentes de la instalación, así como la cantidad de los mismos.

Tabla 24: Presupuesto del proyecto.

Cantidad	Descripción	Precio unitario (€)	Precio Total (€)
8	Panel Fotovoltaico EM550-PH	145,2	1161,6
1	Turbina eólica E30PRO	9900	9900
1	Estructura soporte paneles	883,32	883,32
1	Torre cuatripata autosoportada P750 - 13m	2706,17	2706,17
1	Regulador solar SR-MC4885N15	460	460
1	Regulador eólico RCE-ENAIR-120	508,34	508,34
1	Batería TS-L5000	1318,9	1318,9
1	Inversor/Cargador Aspert MAX II Off-Grid	1389	1389
1	Talado limpieza y transporte de pinos	1500	1500
1	Instalación, mano de obra, seguros y contingencias. Gestión de residuos.	2432,24	2432,24
		<b>Subtotal</b>	22259,57 €
		<b>IVA 21%</b>	4674,51 €

		TOTAL	26934,08 €
--	--	-------	------------

## 4.2. Estudio económico

En esta sección se analizará la rentabilidad de la instalación mediante el uso del método del VAN (Valor Actual Neto). Considerando que los componentes de la instalación tienen una vida útil promedio de entre 25 y 40 años, los cálculos se limitarán a un período de 25 años.

Aplicando el método del VAN, se podrá determinar la rentabilidad de cada una de las alternativas a lo largo de los años de vida de la instalación. Para ello, se restará la inversión inicial, considerando un tipo de interés que refleje las posibles ganancias si el capital se hubiera invertido en las facturas de la electricidad. De esta manera, se obtendrá una evaluación precisa del rendimiento económico de la instalación a lo largo de su vida útil.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Se proyecta que no se recibirán subvenciones para la instalación fotovoltaica.
- 2) Se establece un valor promedio para el mantenimiento de los módulos y otros equipos.
- 3) Se asume una disminución de la producción anual en un 0,005%.
- 4) Se estima que la vida útil del sistema es de 25 años.
- 5) Se simula un precio medio actual de la energía, considerando impuestos y I.V.A., de 0,19 €/kWh.
- 6) El coste total de la instalación se estima en 26.934,08 €.

Así como también se asumen los siguientes valores:

Tasa interés	0,011
Tasa inflación	0,055
Costes de capital	-0,044

Una vez expuesto todo lo anterior, en la Tabla X se muestran los resultados del estudio económico a 25 años vista.

<b>Año</b>	<b>Potencia producida</b>	<b>Ing autoconsumo</b>	<b>Cost expl</b>	<b>Costes mantenim</b>	<b>FC no actualizado</b>	<b>Ganancias</b>	<b>FC actualizado</b>	<b>VAN</b>
1	7312,4	1389,3	60,0	269,4	-25883,2	-25883,2	-25834,4	-25834,4
2	7275,8	1382,4	60,0	269,4	1053,0	-24830,2	1152,1	-24682,3
3	7239,4	1375,5	60,0	269,4	1046,1	-23784,1	1197,2	-23485,0
4	7203,2	1368,6	60,0	269,4	1039,2	-22745,0	1244,1	-22240,9
5	7167,2	1361,8	60,0	269,4	1032,3	-21712,6	1292,8	-20948,1
6	7131,4	1355,0	60,0	269,4	1025,5	-20687,1	1343,4	-19604,7
7	7095,7	1348,2	60,0	269,4	1018,8	-19668,3	1395,9	-18208,8
8	7060,2	1341,4	60,0	269,4	1012,0	-18656,3	1450,5	-16758,3
9	7024,9	1334,7	60,0	269,4	1005,3	-17651,0	1507,2	-15251,0
10	6989,8	1328,1	60,0	269,4	998,6	-16652,4	1566,1	-13684,9
11	6954,9	1321,4	60,0	269,4	992,0	-15660,4	1627,3	-12057,6
12	6920,1	1314,8	60,0	269,4	985,4	-14675,0	1690,9	-10366,7
13	6885,5	1308,2	60,0	269,4	978,8	-13696,2	1756,9	-8609,8
14	6851,1	1301,7	60,0	269,4	972,3	-12723,9	1825,5	-6784,3
15	6816,8	1295,2	60,0	269,4	965,8	-11758,2	1896,7	-4887,6
16	6782,7	1288,7	60,0	269,4	959,3	-10798,9	1970,7	-2916,9
17	6748,8	1282,3	60,0	269,4	952,8	-9846,0	2047,6	-869,4
18	6715,1	1275,9	60,0	269,4	946,4	-8899,6	2127,4	1258,0
19	6681,5	1269,5	60,0	269,4	940,1	-7959,5	2210,3	3468,3
20	6648,1	1263,1	60,0	269,4	933,7	-7025,8	2296,4	5764,7
21	6614,8	1256,8	60,0	269,4	927,4	-6098,5	2385,9	8150,6
22	6581,8	1250,5	60,0	269,4	921,1	-5177,3	2478,8	10629,4
23	6548,9	1244,3	60,0	269,4	914,9	-4262,5	2575,2	13204,6
24	6516,1	1238,1	60,0	269,4	908,6	-3353,9	2675,5	15880,1
25	6483,5	1231,9	60,0	269,4	902,4	-2451,4	2779,5	<b>18659,6</b>

### 4.3. Conclusiones

Con base en el estudio realizado para la instalación híbrida aislada de la red con generador fotovoltaico y generador eólico, se ha demostrado que es una opción viable y rentable a largo plazo. El proyecto ha sido diseñado para proporcionar un suministro de energía sostenible y autónomo, garantizando un abastecimiento confiable y eficiente para la vivienda.

El análisis económico utilizando el método del Valor Actual Neto (VAN) reveló que la instalación se amortizaría en aproximadamente 17 años, lo que significa que la inversión inicial se recuperaría en ese periodo. A medida que transcurren los años, los ahorros en costos de electricidad aumentarían significativamente, llegando a alcanzar casi 20.000 euros al final del vigésimo quinto año, y esto sin haber tenido en cuenta posibles incentivos o subvenciones por parte del estado.

Este proyecto no solo promueve la autosuficiencia energética y la reducción de la huella de carbono, sino que también contribuye a un impacto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, al no depender de la red eléctrica, se asegura un suministro constante de energía incluso en situaciones de fallo o interrupciones en la red, como era el caso de esta vivienda.

La combinación de paneles fotovoltaicos y generadores eólicos ofrece una solución robusta y complementaria, optimizando la producción de energía en diferentes condiciones climáticas. El uso de tecnologías de punta, como reguladores MPPT y sistemas de almacenamiento de baterías, garantiza una gestión eficiente de la energía, maximizando el rendimiento y la vida útil de los equipos.

Además de los beneficios económicos, el proyecto también tiene un impacto social positivo, al promover el uso de energías limpias y renovables en la comunidad local. Asimismo, contribuye a la concienciación sobre la importancia de la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente.

Como mejoras futuras, se podría considerar la incorporación de un sistema de acumulación más potente mediante baterías de mayor capacidad y mayor eficiencia energética, que permitiría almacenar más energía durante los períodos de alta generación y utilizarla cuando la producción es baja. Asimismo, la integración de sistemas de gestión inteligente y automatización podría optimizar el funcionamiento de la instalación, asegurando una distribución óptima de la energía y minimizando el desperdicio. La incorporación de soluciones de monitorización y control remoto también podría facilitar la supervisión y el mantenimiento, garantizando un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo. Con estas mejoras, la instalación podría seguir evolucionando y contribuyendo de manera más significativa a la sostenibilidad y la autosuficiencia energética.

En conclusión, la instalación híbrida aislada de la red con generador fotovoltaico y generador eólico es una solución energética inteligente y rentable a largo plazo. No solo ofrece beneficios económicos significativos, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y a la mitigación del cambio climático. Es un proyecto innovador que demuestra el potencial de las energías renovables para proporcionar un futuro energético más limpio y sostenible.

## Capítulo 5

# Pliego de Condiciones Generales

### 5.1. Antecedentes

El propósito de este documento es establecer los requisitos y condiciones mínimas para la adecuada ejecución del proyecto (Estudio de una instalación solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar aislada). Esta instalación se encuentra en la modalidad de autoconsumo, conforme al Real Decreto 244/2019, y cumple con todas las condiciones establecidas en la reglamentación actual.

Este pliego de condiciones técnicas abarca todos los sistemas electrónicos, mecánicos y eléctricos que forman parte de la instalación. Se asegurará el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en la normativa vigente en todos los aspectos. Específicamente, se seguirán las directrices del nuevo Real Decreto aprobado el 5 de abril (Real Decreto 244/2019) y el Reglamento de Baja Tensión (RBT).

### 5.2. Descripción del Proyecto

El presente pliego de condiciones tiene como objetivo establecer las pautas técnicas, de seguridad y de gestión que regirán la ejecución del proyecto de instalación híbrida fotovoltaica y eólica aislada de la red con baterías para una vivienda rural en Castelló (Ribera Alta), Valencia. El proyecto busca lograr autonomía energética a través de fuentes de energía renovable.

## 5.2. Normativa y Regulaciones

El contratista y todas las partes involucradas en el proyecto deberán cumplir con todas las normativas y regulaciones vigentes a nivel nacional y local relacionadas con la instalación de sistemas de energía renovable, construcción y seguridad en el trabajo.

- RD 244/2019, de 5 de abril.
- RD 1699/2011, de 18 de noviembre.
- RD 738/2015, de 31 de julio.
- RD 110/2007, de 24 de agosto.
- RD 1955/2000, de 1 de diciembre.
- RD 413/2014.
- RD 9/2013.
- RD 1048/2013, de 27 de diciembre.
- RD 13/2009, de 30 de marzo.
- RD 24/2013.
- Circular 3/2014, de 2 de julio.
- Normativa de la empresa distribuidora (en este caso Iberdrola)
- Reglamento eléctrico y electrónico de Baja Tensión vigente.
- BOE nº302, de 18 de diciembre de 2015.
- BOE nº243, de 10 de octubre de 2015.
- Real Decreto 39/1997, 17 de enero.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

## 5.3. Objetivos del Proyecto

El objetivo principal del proyecto es proporcionar una solución energética sostenible y eficiente para la vivienda rural ubicada en Valencia, garantizando su abastecimiento eléctrico mediante la instalación de paneles solares fotovoltaicos y una turbina eólica, integrados con un sistema de almacenamiento de baterías para la generación y reserva de energía.

## **5.4. Requisitos Técnicos**

### **5.4.1. Energía Solar Fotovoltaica:**

- Se instalarán paneles solares fotovoltaicos de alta eficiencia con una capacidad total de 4,4 kW para la generación de energía eléctrica.
- Los paneles solares deberán estar compuestos por materiales de alta calidad y resistentes a las condiciones climáticas de la zona.

### **5.4.2. Energía Eólica:**

- Se instalará una turbina eólica de 3 kW con tecnología de vanguardia para generar energía a partir del viento.
- La ubicación de la turbina eólica deberá ser estratégicamente seleccionada para aprovechar al máximo el recurso eólico disponible.

### **5.4.3. Sistema de Almacenamiento de Baterías:**

- Se instalará un sistema de almacenamiento de baterías con una capacidad de almacenamiento de 4,9 kWh para garantizar la reserva de energía durante períodos sin generación solar o eólica.
- Las baterías deberán ser de alta calidad y contar con sistemas de protección y regulación para una operación segura y eficiente.

### **5.4.4. Infraestructura Eléctrica:**

- Se realizará una adecuada infraestructura eléctrica para la correcta interconexión de los paneles solares, la turbina eólica, el sistema de almacenamiento de baterías y la vivienda.
- Deberá asegurarse que la instalación cumpla con los estándares de seguridad y calidad eléctrica.

## **5.5. Seguridad y Medidas de Prevención**

### **5.5.1. Medidas de Seguridad en el Trabajo:**

- El contratista deberá implementar todas las medidas de seguridad necesarias para proteger la integridad física de los trabajadores durante la ejecución del proyecto.
- Se exigirá el uso de equipos de protección individual (EPI) adecuados en todo momento y en todas las actividades que lo requieran.

### 5.5.2. Prevención de Riesgos Laborales:

- Se elaborará un Plan de Prevención de Riesgos Laborales que identifique y evalúe los posibles riesgos asociados al proyecto, así como las medidas preventivas y de protección necesarias.

## 5.6. Cronograma de Ejecución

Se establecerá un cronograma detallado que defina las etapas del proyecto, desde la preparación del terreno hasta la puesta en marcha de la instalación, con indicación de las fechas de inicio y finalización de cada fase.

## 5.7. Responsabilidades y Roles

Se determinarán las responsabilidades y roles de todas las partes involucradas en el proyecto, incluyendo el contratista, subcontratistas y otros actores relevantes.

## 5.8. Presupuesto

El contratista presentará un desglose del presupuesto total del proyecto, indicando los costes asociados con la adquisición de equipos, materiales, mano de obra y otros gastos relacionados.

## 5.9. Garantías y Seguros

El contratista deberá proporcionar las garantías necesarias para los equipos e instalaciones utilizados en el proyecto, así como los seguros requeridos para cubrir posibles daños o accidentes.

## 5.10. Mantenimiento y Garantías Post-Instalación

El contratista establecerá los requisitos de mantenimiento que deben seguirse para garantizar el correcto funcionamiento a largo plazo de la instalación, así como las garantías ofrecidas por los proveedores.



Con el paso del tiempo, después de la instalación y puesta en marcha, se requerirá un mantenimiento preventivo periódico para asegurar el óptimo funcionamiento y calidad de servicio de la instalación. Anualmente, la empresa responsable del mantenimiento, que suele ser la misma que la instaladora, realizará mediciones y verificaciones para certificar que los elementos se mantienen dentro de los márgenes establecidos por el fabricante. Actualmente, existe la opción de agregar un controlador que permita a través de una aplicación móvil o internet, tanto al usuario como a la empresa de mantenimiento, supervisar el estado de algunos componentes y adelantar el mantenimiento si es necesario. No obstante, para que la empresa pueda acceder a esos datos, el usuario deberá autorizar previamente la cesión de información.

Si algún componente no cumple con los parámetros establecidos, se procederá a su reparación o sustitución inmediata por personal autorizado. Pasados los 15 y 30 años de uso, se recomendará un mantenimiento especial que involucre el cambio de baterías, inversores y reguladores si aún no han sido reemplazados durante dicho periodo. Normalmente, las instalaciones fotovoltaicas tienen una vida útil de unos 42 años en condiciones normales. Por lo tanto, será necesario realizar una nueva instalación completa y un nuevo estudio económico para continuar utilizando esta energía renovable en la vivienda. El estudio económico será obligatorio debido a que los precios de los materiales y del kW/h pueden haber variado a lo largo del tiempo, ya que la tecnología de estas instalaciones está en constante desarrollo y evolución.

### **5.11. Documentación Requerida**

El contratista deberá entregar la documentación necesaria al finalizar el proyecto, incluyendo manuales de operación, certificados de garantía y otros registros relevantes.

### **5.12. Términos y Condiciones del Contrato**

Se especificarán los términos y condiciones del contrato, incluyendo la forma de pago, penalizaciones por incumplimientos y otros aspectos legales y comerciales.

## Capítulo 6

# Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS)

### 6.1. Objeto

El objeto de este estudio de seguridad y salud es garantizar el cumplimiento de las disposiciones del R.D. 1627/1997 de 24 de octubre, que establece los requisitos mínimos de seguridad y salud en las obras de construcción, así como la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas sobre los riesgos existentes y las medidas de protección y prevención correspondientes.

El estudio tiene como objetivo identificar, analizar y estudiar los riesgos laborales asociados a la instalación híbrida fotovoltaica y eólica aislada de la red con baterías en una vivienda rural. Asimismo, se proporcionarán medidas técnicas y preventivas para evitar los riesgos identificados y se especificarán las medidas de control y protecciones técnicas necesarias para reducir los riesgos que no puedan eliminarse.

## 6.2. Características de la instalación

- Descripción de la instalación: La instalación consistirá en un sistema híbrido de generación de energía que incluye paneles solares fotovoltaicos y una turbina eólica, conectados a un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías. La instalación se ubicará en una vivienda rural en Castelló (Ribera Alta), Valencia.
- Suministro eléctrico: El suministro eléctrico provisional de obra se facilitará a través de la Empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el emplazamiento de la instalación.
- Suministro de agua potable: Se dispondrán los medios necesarios para contar con suministro de agua potable desde el inicio de la obra, asegurando que se cumplan las condiciones requeridas.
- Vertido de aguas sucias: Se establecerá un sistema adecuado para el vertido de aguas sucias de los servicios higiénicos, conectándolas a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

## 6.3. Análisis de riesgos y medidas preventivas

A continuación, se detallará el análisis de riesgos y las medidas preventivas para las distintas unidades constructivas dentro de la instalación:

### 6.3.1. Riesgos y medidas preventivas para la Obra Civil

- 1) Movimiento de tierras y cimentaciones:
  - Riesgos más frecuentes: Caídas al mismo nivel, caídas a zanjas, desprendimientos de los bordes de los taludes, atropellos por maquinaria y caídas al fondo de la excavación.
  - Medidas preventivas: Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos, controlar el avance de la excavación y eliminar bolos y viseras inestables, señalizar adecuadamente el movimiento de maquinaria, dictar normas de actuación a los operadores de maquinaria, establecer zonas de paso y acceso, dotar de protección personal adecuada.
- 2) Estructura:
  - Riesgos más frecuentes: Caídas de altura durante encofrado y montaje, cortes y pinchazos en manos, caídas de objetos, golpes, contacto eléctrico indirecto.
  - Medidas preventivas: Emplear bolsas porta-herramientas, prohibir permanecer sobre encofrados o armaduras, usar plataformas de trabajo adecuadas, señalizar zonas de trabajo con redes de protección, utilizar herramientas eléctricas portátiles de doble aislamiento.

3) Cerramientos:

- Riesgos más frecuentes: Caídas de altura, desprendimiento de cargas suspendidas, golpes y cortes.
- Medidas preventivas: Señalizar zonas de trabajo, utilizar plataformas de trabajo adecuadas, mantener la zona limpia y libre de obstáculos, dotar de protección personal adecuada.

4) Albañilería:

- Riesgos más frecuentes: Caídas al mismo nivel y a distinto nivel, proyección de partículas, cortes y heridas, riesgos de máquinas eléctricas de mano.
- Medidas preventivas: Mantener la zona de trabajo limpia y libre de obstáculos, utilizar plataformas de trabajo adecuadas, emplear herramientas eléctricas portátiles de doble aislamiento, dotar de protección personal adecuada.

### 6.3.2. Riesgos y medidas preventivas para el Montaje

1) Colocación de soportes y embarrados:

- Riesgos más frecuentes: Caídas a distinto nivel y al mismo nivel, caídas de objetos, choques o golpes, proyección de partículas, contacto eléctrico indirecto.
- Medidas preventivas: Verificar la seguridad de las plataformas de trabajo y las escaleras, mantener la zona limpia y libre de obstáculos, utilizar herramientas y útiles adecuados, dotar de protección personal adecuada.

2) Montaje de Celdas Prefabricadas, Transformadores y Cuadros de B.T.:

- Riesgos más frecuentes: Caídas a distinto nivel y al mismo nivel, atrapamientos contra objetos, caídas de objetos pesados, esfuerzos excesivos, contacto eléctrico indirecto.
- Medidas preventivas: Emplear arnés de seguridad para trabajos por encima de los 2 m de altura, delimitar fosos de cables, mantener la zona limpia y libre de obstáculos, verificar la seguridad de los aparatos de maniobra, señalar zonas de trabajo, dotar de protección personal adecuada.

3) Operaciones de puesta en tensión:

- Riesgos más frecuentes: Caídas a distinto nivel y al mismo nivel, contactos eléctricos en A.T. y B.T., arco eléctrico, elementos candentes.
- Medidas preventivas: Delimitar fosos de cables, mantener la zona limpia y libre de obstáculos, coordinar con la Empresa Suministradora, verificar la ausencia de tensión, señalar zonas de trabajo, dotar de protección personal adecuada.

## **6.4. Aspectos generales**

- Acreditar la formación y adiestramiento del personal en materia de Prevención y Primeros Auxilios.
- Contar con un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente.
- Disponer de un botiquín de obra con los medios necesarios para efectuar curas de urgencia en caso de accidente.

## **6.5. Normativa aplicable**

El estudio de seguridad y salud se ajustará a las normas oficiales vigentes, incluyendo:

- Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales y su reforma.
- Real Decreto 171/2004 de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 1627/1997 relativo a las obras de construcción y sus modificaciones.
- Real Decreto 614/2001 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002 sobre Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Otras disposiciones vigentes sobre la materia.

## Capítulo 7

# Estudio de Gestión de Residuos

### 7.1. Introducción

El presente estudio tiene como objetivo establecer un plan de gestión de residuos para la instalación en cuestión. La gestión adecuada de los residuos generados durante la ejecución del proyecto es esencial para minimizar el impacto ambiental y cumplir con las normativas vigentes en materia de residuos.

### 7.2. Identificación de Residuos Generados

Se identificarán los tipos de residuos que se generarán durante las diferentes etapas del proyecto, incluyendo:

- Residuos de construcción y demolición (escombros, hormigón, madera, etc.).
- Residuos de embalaje (cartón, plástico, etc.).
- Residuos eléctricos y electrónicos (paneles solares, componentes de la turbina eólica, baterías, etc.).
- Residuos peligrosos (aceites, lubricantes, productos químicos, etc.).
- Otros residuos generados durante la operación y mantenimiento de la instalación.

### **7.3. Clasificación y Manejo de Residuos**

Se establecerán los procedimientos para la clasificación y manejo adecuado de los residuos generados durante el proyecto:

- Los residuos de construcción y demolición serán separados en origen y transportados a puntos de reciclaje autorizados, en cumplimiento con las regulaciones locales y regionales.
- Los residuos de embalaje serán recogidos y enviados a programas de reciclaje o reutilización.
- Los residuos eléctricos y electrónicos serán gestionados siguiendo las normativas vigentes para su tratamiento, reciclaje o disposición final adecuada.
- Los residuos peligrosos serán almacenados y gestionados siguiendo las regulaciones específicas, garantizando su correcta eliminación y minimizando los riesgos para la salud y el medio ambiente.

### **7.4. Eliminación de Residuos**

Se establecerá un plan para la eliminación adecuada de los residuos que no puedan ser reciclados o reutilizados:

- Los residuos no reciclables o reutilizables serán transportados y dispuestos en vertederos autorizados de acuerdo con la normativa vigente.
- Los residuos peligrosos se enviarán a instalaciones de tratamiento especializadas y debidamente autorizadas.

### **7.5. Formación y Sensibilización**

Se implementará un programa de formación y sensibilización para el personal involucrado en el proyecto sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos y el cumplimiento de las prácticas establecidas en el plan de gestión.

### **7.6. Seguimiento y Control**

Se llevará a cabo un seguimiento continuo de la gestión de residuos durante todas las etapas del proyecto, verificando que se cumplen los procedimientos establecidos y realizando las correcciones necesarias en caso de desviaciones.

## **7.7. Responsabilidades**

Se definirán las responsabilidades de todas las partes involucradas en el proyecto en relación con la gestión de residuos, asegurando que cada uno cumpla con sus deberes y contribuya a una gestión sostenible y responsable.

## **7.8. Cumplimiento Normativo**

El plan de gestión de residuos deberá cumplir con todas las regulaciones locales, regionales y nacionales vigentes en materia de residuos, así como con los estándares de calidad y medio ambiente aplicables.





# ANEXOS



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

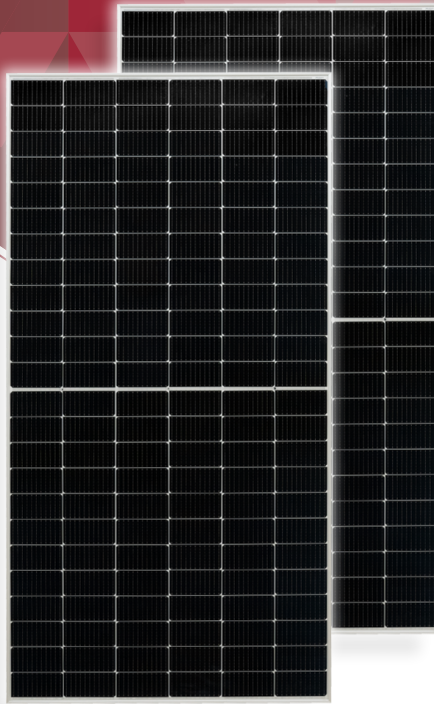


# ANEXO A: Fichas Técnicas de los Elementos



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



144 Células MBB 72S 2P



Tecnología Half Cell Mono PERC



Mayor potencia de salida



Diseño ligero



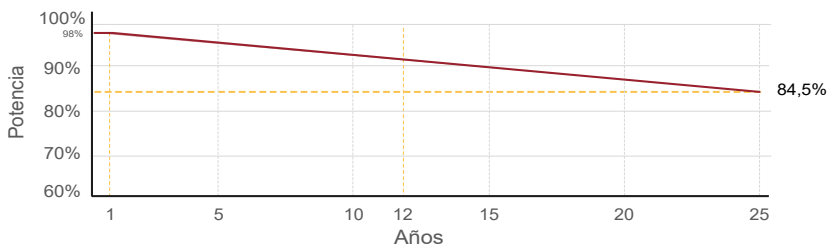
Rendimiento con poca luz



Mayor eficiencia de conversión del módulo

## GARANTÍA

Garantía lineal de Potencia



Tolerancia positiva de vatios



Años de garantía del producto



Años de garantía de potencia lineal

## Datos Eléctricos STC

## EM550-PH

Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC
Máxima potencia (Wp)	550 Wp
Corriente de potencia máxima (I <sub>mp</sub> )	13,12 A
Voltaje de potencia máxima (V <sub>mp</sub> )	41,95 V
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	13,98 A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	48,80 V
Eficiencia del módulo	21%
Fusible de serie máxima	25 A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de potencia	0+3%
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m <sup>2</sup> , 25 °C, AM 1.5
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V
Coefficiente de temperatura I <sub>sc</sub>	0,048% / °C
Coefficiente de temperatura V <sub>oc</sub>	-0,270% / °C
Coefficiente de temperatura P <sub>mp</sub>	-0,350% / °C
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C
Temperatura operación célula (TONC)	45°C ±2
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)

\*Condiciones Estandar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM1.5, célula a 25°C.

## Valores en condiciones TONC\*\*

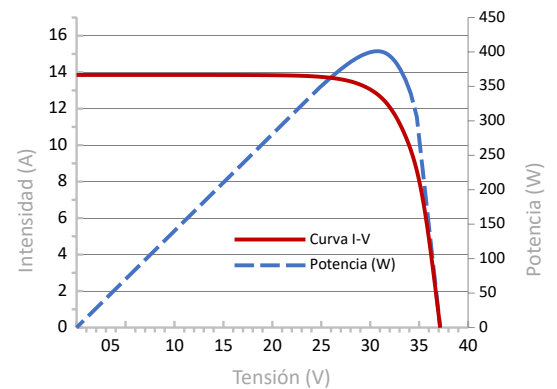
Potencia máxima TONC (P <sub>max</sub> )	416 W
Voltaje de potencia máxima (V <sub>mp</sub> TONC)	39,65 V
Corriente de potencia máxima (I <sub>mp</sub> TONC)	10,51 A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> TONC)	46,80 V
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> TONC)	11,11 A

\*\*Condiciones TONC: Irradiación de 800 W/m<sup>2</sup>, AM1.5, temperatura ambiente 20 °C y viento de 1 m/s.

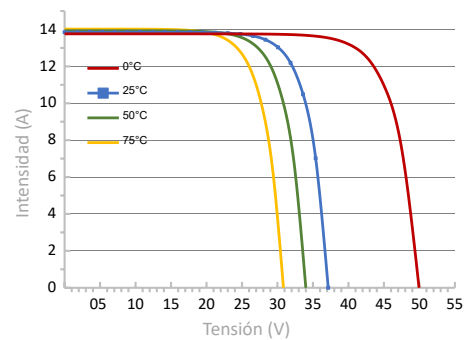
## Características mecánicas

Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Grado protección caja de conexiones	≥ IP68
Cables y conectores	4mm <sup>2</sup> , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C

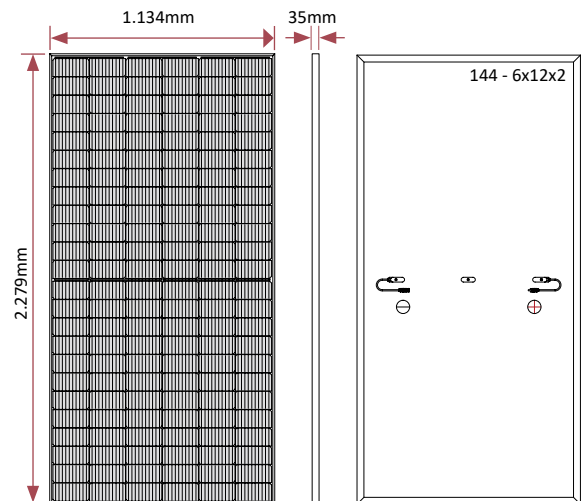
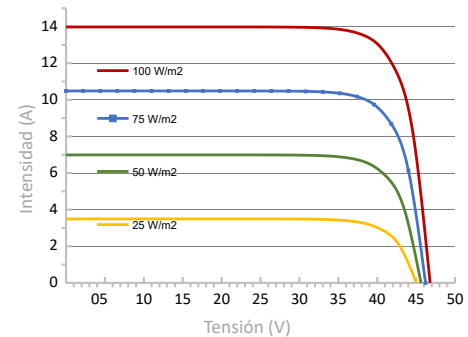
## Curva I-V y Potencia W @ STC

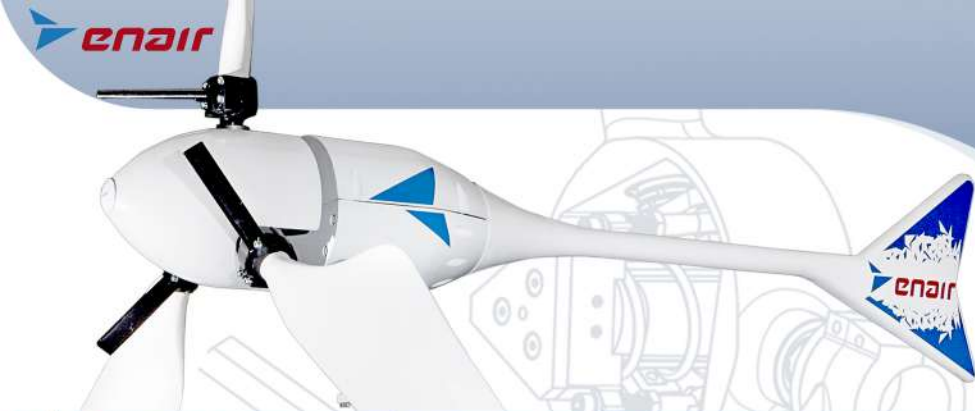


## Curvas I-V a 1.000 W/m<sup>2</sup> y Temperaturas °C



## Curvas I-V e Irradiación @ 25°C





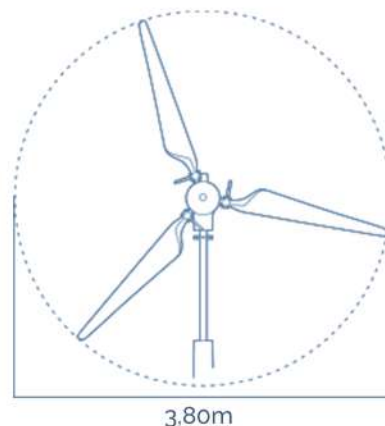
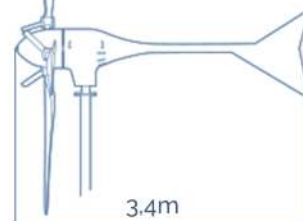
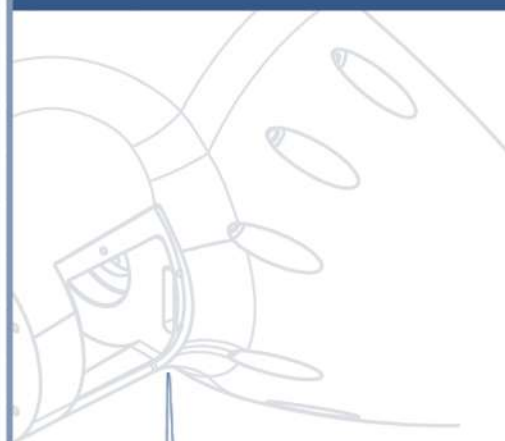
# E30PRO

## FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 30PRO es capaz de generar más de 30kWh/día

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

Numero de palas	3
Material de palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominales   imanes de neodimio
Potencia	3000W
Potencia Nominal	1900W (según IEC 61400-2)
Tensión	24/48/220V
Clase de viento	CLASS I-IEC 61400-2/NVNI-A
Diámetro	3.80m
Sentido de Giro	Horario
Área de barrido	11.34m <sup>2</sup>
Peso	125kg
Aplicaciones	Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s
Velocidad nominal	11m/s
Vel. regulación paso variable	12m/s
Velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento
Orientación	Sistema pasivo con timón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrífugo con dos vel.
Transmisión	Directa
Freno	- Electromagnético por cortocircuito - Mecánico (opcional) - Aerodinámico mediante paso variable - Manual o automático por viento o por tensión de baterías
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor eólico	Eficiencia 97%, algoritmo MPPT
Ruido	48dB   Reducción al mínimo gracias al diseño de las palas y a las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celosía, presilla y tubular, abatibles o fijas, altura variable



# E30PRO Wind Turbine

## FICHA TÉCNICA

### PASO VARIABLE PASIVO

Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.



Obteniendo:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas de viento
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

### CONTROL ELECTRÓNICO

Sistema de gestión de la energía inteligente

**Conexión de baterías:**

7 tipos de baterías programables (litio, plomo, gel, etc.)  
Cargador con pulsos de derivación a resistencias en caso de sobrecarga. Solo deriva el exceso que no puede cargar para proteger las baterías

**Conexión a red:**

Los inversores MPPT programados con la curva de potencia eólica maximizan la producción en todo momento. Compatibles con redes trifásicas y monofásicas en sistemas europeos y americanos



**MAYOR ENERGÍA**



**MAYOR EFICIENCIA**



**MAYOR ROBUSTEZ**



**MAYOR SEGURIDAD**

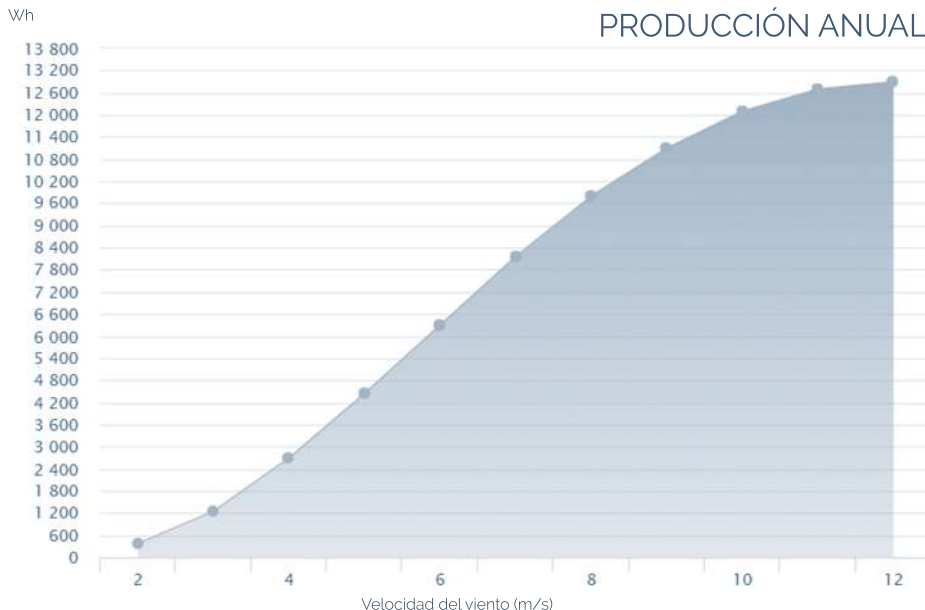
## CLASS I WIND TURBINE

### IEC 61400-2/NVI-A

CURVA DE POTENCIA



PRODUCCIÓN ANUAL



#### Minimo ruido

El ruido esta en torno a un 1% por encima del ruido ambiente siendo prácticamente inapreciable para nuestro oído.



#### Safety-Brake

Nuevo sistema de seguridad mecánica acoplada al eje que garantiza el frenado bajo las condiciones mas adversas, para vientos incluso mayores de 70m/s



#### Anticorrosivo

El uso de pintura epoxy lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antisalino ideal para islas y costas



#### Anti-Icing and Hermetic

Uretano acrílico de resina estructural con una composición química antiadherente al hielo y de máxima resistencia para temperaturas de hasta -50°C. Sellado hermético



#### Storm-detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de seguridad del aerogenerador totalmente automático combinado con el Safety-Brake



#### Remote-Control

Control combinado con el Venus de Victron que permite la marcha/paro del aerogenerador de forma remota



#### BBS (Battery Brake System)

Sistema inteligente que mide el nivel de carga de la batería y permite detener el aerogenerador cuando la batería llega a la tensión de consigna retomando la marcha cuando baja su carga





## MPPT Solar Charge Controller

MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25

### Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



### Product Characteristics



30% higher than PWM mode.



PV short-circuit protection, charge over-current protection.



Rs485 Modbus protocol  
Built-in bluetooth module.



12/24V/36/48V identification.



Historical data storage.



MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.



Built-in temperature detection.



Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries.



Current-limiting charging mode.

### Product Parameters

Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPP (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	Ip32			
Weight	5.7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm)			
Terminal blocks	35mm <sup>2</sup> /2AWG			

### Características

- Control de carga de viento avanzada a DC y disipación a resistencia.
- Regulador para sistemas de 24 y 48V y corriente de 120A
- La carga en cuatro etapas: inicial, absorción, flotación y equalización, permite maximizar el rendimiento del sistema y aumenta la duración de las baterías.
- Display LCD multifunción con información detallada
- Todas las funciones principales se pueden ajustar con los interruptores DIP



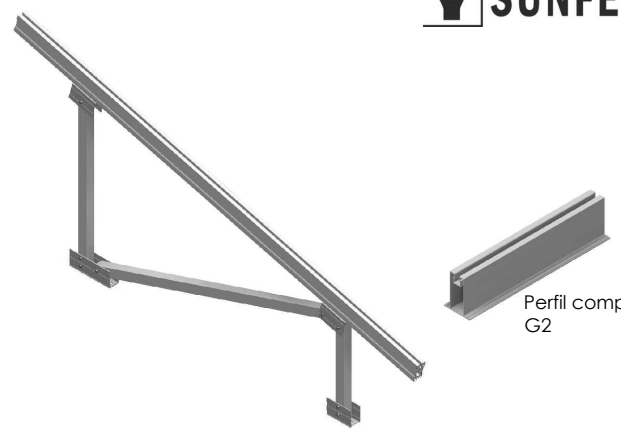
MODELO	RCE-ENAIR-120
<b>Eléctricos</b>	
Clasificación del voltaje del sistema	24/48V
Control de carga de intensidad	120 A
Control de carga de disipación	120 A (carga de derivación)
Precisión	24 V : $\leq 0.1\% \pm 50\text{mV}$ 48 V : $\leq 0.1\% \pm 100\text{mV}$
Mínima tensión de continua para operar	9 VDC
Máxima tensión de continua para operar	68 VDC
Máximo 3 fases de entrada en alterna	100 VAC
Consumo en reposo	6mA
Consumo en funcionamiento	50mA
Apagado por alta temperatura	90°C desconecta la carga / derivación de la carga 70°C reconecta la carga / carga / derivación de la carga
Potencia de pulso	7000W
Respuesta	< 5 nanosegundos
Protegido contra polarización inversa	Sí
Protegido de sobre descargas	Sí
Protegido de sobrecargas	Sí
Protege de cortocircuitos de aerogenerador	Sí
Contra corrientes invertida nocturna	Sí
Protege de sobre tensión del aerogenerador y baterías	Sí
<b>Baterías</b>	
Algoritmo de carga	MPPT por curva, con filtro de frecuencia modulado
Coefficiente de temperatura	-5mV/°C / célula (25°C ref)
Rango de temperatura	0°C a + 50°C
Etapas de carga	Cuatro etapas: inicial, absorción, flotación y equalización
<b>Físicos</b>	
Clase de protección (según CEI 60529)	IP22
Dimensiones, D x W x H (mm)	345 x 248 x 170
Peso Neto (kg)	8,4
Terminales de alimentación	Calificación 120 A
<b>Entorno Operativo</b>	
Temperatura ambiente	-40° C ~ + 45° C
Temperatura de almacenamiento	-55° C ~ + 85° C
Humedad	100% (NC)
Diseño	Cubierta ventilada (de acero con recubrimiento en polvo)

\* Reservado el derecho a cambio sin previo aviso

# Ficha técnica

## Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos

# 31V



Perfil compatible G2

- Soporte inclinado de 2 filas de módulos para terreno.
- Anclaje a hormigón.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Inclinación estándar 30°.
- Inclinaciones disponibles bajo pedido: 5°-10°-15°-20°-25°-35°
- Altura libre en punto más desfavorable 500 mm.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 4 hasta 12 módulos.
- Tornillería de anclaje no incluida.

**NOTA:**  
Debido a las tolerancias del producto NO colocar los anclajes en la losa de hormigón antes de tener montado el pórtico. Una vez ensamblado el pórtico, marcar los agujeros de anclaje y perforar la losa para colocar los anclajes.

**Se recomienda** realizar un estudio geotécnico del terreno

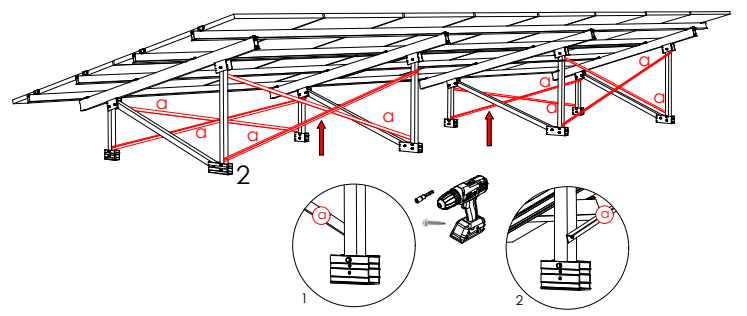
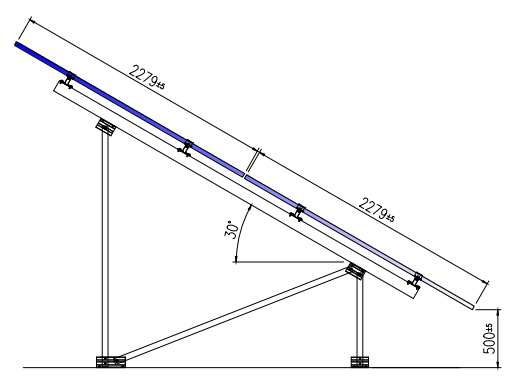
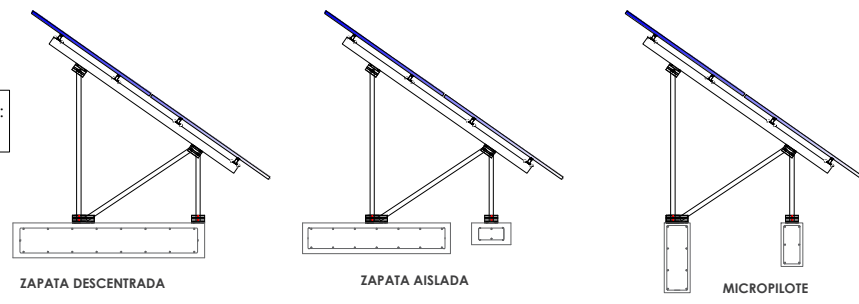
**Viento:** Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)  
**Materiales:** Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6  
 Tornillería de acero inoxidable A2-70  
*Comprobar el buen estado y la capacidad portante del terreno antes de cualquier instalación.*

Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150 **Kit**

Carga de nieve: 40 kg/m<sup>2</sup>

### Ejemplos de cimentaciones

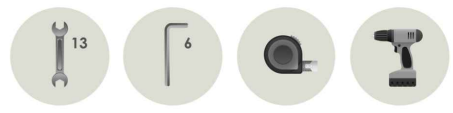


Tornillería de anclaje hasta M10

**Par de apriete:**

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

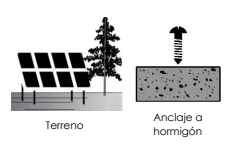
Herramientas necesarias:



Seguridad:



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



# Velocidades de viento

Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos

**31V**  
Sistema kit



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



 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento							
Tamaño del módulo 	4	6	8	10	12	nº de módulos	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	150	110	150	130		

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.



Fácil instalación



Seguro

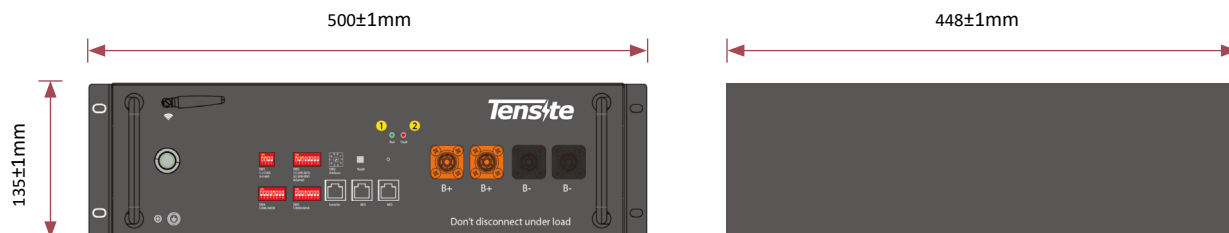


>6000 ciclos al 90% DOD



Años de garantía del producto

## DIMENSIONES



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Energía total*		4,9 kWh
Energía utilizable (DC)*		4,6 kWh
Potencia nominal de carga/descarga		3,0 kW
Potencia máxima (solo descarga)		6 kW por 3s
Voltaje		48~56Vd.c
Corriente constante (solo descarga)		80 A
Voltaje nominal		51.2Vd.c
Corriente nominal		60 A
Voltaje de carga máxima		57.6Vd.c
Peso		45kg
Dimensiones (mm)		500x448x135mm
DOD máximo recomendado		90%
Condición de uso		Interior
Temperatura de operación	Carga	de 0~50°C
	Descarga	de -10~55°C
Rango de frecuencia WiFi		2400MHz~2483MHz
Potencia máxima de transmisión		< 20dBm
Humedad		< 60% (sin agua condensada)
Categoría de sobrevoltaje		II
Tipo de enfriamiento		Enfriamiento natural
Material de caja		Metal
Color		Negro
Instalación		Montaje en pared / Instalación en suelo
Clasificación del IP		IP 20
Clase protectora		I
Número de conexión máxima		8S/8P
Garantía		10 años
Tiempo de vida		> 15 años
Comunicación		CAN / RS485
Modo de protección		Doble protección de hardware
Protección de la batería		Sobrecorriente/Sobrevoltaje/Cortocircuito/Bajo voltaje/Sobretemperatura
Seguridad		Cell UL 1973
		CE/ TUV
Clasificación de maaterial peligroso		9
Transporte		UN 38.3

Condiciones de prueba basadas en una temperatura de 25°C al comienzo de su vida útil.  
 \*Energía total/Energía utilizable medida en condiciones específicas de Tensite 0.2 CC-VC

# Axpert MAX II Off-Grid Inverter



- Customizable status LED bar with RGB lights
- Touchable button with large 5" colored LCD
- Built-in Wi-Fi for mobile monitoring (Android/iOS App is available)
- Supports USB On-the-Go function
- Data log events stored in the inverter
- Reserved communication port for BMS (RS485, CAN-BUS or RS232)
- Replaceable fan design for ease of maintenance
- Battery independent design
- Configurable AC/PV output usage timer and prioritization
- Selectable high power charging current
- Compatible to Utility Mains or generator input
- Built-in anti-dust kit
- Built-in DC output for DC fan, LED bulb, router and so on
- Parallel operation with 6 units

## User-programmable RGB lighting for different operation mode



## Three lighting effects

- Cycling**  
Quickly scrolling with a color of your choice in a continuous circular motion
- Wheel**  
Illuminates with twinkling lights in a color of your choice
- Chasing**  
Radiates your selected color upward from the bottom of the ring

## Axpert MAX II Off-Grid Inverter Specification

MODEL	Axpert MAX II 8000
Rated Power	8000VA/8000W
Parallel Capability	YES, 6 units
<b>INPUT</b>	
Voltage	230 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)
<b>OUTPUT</b>	
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%
Surge Power	16000VA
Efficiency (Peak)	93%
Transfer Time	15 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)
Waveform	Pure sine wave
No Load Power Consumption	< 70W
DC Voltage	12 VDC ± 5%, 100W
<b>BATTERY</b>	
Battery Voltage	48 VDC
Floating Charge Voltage	54 VDC
Overcharge Protection	66 VDC
<b>SOLAR CHARGER &amp; AC CHARGER</b>	
Solar Charger Type	MPPT
Maximum PV Array Power	8000W (4000W x 2)
MPPT Range @ Operating Voltage	90 ~ 450 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC
Maximum Solar Charge Current	150A
Maximum AC Charge Current	120A
Maximum Charge Current	150A
<b>PHYSICAL</b>	
Dimension, D x W x H (mm)	158.4 x 502.5 x 530.8
Net Weight (kgs)	20
Communication Interface	USB/RS232/RS485/WiFi/Dry-contact
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>	
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)
Operating Temperature	-10°C to 50°C
Storage Temperature	-15°C to 60°C
<b>STANDARD</b>	
Compliance Safety	CE

Product specifications are subject to change without further notice.