



Universidad de Valladolid

**Escuela de Ingeniería de la Industria Forestal,
Agronómica y de la Energía**

Campus de Soria

GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**TITULO: PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA
CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO
MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)**

~~~~~

**AUTOR: DANIEL ANDRÉS AYUSO**

**DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AGRÍCOLA Y FORESTAL**

**TUTOR: LUIS HERNÁNDEZ CALLEJO  
COTUTOR: ALBERTO G. REDONDO PLAZA**

**SORIA, JUNIO DE 2023**



***AUTORIZACIÓN del TUTOR  
del TRABAJO FIN DE GRADO***

D. Luis Hernández Callejo profesor del Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal como Tutor del TFG titulado Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria), presentado por el alumno D. Daniel Andrés Ayuso da el Vº. Bº. y autoriza la presentación del mismo, considerando que el presente trabajo tiene la calidad suficiente para ser defendido.

**Soria, 27 de Junio de 2023**

**El Tutor del TFG,**

**Fdo.: .....**

D. Alberto G. Redondo Plaza profesor del Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal como Cotutor del TFG titulado Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria), presentado por el alumno D. Daniel Andrés Ayuso da el Vº. Bº. y autoriza la presentación del mismo, considerando que el presente trabajo tiene la calidad suficiente para ser defendido.

**Soria, 27 de Junio de 2023**

**El Cotutor del TFG,**

**Fdo.: .....**



## ***RESUMEN del TRABAJO FIN DE GRADO***

**TÍTULO:** Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Agrícola y Forestal

**TUTORES:** Luis Hernández Callejo y Alberto G. Redondo Plaza

**AUTOR:** Daniel Andrés Ayuso

### **RESUMEN:**

El presente trabajo de fin de grado consiste en elaborar un proyecto de hibridación de un parque eólico existente con una planta fotovoltaica para la generación de energía eléctrica.

Dicha instalación estará situada en el Término Municipal de Valtajeros, en la Comarca de Tierras Altas, Soria. La planta fotovoltaica contará con una potencia de 13,8 MW pico y ocupará una superficie de 8,14 ha. La planta solar evacuará la energía producida al centro de seccionamiento del Parque Eólico de Oncala situado en el Centro de Control del parque. La energía será vertida a la red eléctrica de media tensión de 30 KV, que cuenta con un contador que permitirá conocer la cantidad inyectada.

La planta contará con 27.600 módulos fotovoltaicos de 500 Wp de potencia unitaria. La energía producida por dichos módulos se convertirá y elevará a la tensión requerida por la línea de media tensión en dos estaciones de potencia. Cada estación contará con dos inversores y un transformador.

El objetivo principal del proyecto es producir energía, venderla y obtener beneficios a lo largo de su vida útil de 25 años.



## **AGRADECIMIENTOS**

A mis tutores, Luis Hernández Callejo y Alberto Redondo Plaza, quienes me han orientado durante el proceso de elaboración del proyecto de fin de grado.

A mis compañeros de prácticas de empresa, Francisco Pérez Ciria, Marta Heras Heras, Miguel Hernández Lucas y Javier Gracia Bernal, quienes han resuelto mis dudas.

A mi familia y amigos, quienes me han apoyado durante la carrera.



## **DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

### **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

- ANEJO Nº1: CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN
- ANEJO Nº2: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS
- ANEJO Nº3: ANÁLISIS CLIMÁTICO
- ANEJO Nº4: DATOS ENERGÉTICOS EÓLICOS
- ANEJO Nº5: DATOS ENERGÉTICOS SOLARES
- ANEJO Nº6: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
- ANEJO Nº7: PERDIDAS DE RENDIMIENTO EN EL PARQUE FOTOVOLTAICO
- ANEJO Nº8: CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS
- ANEJO Nº9: EJECUCIÓN DE LAS OBRAS
- ANEJO Nº10: IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES
- ANEJO Nº11: VIABILIDAD ECONÓMICA

### **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

- PLANO Nº1: PLANO DE SITUACIÓN
- PLANO Nº2: ACCESOS Y UBICACIÓN
- PLANO Nº3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN
- PLANO Nº4: DISPOSITIVOS
- PLANO Nº5: VALLADO PERIMETRAL
- PLANO Nº6: CÁMARAS DE VIGILANCIA
- PLANO Nº7: ESQUEMA UNIFILAR

### **DOCUMENTO Nº3: PLIEGO DE CONDICIONES**

### **DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTOS**



**DOCUMENTO N°1:**  
**MEMORIA**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|       |                                                     |    |
|-------|-----------------------------------------------------|----|
| 1.    | INTRODUCCIÓN.....                                   | 1  |
| 1.1   | CONCEPTO DE HIBRIDACIÓN .....                       | 1  |
| 1.2.  | TIPOS DE PARQUES HÍBRIDOS .....                     | 1  |
| 2.    | ANTECEDENTES .....                                  | 2  |
| 2.1.  | PANORAMA EUROPEO .....                              | 2  |
| 2.2.  | PANORAMA NACIONAL .....                             | 3  |
| 3.    | OBJETO Y ALCANCE .....                              | 4  |
| 4.    | OBJETIVOS.....                                      | 4  |
| 5.    | JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....                     | 5  |
| 6.    | PROMOTOR .....                                      | 6  |
| 7.    | LOCALIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO .....                | 7  |
| 7.1.  | ACCESO.....                                         | 9  |
| 8.    | PERMISOS DE EDIFICACIÓN .....                       | 10 |
| 9.    | ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA PLANTA HÍBRIDA .....    | 10 |
| 9.1.  | ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PARQUE EÓLICO.....        | 10 |
| 9.2   | ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PARQUE FOTOVOLTAICO ..... | 12 |
| 10.   | ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS .....                      | 15 |
| 10.1. | ALTERNATIVAS DE PANELES SOLARES .....               | 16 |
| 10.2. | ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE MONTAJE.....            | 17 |
| 10.3. | ALTERNATIVAS DE INVERSORES-TRANFORMADORES .....     | 17 |
| 11.   | OBRA CIVIL.....                                     | 18 |
| 12.   | ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....                         | 19 |
| 13.   | DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO HÍBRIDO . | 20 |
| 13.1. | DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO .....                 | 20 |
| 13.2. | DESCRIPCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO .....           | 20 |
| 13.3. | OPCIONES DE FUNCIONAMIENTO.....                     | 21 |
| 14.   | PLAZO DE EJECUCIÓN .....                            | 23 |
| 15.   | RESUMEN DE PRESUPUESTOS .....                       | 23 |
| 16.   | VIABILIDAD ECONÓMICA.....                           | 24 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Área de emplazamiento .....                             | 7  |
| Figura 2. Entrada SO-615 .....                                    | 9  |
| Figura 3. Entrada SO-630 .....                                    | 9  |
| Figura 4. Rotor eólico .....                                      | 10 |
| Figura 5. Góndola.....                                            | 11 |
| Figura 6. Torre.....                                              | 12 |
| Figura 7. Elementos del parque fotovoltaico .....                 | 12 |
| Figura 8. Partes de un panel solar .....                          | 13 |
| Figura 9. Caja de combinación.....                                | 14 |
| Figura 10. Inversor fotovoltaico .....                            | 14 |
| Figura 11. Transformador fotovoltaico.....                        | 15 |
| Figura 12. Panel Fotovoltaico JA SOLAR.....                       | 16 |
| Figura 13. Estructura solar biposte.....                          | 17 |
| Figura 14. Estación transformadora FSK con inversor Ingecon ..... | 18 |
| Figura 15. Cámaras de vigilancia IKUTU y DAHUA .....              | 19 |
| Figura 16. Resumen del presupuesto general.....                   | 24 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Tabla 1. Parcelas del catastro ..... | 8  |
| Tabla 2. Diagrama de GANTT .....     | 23 |

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| Esquema 1. Opciones de funcionamiento ..... | 22 |
|---------------------------------------------|----|

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 CONCEPTO DE HIBRIDACIÓN

Se entiende como instalación híbrida eléctrica renovable aquella en la que operan conjuntamente dos o más tecnologías de generación eléctrica renovable compartiendo punto de acceso y conexión a la red eléctrica o a la red interna de un consumidor.

Para ello deberá contar con los siguientes elementos fundamentales:

Uno o varios módulos de generación de energía a partir de fuentes de energía renovables, o un módulo de almacenamiento de energía.

Un sistema de gestión y monitorización capaz de controlar el conjunto de la producción eléctrica de las planta de generación, así como el balance de producción de cada una, la prioridad de vertido a la red en función de las señales de precio de mercado y la disponibilidad de recursos renovables.

A demás debe de contar con un mismo punto de acceso y vertido a la red.

De este modo, la hibridación puede permitir una mayor eficiencia en el uso de los recursos energéticos, una mayor estabilidad del suministro eléctrico y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La combinación de diferentes fuentes de energía renovable puede ayudar a superar los desafíos de la intermitencia de producción, obteniendo una generación más constante y confiable de electricidad.

## 1.2. TIPOS DE PARQUES HÍBRIDOS

Para conocer un poco más sobre este tipo de instalaciones, es necesario realizar una clasificación en función de la procedencia de la energía, el tipo de proyecto o el tipo de conexión a red.

En función de la procedencia de la energía, los tipos de instalaciones híbridas más comunes son:

- Fotovoltaica + eólica: se combina la obtención de electricidad mediante paneles solares con la energía procedente de los molinos de viento.
- Fotovoltaica + hidráulica: se utiliza la energía fotovoltaica en combinación con la energía procedente de la fuerza del agua.
- Hidráulica + eólica: combinación de energías procedentes de los caudales de agua y de los molinos de viento.

- Termosolar + biomasa: aprovechamiento de la energía térmica producida por los rayos solares combinada con la energía producida a partir de la combustión de materia orgánica.

En función del tipo de proyecto, pueden ser:

- Proyectos brownfield: instalación e hibridación de nuevas plantas renovables a otras ya existentes y en operación.
- Proyectos greenfield: diseño, instalación y operación desde el inicio de nuevas plantas renovables que serán hibridadas.

En función del tipo de conexión a red:

- Instalaciones on-grid: aquellas instalaciones que disponen de punto de conexión a través del cual vierten su producción a la red de transporte o distribución.
- Instalaciones off-grid: aquellas instalaciones no conectadas a la red eléctrica cuya producción está destinada a garantizar la autosuficiencia energética de un gran consumidor (consumidores industriales) o de una agregación de consumidores (microgrids, sistemas aislados,...)

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. PANORAMA EUROPEO**

El cambio climático y la degradación del medio ambiente son una amenaza existencial a la que se enfrentan Europa y el resto del mundo. Para superar estos retos, en diciembre de 2019, la UE presentó el llamado “Pacto Verde Europeo”, una hoja de ruta a 2030 con el objetivo de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55% de aquí al 2030, en comparación con los niveles de 1990, con el objetivo de relanzar la recuperación y resiliencia europea.

De este modo se garantizará un aumento del bienestar y mejora de la salud de los ciudadanos y de las próximas generaciones gracias a la mejora de la biodiversidad y de los recursos necesarios para la vida (aire de mejor calidad, agua limpia, suelo sano, alimentos saludables y asequibles...), edificios renovados y eficientes desde el punto de vista energético, innovación tecnológica para crear una industria competitiva a escala mundial, a partir de energías limpias, además de otras propuestas de interés.

Los ámbitos de actuación del pacto verde son:

Clima, agricultura, industria, medio ambiente y océanos, transporte, financiación y desarrollo regional, investigación e innovación y energía, siendo esta última una de las actuaciones con mayor peso.

## **2.2. PANORAMA NACIONAL**

Actualmente España ha estado trabajando en la promoción de la hibridación energética como una estrategia para maximizar la eficiencia y la integración de diferentes fuentes de energía. La hibridación energética implica combinar múltiples fuentes de energía, como solar, eólica, biomasa o hidroeléctrica, para optimizar la producción y consumo de energía.

La energía eólica y la energía solar son fuentes importantes de generación de electricidad. El país ha experimentado un crecimiento rápido en la capacidad instalada de energía renovable en los últimos años.

España ha mostrado un fuerte compromiso con el Pacto Verde Europeo y se ha sumado a los esfuerzos de la UE para combatir el cambio climático. El gobierno español ha establecido objetivos ambiciosos para la transición hacia una economía sostenible y baja en carbono. Para ello se han implementado mecanismos de apoyo, como subvenciones y programas de incentivos, para promover la inversión en tecnologías renovables y proyectos de hibridación energética.

En el marco del Pacto Verde Europeo, España ha presentado su Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC). Este plan establece una serie de medidas y objetivos para la reducción de emisiones, promoción de energías renovables, la mejora de eficiencia energética y la transformación de los sectores clave de la economía.

Entre las medidas propuestas en el PNIEC de España se encuentran:

1. Descarbonización del sector eléctrico: se busca aumentar la capacidad de generación de energías renovables, defendiendo unas bases sólidas para alcanzar la neutralidad climática de la economía y sociedad en el horizonte 2050. Pretende reducir las emisiones de gases efecto invernadero y sustituir los combustibles fósiles por las energías limpias y renovables.
2. Impulsar las energías renovables: se pretende conseguir una tasa del 42% de renovables sobre el uso final de la energía. Otro de los objetivos es conseguir que un 74% de la generación eléctrica se produzca a partir de energías renovables procedentes de la eólica, solar fotovoltaica, solar termoeléctrica, biocombustibles, energías oceánicas, biomasa y geotermia.

3. Seguridad energética: garantizando el abastecimiento ininterrumpido y el acceso a los recursos energéticos requeridos en cualquier momento de una forma limpia y segura.
4. Reducción de la dependencia energética
5. Impulso de un mercado nacional más competitivo, flexible y transparente, con más presencia en las relaciones comerciales transfronterizas.
6. Fomentar la investigación y el desarrollo de soluciones capaces de responder a los retos energéticos.

### **3. OBJETO Y ALCANCE**

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente descritos, se va a optar por un sistema híbrido para la generación de energías renovables, aprovechando la existencia de un parque eólico y la implementación de un parque solar cuyo punto de conexión a red será común para ambos. De este modo se ahorrará en costes de permisos de conexión a red ya que el centro de seccionamiento es el presente en el Centro de Control del parque eólico. También se compartirán el terreno y las tareas de mantenimiento para los distintos activos.

Se pretende aprovechar la energía procedente de la fuerza de las corrientes de viento como han realizado hasta ahora los aerogeneradores, además de la energía solar captada por el parque fotovoltaico que se instalará.

### **4. OBJETIVOS**

El objetivo principal de este proyecto es diseñar una planta híbrida eólico-solar, sobre una planta eólica existente (Brown-Field), para evaluar la producción de electricidad.

Dicha hibridación permitirá captar de energía de una forma más eficiente ya que aprovecharemos tanto el sol como el viento para la producción de ésta. De esta forma se logrará reducir el riesgo de interrupciones en el suministro de energía.

Se pretende maximizar la producción de energía aprovechando las instalaciones ya existentes, de modo que la energía producida entre ambos parques se ajuste al flujo de electricidad límite que puede verter a la red el centro de seccionamiento.

## 5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los sistemas híbridos proponen la creación de una fuente de energía renovable, no contaminante, autóctona e inagotable. Entre los posibles beneficios de la hibridación, cabe destacar:

- Capacidad de generación. Al contar con dos tecnologías capaces de alternarse, se reduce significativamente la dependencia en condiciones ambientales cambiantes y las limitaciones por falta de recursos como el viento o el sol, lo que facilita una producción más estable y eficiente.
- Optimización de la capacidad de evacuación. Perfeccionamiento de la cantidad de energía que se puede inyectar en un nudo del sistema eléctrico sin que se produzcan incumplimientos en la seguridad de operación del sistema.
- Ahorros gracias a sinergias en la instalación y operación. Estos ahorros se producen en equipos e infraestructuras de conexión a red (líneas, subestaciones, transformadores,...).
- Reducción de plazos de ejecución debido a simplificaciones en las tramitaciones, reduciendo el número de solicitudes de puntos de acceso y conexión.
- Reducción del impacto ambiental. A demás de la de la reducción del consumo y de las emisiones de CO<sub>2</sub>, existirá un mayor aprovechamiento del terreno de los emplazamientos.

En resumen, la hibridación de un parque eólico con energía solar permite una mejor utilización de los recursos renovables, mayor capacidad de generación, estabilización de la generación y eficiencia en el uso de la infraestructura existente. Estos beneficios hacen que la hibridación sea una opción atractiva para maximizar la generación de energía renovable.

En cuanto a la instalación de las placas solares:

- Es un proyecto sencillo, de fácil instalación. No requiere la construcción de grandes infraestructuras y por ello, los tiempos de construcción son menores con respecto a otro tipo de centrales
- Se trata de energías limpias, que no poseen una gran incidencia negativa en el medio ambiente al no emitir ningún tipo de gas procedente de la combustión de combustibles fósiles. El impacto visual es también reducido, ya que no suelen instalarse en las cercanías de los núcleos urbanos. Además, se trata de una tecnología silenciosa.

- Creación de empleo y desarrollo económico. La instalación y mantenimiento de un parque solar requieren de mano de obra cualificada, lo que contribuye a la creación de empleos a nivel local y al desarrollo económico del sector de las energías renovables. A demás, el crecimiento de la industria solar puede estimular la innovación tecnológica y fomentar la competitividad en el mercado energético.
- Contribuirá en la mejora de eficiencia energética perseguida para el año 2030 y sumará en los objetivos propuestos por la Unión Europea.

## 6. PROMOTOR

Razón social: COMPAÑÍA EÓLICA DE TIERRAS ALTAS SA (CETASA)

CIF: A42145912

Domicilio social: Calle La Cosa, 7, San Pedro Manrique

Persona de contacto: Javier Gracia Bernal

Teléfono: 975 21 37 04

Web: [www.cetasaeolica.com](http://www.cetasaeolica.com)

COMPAÑÍA EÓLICA DE TIERRAS ALTAS SA, desarrolla, construye y explota parque eólicos, tanto propios como de terceros. Está formada por Endesa, Caja Rural de Soria y Caja Rural de Navarra.

Tras más de 20 años de experiencia, es una empresa referente del sector eólico tanto a nivel regional como a nivel nacional.

CETASA es propietario de cuatro parques eólicos que cuentan con 33 aerogeneradores cada uno, con un total de 132 aerogeneradores.

Los parques son el Parque de Oncala, el Parque de El Cayo, El Parque de Castilfrío y el Parque de Magaña de los cuales hablaremos más detenidamente en el Anejo 1: Criterios de localización.

Los principales objetivos de la empresa promotora son:

- Promoción, mantenimiento y explotación de parque eólicos
- Fomentar y participar en actividades de desarrollo y producción de energías en el medio rural, mediante la explotación y aprovechamiento de recursos naturales,

## 7. LOCALIZACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Dicho parque híbrido se localizará en la Comarca de Tierras Altas (Soria), por ordenamiento del promotor, CETASA, propietario de 4 parques eólicos, donde se realizará un previo estudio de cada uno de ellos para determinar el emplazamiento más adecuado siguiendo una serie de criterios expuestos en el Anejo 1: Criterios de localización.

Tras dicho estudio el parque escogido es el Parque de Oncala, ya que es el único parque que no está sobredimensionado. Esto significa que los aerogeneradores funcionando a su máxima potencia no crearán excedentes de energía pudiendo verterla en su totalidad a la red.

Los aerogeneradores no suelen funcionar a máxima potencia debido a las condiciones climáticas, por lo que al no estar sobredimensionado, queda más espacio para verter energía procedente de la hibridación con placas solares a la red, en comparación con el resto de parques.

Este es el principal criterio que se ha tenido en cuenta ya que por la proximidad entre los distintos parques no varían apenas las condiciones climáticas, que sería uno de los criterios de estudio más importantes a tener en cuenta.

En la siguiente imagen se puede observar el lugar de emplazamiento, el perímetro y su área de ocupación.



**Figura 1. Área de emplazamiento**

Fuente: Elaboración propia

El parque fotovoltaico ocupará un área de 8,14 ha, involucrando a las siguientes parcelas con sus respectivas referencias catastrales:

| TÉRMINO MUNICIPAL | VALTAJEROS (41,949002 , -2236640) 1510,57 metros de altitud |         |               |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|---------|---------------|
| LOCALIZACIÓN      | POLÍGONO 6                                                  |         |               |
| PARCELA           | REFERENCIA CATASTRAL                                        | CLASE   | USO PRINCIPAL |
| Parcela 494       | 42313A006004940000FL                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 500       | 42313A006005000000FK                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 501       | 42313A006005010000FR                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 512       | 42313A006005120000FU                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 656       | 42313A006006560000FM                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 657       | 42313A006006570000FO                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 658       | 42313A006006580000FK                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 659       | 42313A006006590000FR                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 660       | 42313A006006000000FX                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 661       | 42313A006006610000FK                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 662       | 42313A006006620000FR                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 663       | 42313A006006630000FD                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 665       | 42313A006006650000FI                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 667       | 42313A006006670000FE                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 673       | 42313A006006730000FU                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 674       | 42313A006006740000FH                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 678       | 42313A006006780000FY                                        | Rústico | Agrario       |
| Parcela 679       | 42313A006006790000FG                                        | Rústico | Agrario       |

**Tabla 1. Parcelas del catastro**

Fuente: Elaboración propia

## 7.1. ACCESO

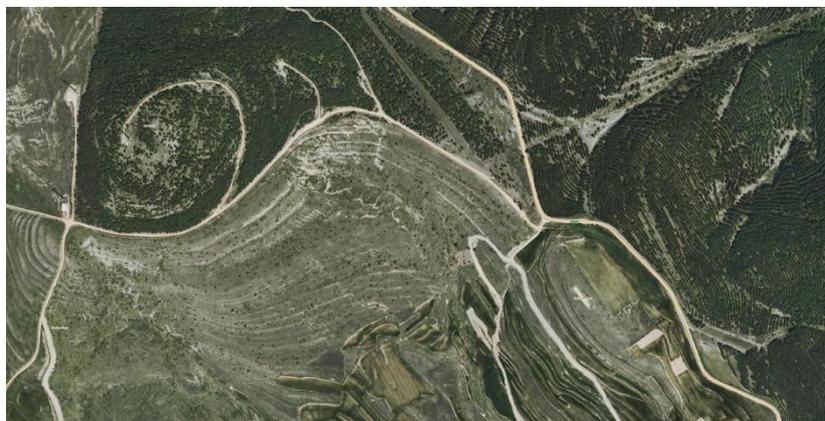
El acceso a la finca se verá facilitado gracias a la cercanía de las carreteras SO-615 y SO-630., facilitando de este modo el tránsito de maquinarias, durante el montaje, y la comodidad de acceso en el día a día.

Para acceder a la instalación por la carretera SO-615, hay que tomar un desvío señalado en lo alto del cerro a la altura del kilómetro 19 y avanzar por el camino del parque eólico, siguiendo las indicaciones de la señalización. El final del camino desemboca a la carretera SO-630.

Para acceder a la instalación desde la carretera SO-630 de deberá tomar un camino a la altura del kilómetro 20, en la que se encuentra la entrada al parque eólico, la cual está indicada con su señalización correspondiente.



**Figura 2. Entrada SO-615**  
Fuente: Iberpix



**Figura 3. Entrada SO-630**  
Fuente: Iberpix

## 8. PERMISOS DE EDIFICACIÓN

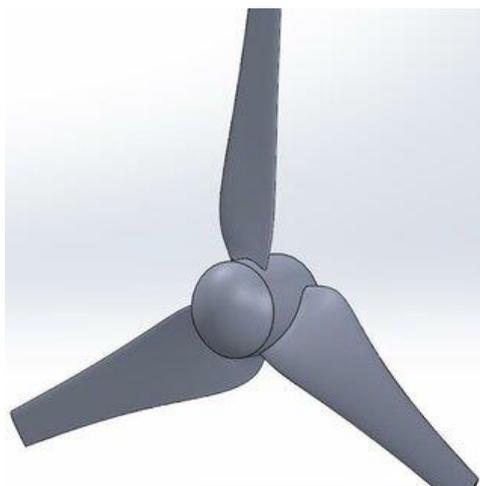
Para llevar a cabo la construcción del proyecto será necesario consultar y seguir las condiciones de edificación en el Término Municipal de Valtajeros, y en su defecto, el de la provincia de Soria o de la comunidad autónoma, en este caso Castilla y León.

El suelo en de la instalación es de clase rústico, por ello habrá que solicitar una autorización a la administración del ayuntamiento competente.

## 9. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA PLANTA HÍBRIDA

### 9.1. ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PARQUE EÓLICO

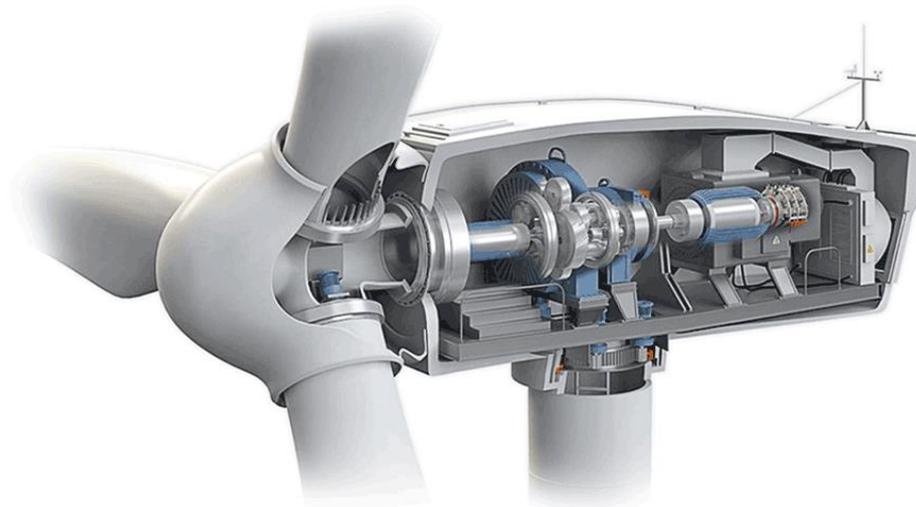
- Rotor eólico: conjunto de componentes del aerogenerador que giran por fuera de la góndola. Los principales componentes del rotor eólico son:
  - Palas: elementos que capturan la energía del viento y transmiten su potencia hacia el buje.
  - Buje: elemento de unión de las palas con el sistema de rotación. En aerogeneradores de tres palas el tipo de buje más común es el buje rígido.
  - Mecanismo de cambio de paso de la pala: hace girar la pala alrededor de su eje longitudinal y su función es doble, ya que permite controlar la potencia y la velocidad del rotor, y es capaz de frenar aerodinámicamente el sistema en caso de avería.



**Figura 4. Rotor eólico**  
Fuente: researchgate

- Góndola: es la estructura que contiene en su interior el eje de baja velocidad, la caja multiplicadora, el eje de alta velocidad, el generador de corriente, la unidad de refrigeración, el controlador electrónico, el freno, el anemómetro y la veleta.

- Eje de baja velocidad: aquel que conecta el buje del rotor a la caja multiplicadora y permite transmitir la energía cinética obtenida del viento a ésta.
- Caja multiplicadora: es el elemento del aerogenerador que multiplica las revoluciones de giro transmitidas por el eje de baja velocidad. Su misión es aumentar la baja velocidad a la que gira el rotor a una velocidad mayor requerida por el generador eléctrico.
- Eje de alta velocidad: eje que transmite la velocidad de salida de la caja multiplicadora hacia el generador.
- Generador de corriente: instrumento que convierte la energía mecánica en energía eléctrica.
- Unidad de refrigeración: contiene un ventilador eléctrico utilizado para enfriar el generador eléctrico
- Controlador electrónico: conjunto de dispositivos sensorizados que monitorizan continuamente las condiciones del aerogenerador y controla el mecanismo de orientación. En caso de cualquier disfunción, automáticamente para el aerogenerador y avisa al operario encargado de la turbina a través de un enlace telefónico.
- Freno mecánico: se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico o durante las labores de mantenimiento de turbina.
- Anemómetro: generalmente se usa un anemómetro de cazoleta y se utiliza para determinar si sopla viento suficiente como para que valga la pena orientar el rotor del aerogenerador y ponerlo en marcha.
- Veleta: se utiliza para medir la dirección del viento y así orientar y girar el rotor dependiendo de ésta.



**Figura 5. Góndola**

Fuente: Interempresas

- Torre: soporta la góndola y el rotor. Generalmente se utilizan las torres tubulares de acero, fabricadas en secciones de 20-30 metros con bridas en

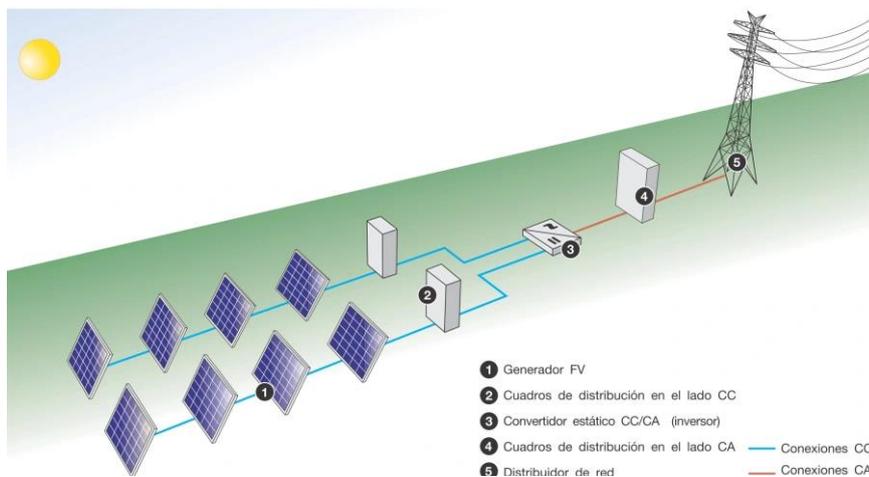
cada uno de los extremos, y son unidas con pernos in situ. Las torres son tronco-cónicas, con el fin de aumentar su resistencia y al mismo tiempo ahorrar material. Se sustenta en el terreno a través de una zapata de cimentación. Posteriormente un transformador aumentará la tensión eléctrica para ser transportada a la red eléctrica.



**Figura 6. Torre**  
Fuente: Drømstørre

## 9.2 ELEMENTOS PRINCIPALES DEL PARQUE FOTOVOLTAICO

La instalación fotovoltaica generadora de electricidad estará formada por el campo fotovoltaico y un conjunto de equipamiento destinado a proteger la instalación y asegurar el correcto funcionamiento de la misma:



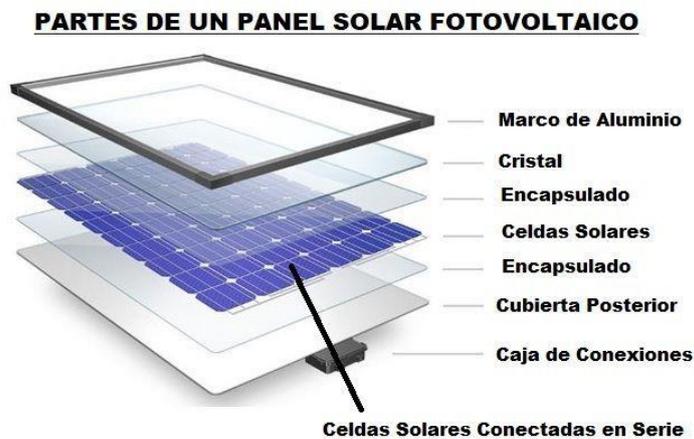
**Figura 7. Elementos del parque fotovoltaico**  
Fuente: Enaltia solar

## CAMPO FOTOVOLTAICO

Es el dispositivo que capta la energía solar para iniciar el proceso de transformación en energía sostenible. El material del que suele estar formado es el silicio, el cual es sensible a la luz y genera electricidad al recibir la radiación solar.

Como se puede observar en la siguiente imagen un panel fotovoltaico consta de varias partes:

- Los marcos, cristales, encapsulados y cubierta posterior son los encargados de brindar la protección y aislamiento del panel.
- Los componentes que generan y conducen la corriente son las celdas solares (conectadas en serie) y la caja de conexiones situada en la parte posterior del panel.



**Figura 8. Partes de un panel solar**

Fuente: Área tecnología

## CAJAS DE COMBINACIÓN

Para sistemas fotovoltaicos medianos y grandes, las cajas de combinación de corriente continua son esenciales y pueden utilizarse para simplificar las conexiones de cables entre los paneles fotovoltaicos y los inversores, con el fin de aumentar la fiabilidad del sistema fotovoltaico y hacer más cómodo el mantenimiento del mismo.

En una instalación fotovoltaica, los distintos módulos están conectados mediante strings. Las conexiones en serie se realizan en los propios módulos, mientras que las conexiones en paralelo de los distintos strings se realizan en las cajas de combinación.

De esta forma se proporciona seguridad, protección, control y monitorización de datos.

Su función será conectar varios strings en una misma caja, de esta forma se reduce el número de cables hasta el inversor



**Figura 9. Caja de combinación**  
Fuente: HIS Renewable

## INVERSOR FOTOVOLTAICO

EL inversor es uno de los elementos fundamentales de la instalación, ya que será el encargado de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna a la frecuencia demandada en España (50 Hz).

El inversor debe ser capaz de:

- Transformar toda la energía producida por los paneles fotovoltaicos.
- Proporcionar protección en caso de cortocircuito, caída de la red o fallo en algún componente. Debe proteger la batería contra las sobrecargas o descargas profundas (en caso de que la instalación lleve).
- Son capaces de registrar y controlar el historial de consumos, lo que nos permitirá
- Optimizar el funcionamiento de la instalación.



**Figura 10. Inversor fotovoltaico**  
Fuente: Ingecon

## TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Es un elemento clave para el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Un transformador eléctrico es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente, como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia, en caso de un transformador ideal.

Para lograrlo, transforma la electricidad que llega al devanado de la entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad, en las condiciones deseadas, en el devanado secundario.



**Figura 11. Transformador fotovoltaico**  
Fuente: HIS Renewable

## CONJUNTO DE PROTECCIONES

Como todas las instalaciones eléctricas, los sistemas de paneles solares fotovoltaicos deben estar provistos de los componentes necesarios que preserven la salud de las personas y la propia integridad de la instalación según la normativa.

Toda instalación en la que se conecten equipos tiene la posibilidad de que fallos de aislamiento o recubrimientos provoque fugas. Estas fugas hay que derivarlas canalizándolas hacia un lugar seguro, la tierra.

## 10. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para llevar a cabo el análisis de las diferentes alternativas de los sistemas que componen el campo fotovoltaico, se han tenido en cuenta una serie de consideraciones recogidas en el Anejo 2 Análisis de alternativas.

A continuación, se expondrán las elecciones de cada elemento con sus respectivas explicaciones.

## 10.1. ALTERNATIVAS DE PANELES SOLARES

Observando la tabla de alternativas en función de la tecnología del panel, distingo los paneles de silicio monocristalino, los paneles de silicio policristalino y los paneles de silicio amorfo.

Tras elegir los parámetros de interés, es decir, rendimiento en laboratorio, rendimiento directo y efecto visual, elijo el panel monocristalino.

Su rendimiento en laboratorio, es decir, en condiciones óptimas de irradiación y de funcionamiento del panel es del 21%, superando así a los otros dos tipos de tecnología. El rendimiento directo, es decir, ya instalado el panel, suele ser entre el 15-18%, igualmente superando el rendimiento de los otros dos casos a comparar. El color del panel es negro por lo que el efecto visual es menor que el azul del panel policristalino.

El silicio amorfo se descarta por su bajo rendimiento.

En la elección de la marca y modelo, se han tenido en cuenta la potencia, la eficiencia, la garantía y la solvencia económica de la empresa proveedora.

Las alternativas planteadas han sido los fabricantes JA Solar, Futura Sun, Exiom y Meyer Buerger

Se ha elegido el panel de JA Solar modelo JAM66S30-500/MR de 500 W de potencia, eficiencia del 21,1 %, 15 años de garantía. Tras 25 años la placa funcionará en torno al 84,8% de su capacidad.



**Figura 12. Panel Fotovoltaico JA SOLAR**  
Fuente: Autosolar

## 10.2. ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE MONTAJE

Para llevar a cabo el análisis de las diferentes alternativas en cuanto a la elección del montaje, se han tenido una serie de consideraciones recogidas en el Anejo 2 Análisis de alternativas, valoración del sistema de montaje.

Se han planteado distintas alternativas en función del tipo de montaje. Distingo el sistema de montaje con eje fijo, el sistema de montaje con seguidor de un eje horizontal y el sistema de montaje con seguidor de dos ejes.

Tras observar los datos recogidos en la tabla considero como parámetros más importantes, el espacio ocupado de los paneles por las posibles sombras entre módulos, la irradiación anual en el plano, el coste de instalación y el de mantenimiento.

Se ha elegido como mejor opción el montaje fijo, con estructura bisposte hincada directamente sobre el suelo, exponiendo las placas a una inclinación de  $36^\circ$  sobre el plano horizontal y azimut  $0^\circ$ . Cada estructura será capaz de soportar 25 paneles distribuidos en 2 filas de 12 en posición vertical (2V)



**Figura 13. Estructura solar biposte**  
Fuente: Teknosolar

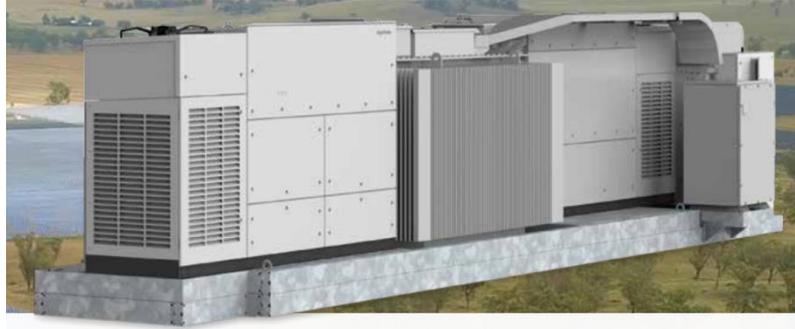
## 10.3. ALTERNATIVAS DE INVERSORES-TRANSFORMADORES

Para llevar a cabo el análisis de las diferentes alternativas en cuanto a la elección del inversor y del transformador, se han tenido una serie de consideraciones recogidas en el Anejo 1.3 Valoración del inversor-transformador.

Para la elección de los inversores se ha tenido en cuenta su tipología y su potencia. Se ha elegido un inversor CD/AC debido a la tipología de nuestra instalación. Para la elección el transformador se han tenido en cuenta factores operacionales, ergonómicos y ambientales.

Los dispositivos irán dentro de una Estación de MW, que integra un transformador propio y posee hueco para colocar 2 inversores compatibles de la misma marca del fabricante.

Por ello se ha decidido instalar 2 Estaciones de MW tipo Full Skid INGECON SUN FSK Y 4 inversores INGECON SUN 2825 TL C600.



**Figura 14. Estación transformadora FSK con inductor Ingecon**  
Fuente: Ingecon

## 11. OBRA CIVIL

Se realizarán todas las cotas del terreno con el fin de efectuar todos los trabajos objeto del presente documento.

Se realizarán todos los trabajos necesarios de movimientos de tierras y los demás trabajos de obra civil necesarios con el objeto de adecuar y acondicionar el terreno que acogerá la instalación, implantar todas las vías de acceso, las canalizaciones, cunetas, zanjas e infraestructuras restantes.

Las labores de obra civil que se van a llevar a cabo son:

- Creación de un nuevo camino de acceso a la instalación.
- Desbroce mecánico de la vegetación.
- Preparación del terreno de la instalación.
- Excavación mecánica de las zanjas, siguiendo el trazado y con la sección indicada.
- Tendido de cableado.
- Cimentaciones.
- Montaje de estructuras y dispositivos electrónicos.
- Cierre de zanjas.
- Transporte del desecho al vertedero.

## 12. ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Para velar por la seguridad de los equipos de la instalación se van a tomar una serie de medidas preventivas para evitar daños, robos, etc que puedan comprometer el funcionamiento del parque. Po ello se va a instalar un vallado perimetral y un conjunto de cámaras de vigilancia.

A continuación se explicará con más detenimiento en que consiste cada sistema de seguridad.

### VALLADO PERIMETRAL

Se realizará un vallado perimetral para el conjunto de instalaciones fotovoltaicas. En el recinto quedarán encerrados todos los elementos descritos de las instalaciones.

El vallado será en malla metálica, cumpliendo así con las exigencias sobre la libre circulación de la fauna silvestre y las prescripciones del trámite de impacto ambiental, con una altitud mínima de 2 metros. Los postes metálicos de fijación se colocarán cada 3 metros. Dispondrá de una puerta de dos hojas para acceso a la planta.

### CÁMARAS DE VIGILANCIA

Las cámaras de vigilancia ofrecerán una serie de ventajas en términos de seguridad y protección del sistema fotovoltaico. Algunas de sus principales ventajas son:

- Disuasión del delito debido a la presencia de cámaras de seguridad
- Vigilancia y monitoreo de la instalación
- Recopilación de pruebas en caso de incidentes o delitos
- Supervisión remota
- Mejora de la respuesta de emergencia

Por ello se instalarán 4 cámaras de vigilancia con un ángulo de captura de 180º y rango de visión de 100 metros modelo Ikitu y, 4 cámaras con un ángulo de captura de 90º y rango de visión de 100 metros modelo Dahua. Cuyas características se encontrarán en el Anejo 8 Características de los equipos y su posición en el terreno en el Plano de vigilancia.



**Figura 15. Cámaras de vigilancia IKUTU y DAHUA**  
Fuente: Ltienda inteligente

## **13. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO HÍBRIDO**

### **13.1. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE EÓLICO**

El parque eólico está formado por distintos elementos como se han descrito anteriormente en el apartado 9 de la Memoria, descripción de elementos del parque eólico.

En este apartado nos vamos a centrar en las características de los aerogeneradores.

El parque eólico de Oncala está formado por 33 aerogeneradores Negmicon de 750KW de paso fijo y 50 metros de altura. Todos ellos suman una potencia total instalada de 24750KW, y fue puesto en marcha en mayo de 2001.

Cada aerogenerador posee 3 palas, que junto al buje, constituyen un rotor de 48,2 metros de diámetro y un área de barrido de 1824 m<sup>2</sup>.

Para llevar a cabo el arranque, requiere una velocidad de viento de 4m/s.

Por el contrario, a partir de 25 m/s, el aerogenerador se detendrá para evitar daños en sus componentes.

La velocidad nominal son 16 m/s.

### **13.2. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO**

El parque fotovoltaico está formado por distintos elementos como se han descrito anteriormente en el punto 9 de la Memoria, Descripción de elementos del parque fotovoltaico.

En este apartado nos vamos a centrar en describir las características del conjunto de la instalación solar.

- 27600 paneles solares
- 1104 estructuras biposte
- 92 cajas combinadoras de strings
- 4 inversores
- 2 estaciones de MW

La instalación completa que se va a dimensionar consiste en un parque compuesto de 27600 módulos fotovoltaicos de 500W de potencia cada uno, que convierten la radiación solar en energía eléctrica útil para el sistema, como se ha visto anteriormente.

Éstos se conectan en strings de 25 paneles, que a su vez se inyectan paralelamente a las cajas de combinación. Hay 92 cajas de combinación de strings, que recibirán el cableado de 12 strings de 25 paneles cada uno.

De estas cajas concentradoras se llevará la electricidad hasta los inversores trifásicos donde la electricidad en forma de corriente continua llegada desde los paneles fotovoltaicos se transformará en corriente alterna que posteriormente se elevará a 30KV en el transformador de la propia estación de MW. El tendido eléctrico que conecta la estación de MW con el centro de seccionamiento, será el encargado de transportar la electricidad hasta el punto de conexión a red.

La presencia de un contador, asegurará el control de todo el vertido a la red.

Todos los anteriores dispositivos tendrán que estar conectados a tierra y llevar sus respectivas protecciones, como se ha mencionado anteriormente en el punto 9 de la memoria "Conjunto de protecciones".

### **13.3. OPCIONES DE FUNCIONAMIENTO**

El Parque Eólico de Oncala y el parque fotovoltaico funcionarán simultáneamente durante las horas solares. Ambos parques verterán la energía producida al centro de seccionamiento de conexión a red situado en el Centro de Control. Dicho seccionamiento está configurado para admitir una producción máxima de 24,75 MW, por lo que, si la suma de las producciones entre el parque fotovoltaico y el parque eólico sobrepasan esta cifra, el sistema de conexión a red fallaría.

De este modo se plantea una alternativa de funcionamiento para evitar lo anteriormente mencionado.

Para no llegar a sobrepasar los 24,75 MW admitidos por el centro de seccionamiento, en caso de superarlos, habría que limitar una de las dos producciones, o la parte de la producción la eólica, o parte de producción solar.

Como ya se ha comentado el Parque de Oncala dispone de 33 aerogeneradores Negmicon de 750KW de paso fijo, lo que significa, que si se limita la energía procedente del parque eólico habría que parar algún aerogenerador hasta ajustar la potencia de entrada en el centro de seccionamiento.

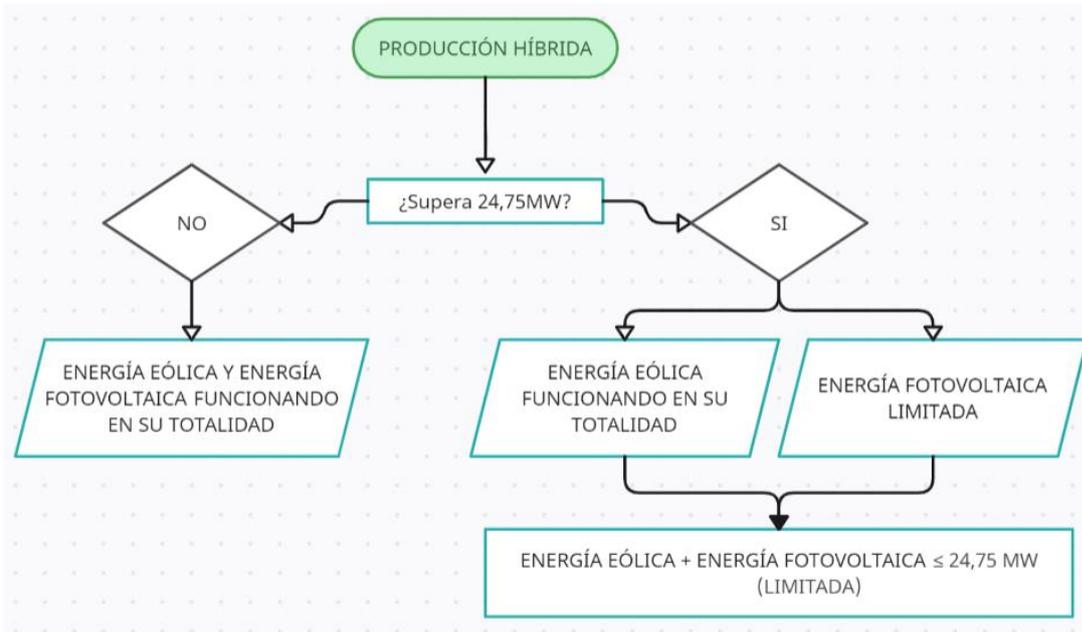
Por este motivo, para no parar totalmente los aerogeneradores, se va a dar preferencia a que estos funcionen en su totalidad, de modo que si se sobrepasan los 24,75 MW, será el parque fotovoltaico el que limitará la producción de energía.

Para llevar a cabo este proceso se necesitará un controlador que se conectará aguas abajo con los SCADA del parque eólico y del parque solar, en el que estará configurado el tope máximo de 24,75MW. Dicho controlador mandará señal a los SCADA de las dos plantas para que el regulador de potencia integrado en los mismos

coja la consigna marcada y mande órdenes de parada a los módulos de inversores fotovoltaicos.

Parte del parque fotovoltaico dejará de funcionar por lo que la energía producida por éste será menor, de modo, que se necesitarán equipos auxiliares de inversión y transformación para adaptarse a la parte del parque en funcionamiento.

En el siguiente esquema se ve representado de forma visual el funcionamiento en caso de sobrepasar la energía admitida



**Esquema 1. Opciones de funcionamiento**

Fuente: Elaboración propia

## 14. PLAZO DE EJECUCIÓN

La construcción del proyecto será ejecutado en unas 20 semanas, desde las primeras tareas de obtención de permisos y licencias hasta la prueba del parque para determinar que todo está en su correcto orden y finalmente su puesta en marcha.

A continuación se exponen todas las actividades o tareas necesarias para llevar a cabo el desarrollo del proyecto en un diagrama de Gantt.

| ACTIVIDAD                               | Duración estimada en semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                         | 1                            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Obtención de permisos y licencias       | ■                            | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Adquisición y arrendamiento de terrenos |                              |   | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Replanteo                               |                              |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Creación del camino                     |                              |   |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Desbroce de la vegetación               |                              |   |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Preparación del terreno                 |                              |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Adquisición y entrega de equipos        |                              |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Zanjas para cableado                    |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cimentación para inversores             |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Montaje de las estructuras solares      |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |
| Instalación de paneles solares          |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |
| Tendido de cableado                     |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |    |
| Cierre de zanjas de cableado            |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |
| Conexión de todos los dispositivos      |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |
| Pruebas y puesta en marcha              |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |

**Tabla 2. Diagrama de GANTT**  
Fuente: Elaboración propia

## 15. RESUMEN DE PRESUPUESTOS

El presupuesto se ha calculado en base a las partidas representadas en el Diagrama de GANTT de la tabla 2. Tras obtener los datos de presupuesto material, presupuesto de obra y presupuesto de maquinaria, se ha calculado el presupuesto general, el cual indica el desembolso total que se va requerir hasta el funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

En la Figura 16 se encuentra el resumen del presupuesto general con los costes de las partidas principales.

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                        | Capítulo                           | Total €             |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| C01                                           | Estudios previos                   | 7.500,00            |
| C02                                           | Preparación del terreno            | 539.994,40          |
| C03                                           | Sistema de montaje                 | 1.494.898,74        |
| C04                                           | Sistema eléctrico de baja tensión  | 5.100.614,69        |
| C05                                           | Montaje de la estación de MW       | 640.141,24          |
| C06                                           | Sistema eléctrico de media tensión | 26.301,02           |
| C07                                           | Elementos de seguridad             | 21.029,45           |
| C08                                           | Seguridad y salud                  | 30.000,00           |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....</b> |                                    | <b>7.860.479,54</b> |

**Figura 16. Resumen del presupuesto general**

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto del proyecto será de 7.860.479,54 €, Siete millones ochocientos sesenta mil cuatrocientos setenta y nueve euros con cincuenta y cuatro céntimos.

Dicha cantidad se ha calculado en Documento N°4 del proyecto.

## 16. VIABILIDAD ECONÓMICA

Para calcular la viabilidad económica del proyecto ha sido necesario calcular los costes y los ingresos anuales que se espera que tenga el proyecto. De este modo se han tomado los datos de presupuestos generales, calculados en el Documento N°4, los ingresos esperados por el funcionamiento de la instalación y los costes de explotación, calculados en el Anejo 11 del presente documento.

Se han obtenido los siguientes datos:

- Inversión inicial: 7.860.479,54 €
- Costes de explotación anuales: 288.400 €
- Ingresos: 1.473.285,10 €
- Vida útil del proyecto: 25 años
- Interés exigido: 1,5%

Tras la realización del cálculo del Valor Actual Neto (VAN), durante los 25 años de vida útil del proyecto, se espera un beneficio de 16.689.879,05 €.

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) ha reflejado una tasa de rentabilidad del 15%.

El periodo de recuperación de la inversión inicial se dará en el año 7 de explotación, por lo que a partir de este año se obtendrán beneficios.

En conclusión, el proyecto es viable, ya que VAN es mayor a 0 y por lo tanto el conjunto de los flujos de caja actualizados supera el valor actual de la inversión inicial, y la TIR supera el porcentaje del interés exigido.

**ANEJO N°1:**  
**CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                | 1 |
| 2. PARQUES EÓLICOS .....             | 1 |
| 3. UBICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO ..... | 4 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICES DE FIGURAS

|                                                     |   |
|-----------------------------------------------------|---|
| Figura 1. Ubicación de los parques eólicos .....    | 1 |
| Figura 2. Ubicación del emplazamiento.....          | 4 |
| Figura 3. Horizonte solar en el emplazamiento ..... | 5 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                     |   |
|-----------------------------------------------------|---|
| Tabla 1. Características de los parque eólicos..... | 2 |
|-----------------------------------------------------|---|

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

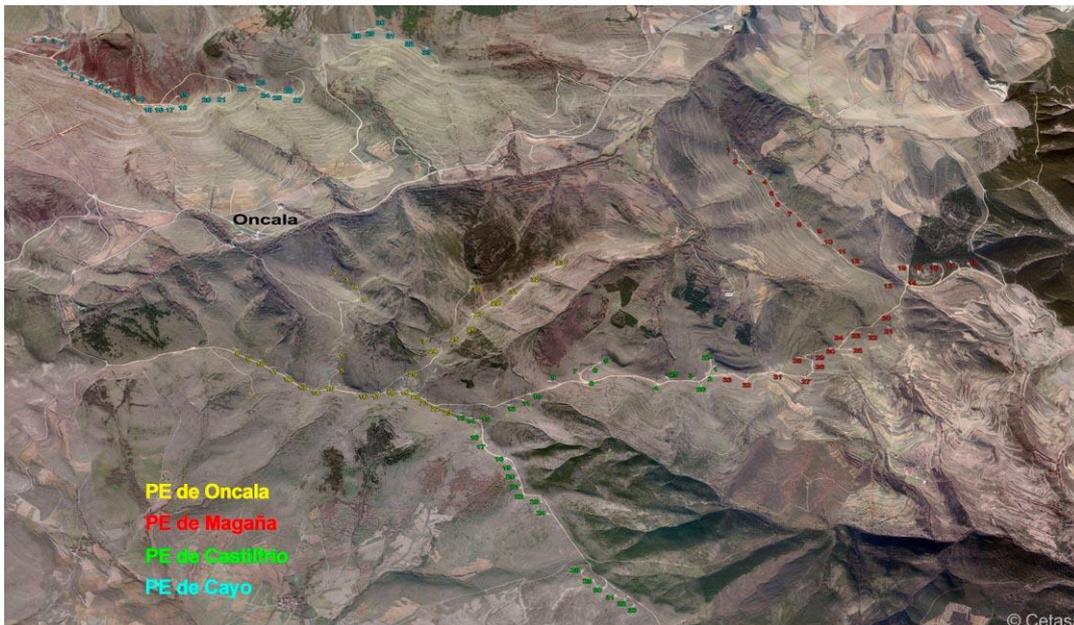
# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a definir la ubicación del parque fotovoltaico en función de los distintos parques eólicos a estudiar. Por ello se expondrán los distintos parques eólicos, con sus características tecnológicas, modelos, tipos de pala, potencia unitaria y total, potencia de vertido y año de construcción.

## 2. PARQUES EÓLICOS

CETASA es propietario de cuatro parques eólicos, situados los cuatro en la Comarca de Tierras Altas (Soria). Dichos parques son el Parque Eólico de Oncala, el Parque Eólico de Magaña, el Parque Eólico de Castilfrío y el Parque Eólico de El Cayo.

En la siguiente figura se ven representados por colores los cuatro parques en un mapa de terreno:



**Figura 1. Ubicación de los parques eólicos**  
Fuente: CETASA

Se puede observar que los cuatro parques están muy próximos entre sí, aprovechando sistema montañoso de unos 1.550 m de altitud sobre el nivel del mar.

En la siguiente tabla se van a exponer las distintas características de cada parque, aclarando el número de aerogeneradores de cada parque, el fabricante y modelo, el tipo de pala utilizada, la potencia unitaria de cada generador, la potencia total de cada parque y su año de construcción.

|                     | Parque de Oncala | Parque de Magaña | Parque de Castilfrío | Parque de El Cayo |
|---------------------|------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| Unidades            | 33               | 33               | 33                   | 33                |
| Tecnología          | Vestas           | Vestas           | Gamesa               | Gamesa            |
| Modelo              | Negmicon NM/750  | Negmicon NM/900  | Made AE52 800        | Made AE52 800     |
| Tipo de pala        | Paso fijo        | Paso fijo        | Paso variable        | Paso variable     |
| Potencia unitaria   | 750 KW           | 900 KW           | 800 KW               | 800 KW            |
| Potencia total      | 24750 KW         | 29700 KW         | 26400                | 26400             |
| Potencia de vertido | 24750 KW         | 24750 KW         | 24750 KW             | 24750 KW          |
| Año construcción    | 2001             | 2002             | 2003                 | 2004              |

**Tabla 1. Características de los parque eólicos**

Fuente: Elaboración propia

A continuación se definirán los dos tipos de pala empleados por los parques fotovoltaicos, ya que son términos de gran importancia:

- Paso de pala fijo: en este tipo de montaje, las palas permanecen invariables, es decir no tienen rotación sobre su eje. Para esta clase de sistemas, cuando la velocidad del viento excede de un determinado valor y se hace necesario limitar la energía capturada, al no poder girar la pala sobre su eje será necesario parar el aerogenerador para evitar daños sobre las partes y componentes de este.
- Paso de pala variable: este tipo de montaje, al contrario que el de paso fijo, puede modificar su posición, rotando sobre su eje. De modo que ante corrientes de aire más fuertes es capaz de girar la pala haciéndola más aerodinámica y limitando la cantidad de energía producida sin tener que parar el aerogenerador completamente. Además, si se excede el límite de producción debido a un sobredimensionamiento del parque, la posición de las palas puede variar para ajustarse a los niveles de producción necesarios.

Aclarado esto se van a comparar los distintos parques.

Los 4 parques poseen el mismo número de aerogeneradores. La diferencia entre ellos difiere en el modelo, en el tipo de pala, la potencia unitaria de cada aerogenerador y por lo tanto en la potencia máxima total del conjunto.

A continuación se expondrán los distintos criterios que determinarán la elección del parque a hibridar.

La potencia unitaria determinará la cantidad máxima de energía emitida por cada parque. Como se puede observar en la tabla, el parque con mayor potencia instalada es el Parque de Magaña, y el que menos el Parque de Oncala.

Los parques de Oncala y Magaña tienen una tecnología de pala de paso fijo. Esto significa que la posición de las palas permanece invariable, es decir, cuando la velocidad del viento excede un determinado valor es necesario limitar la energía capturada.

Los parques de Castilfrío y El Cayo tienen una tecnología de pala de paso variable. Este tipo de pala es capaz de modificar su posición, es decir, es capaz de cambiar el ángulo que forma el perfil de la pala con la corriente de aire que incide sobre ella.

La potencia de vertido dependerá del centro de seccionamiento que conectará con el punto de conexión a red a las torres de transporte, en nuestro caso de 30KV.

Se puede observar que todos los parques poseen la misma potencia de salida, indiferentemente de la potencia instalada en cada uno. Esto significa que 3 de los parques superan esta potencia de salida, por lo que determinamos que están sobredimensionados.

Esto tiene una ventaja, ya que en caso de producción baja o media se van a lograr mayores producciones energéticas sin la necesidad de aumentar la potencia de salida al no llegar a saturar el transformador. Por el contrario, los días de producción alta, es posible que algunos aerogeneradores detengan su funcionamiento ya que la potencia generada sea mayor a la de evacuación. De este modo se generaran excedentes que no podrán ser inyectados a la red y nuestro sistema perderá eficiencia al desperdiciar esa porción energética desechada.

Este parámetro va a ser determinante en la elección del parque a hibridar. Se entiende que los parques sobredimensionados van a tener mayor producción que el parque no sobredimensionado. Por ello tendremos más margen para la instalación de paneles solares en el Parque de Oncala y así mejorar la eficiencia de vertido de energía a la red en su transformador cuando la producción eólica no llegue a los 24750 KW (24,75 MW).

En este caso, la climatología no varía de unos parques a otros debido a la proximidad entre ellos, por lo que no será necesario un estudio de cada uno de ellos.

En el Anejo 3, quedará reflejado el análisis climático sobre la ubicación, exponiendo los datos de radiación, temperatura, viento y precipitaciones.

### 3. UBICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

Un requisito necesario para la hibridación, es que no se puede modificar la ubicación geográfica de las instalaciones de generación cuando el centro geométrico de las instalaciones de generación planteadas inicialmente y finalmente, sin considerar infraestructuras de evacuación, no difiere en más de 10,000 metros.

Por ello será necesario ubicar el parque solar en las inmediaciones del parque eólico.

También hay que tener en cuenta la distancia de la instalación fotovoltaica con el centro de seccionamiento, ya que cuanto más lejos esté, se producirán más pérdidas en el transporte, provocando una disminución de eficiencia del mismo y, aumentarán los gastos de construcción debido a la mayor magnitud de las obras y dimensionado de cableado.

Tras la localización del centro de seccionamiento, el estudio del terreno y la obtención de los distintos horizontes solares de las ubicaciones escogidas se determina que la ubicación ideal será en la Sierra del Rodadero, en el Término Municipal de Valtajeros cuya latitud y longitud serán 41,950779, -2,236435 respectivamente.

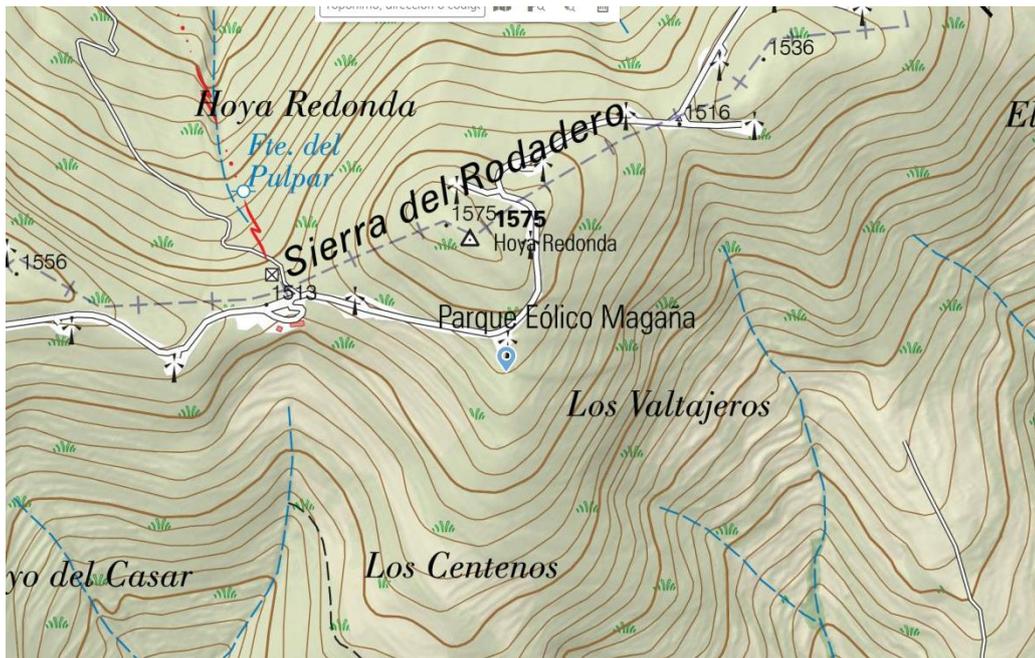
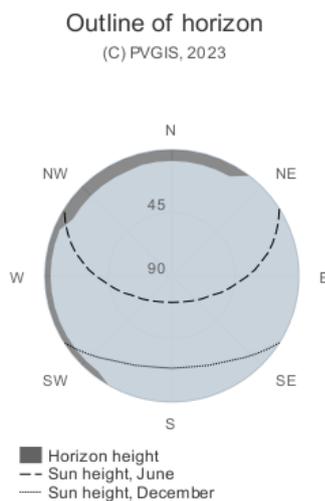


Figura 2. Ubicación del emplazamiento  
Fuente: Iberpix

Dicha ubicación está orientada al Sur, con azimut 0, y un horizonte solar representado en la siguiente figura:



**Figura 3. Horizonte solar en el emplazamiento**  
Fuente: PVGIS

La ubicación de emplazamiento se encuentra a 6,5 Km del Parque Eólico de Oncala y a 800 metros del centro de seccionamiento, por lo que cumplirá la normativa de distancia de hibridación.

En conclusión, el parque a hibridar va a ser el Parque de Oncala y la ubicación de emplazamiento va a ser la Sierra del Rodadero (41,950779, -2,236435), situada a 800 metros del centro de seccionamiento donde se evacuará la energía en el punto de conexión a red.

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**ANEJO N°2:**  
**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                        |   |
|--------------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                  | 1 |
| 2. ALTERNATIVAS DE PANELES SOLARES .....               | 1 |
| 2.1. ALTERNATIVA 1: TECNOLOGÍA DE LOS PANELES.....     | 1 |
| 2.2. ALTERNATIVA 2: MARCA Y MODELO DE LOS PANELES..... | 3 |
| 3. VALORACIÓN DEL SISTEMA DE MONTAJE.....              | 5 |
| 3.1. COSTES DE MANTENIMIENTO.....                      | 7 |
| 3.2. DATOS DE PRODUCCIÓN CON LOS DISTINTOS EJES.....   | 7 |
| 4. VALORACIÓN DEL INVERSOR-TRASFORMADOR .....          | 9 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                             |   |
|---------------------------------------------|---|
| Figura 1. Sistema de montaje fijo .....     | 5 |
| Figura 2. Sistema de montaje lastrado ..... | 6 |
| Figura 3. Seguidores solares.....           | 6 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                          |   |
|----------------------------------------------------------|---|
| Tabla 1. Características de los paneles.....             | 2 |
| Tabla 2. Comparativa de paneles solares .....            | 4 |
| Tabla 3. Comparación de producciones según montaje ..... | 8 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En el planteamiento de la instalación han ido surgiendo una serie de dudas en la elección de los distintos dispositivos, por ello se han recogido las siguientes alternativas.

## 2. ALTERNATIVAS DE PANELES SOLARES

Se plantean dos tipos alternativas a la hora de elegir el panel solar. La primera alternativa es la elección en función de la tecnología de los paneles. La segunda alternativa, se surge tras la elección de la anterior, seleccionando en concreto, la marca y el modelo del panel.

### 2.1. ALTERNATIVA 1: TECNOLOGÍA DE LOS PANELES

Una célula solar, es un dispositivo semiconductor que convierte fotones en electricidad. Fundamentalmente, el dispositivo sólo necesita cumplir dos funciones: la fotogeneración de portadores de carga en un material absorbente de luz, y la separación de los portadores de carga a un contacto conductor que transmitirá la electricidad. Esta conversión se denomina efecto fotovoltaico.

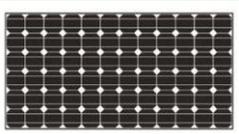
La corriente y la potencia de salida de una célula fotovoltaica dependen de su eficiencia y tamaño, y es proporcional a la intensidad de la luz solar que se refleja en la superficie de la célula. El material más utilizado es el silicio, debido a que posee unas cualidades físicas y químicas muy favorables para realizar este efecto fotovoltaico.

Existen distintas formas de procesar este material, de este modo encontraremos con las siguientes alternativas.

- Silicio monocristalino: fabricada con células serradas a partir de un único cristal cilíndrico de silicio, es la más eficiente de las tecnologías fotovoltaicas (FV). La ventaja principal de la monocristalina es su alta eficiencia, típicamente alrededor del 21-23%, aunque el proceso de fabricación que se requiere para producir silicio monocristalino es complicado, resultando en costos ligeramente más altos que las otras tecnologías
- Silicio policristalino: Hecho de células cortadas de un lingote de silicio fundido y recristalizado. En el proceso de fabricación, el material fundido se funde en lingotes de silicio policristalino, estos lingotes se cortan a sierra en obleas muy finas y se ensamblan en células completas. Las células policristalinas son más difíciles de producir que las monocristalinas, debido a la simplicidad del

proceso de fabricación. Sin embargo, tienden a ser visualmente menos eficientes. A la vista tiene una textura granular.

- Silicio amorfo: Las células de silicio amorfo están compuestas de átomos de silicio en una capa fina y homogénea en lugar de una estructura cristalina. El silicio amorfo absorbe la luz más eficazmente que el silicio cristalino, por lo que las células pueden ser más delgadas. Por esta razón, el silicio amorfo también se conoce como tecnología fotovoltaica de "película delgada". El silicio amorfo se puede depositar sobre un amplio abanico de sustratos, tanto rígidos como flexibles, lo que lo hace ideal para superficies curvas y módulos "plegables". Sin embargo, las células amorfas son menos eficientes que las células de base cristalina. Su bajo coste las hace ideales para muchas aplicaciones en las que no se requiere una alta eficiencia y el bajo coste es importante.

| CÉLULAS                                                                             |                | RTO LABORATORIO | RTO DIRECTO | EFECTO VISUAL                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------|---------------------------------------------|
|   | MONOCRISTALINO | 23%             | 15-18%      | Color negro<br>(menor efecto visual)        |
|  | POLICRISTALINO | 19-20%          | 12-14%      | Color azul<br>(mayor efecto visual)         |
|  | AMORFO         | 16%             | <10%        | Color negro-marrón<br>(menor efecto visual) |

**Tabla 1. Características de los paneles**  
Fuente: Elaboración propia

Tras observar la anterior tabla determino que el panel monocristalino es el más adecuado para el tipo de instalación que se quiere llevar a cabo, debido al mayor rendimiento y al menor impacto visual respecto al panel de silicio policristalino.

El panel de silicio amorfo se descarta debido a sus bajos rendimientos.

## 2.2. ALTERNATIVA 2: MARCA Y MODELO DE LOS PANELES

Antes de adentrarnos en la elección del panel, es necesario conocer los principales parámetros que se van a considerar más importantes:

- Potencia nominal: generalmente expresada en vatios (W), e indica la producción máxima de energía que podría producir un módulo en condiciones ideales de luz solar. Las potencias nominales más comunes ofrecen entre 250 y 550 vatios. Un panel con mayor potencia ofrece mayor eficiencia con el inconveniente que suelen ser más costosos

Este será el parámetro más importante a la hora de elegir el panel solar, ya que con paneles de una mayor potencia, ahorraremos en espacio ocupado y por consiguiente en costes.

- Eficiencia: la eficiencia del panel solar se refiere a la capacidad de convertir la radiación solar en electricidad utilizable. Un panel solar más eficiente producirá más energía con una superficie de panel más pequeña. A demás, la eficiencia depende también del diseño eléctrico y tamaño de la explotación.
- Garantía: es un factor que hay que considerar a la hora de la elección de paneles solares. Las garantías típicas incluyen una garantía de rendimiento y una garantía de producto. La garantía de rendimiento garantiza que el panel solar mantendrá una cierta eficiencia durante un periodo de tiempo específico, mientras que la garantía de producto cubre defectos de fabricación o posibles daños.

Por eso es recomendable elegir paneles con garantías más largas y confiables para proteger la inversión.

- Solvencia del fabricante: es importante pensar en el futuro de la empresa fabricante, ya que estamos trabajando con materiales que tienen unos plazos de garantía de 12 o 25 años. Si la empresa no existe (quiebra) para cuando tengamos algún problema, se habrán perdido esas garantías y por lo tanto significaría una pérdida económica no prevista.

Las marcas y modelos elegidos son los expresados en la siguiente tabla:

| Propiedades/fabricante                       | JA SOLAR        | Futura Sun        | Exiom         | Meyer Burger           |
|----------------------------------------------|-----------------|-------------------|---------------|------------------------|
| MODELO                                       | JAM66S30-500/MR | FU 460 M SILK Pro | EX410M(B)-120 | Meyer Burger Black 395 |
| País                                         | China           | Italia            | España        | Alemania               |
| Peso (kg)                                    | 25,5            | 24,3              | 21            | 19,7                   |
| Largo (mm)                                   | 2093            | 2094              | 1754          | 1767                   |
| Ancho (mm)                                   | 1034            | 1038              | 1096          | 1041                   |
| Potencia (W)                                 | 500             | 460               | 410           | 395                    |
| Corriente cortocircuito (A)                  | 13,93           | 11,55             | 12,14         | 10,9                   |
| Tensión Corto abierto (V)                    | 45,59           | 49,90             | 39,1          | 44,7                   |
| Corriente (A)                                | 13,04           | 11,03             | 11,84         | 10,3                   |
| Tensión (V)                                  | 38,35           | 41,71             | 34,6          | 38,7                   |
| Eficiencia (%)                               | 21,1            | 21,16             | 21,3          | 21,5                   |
| Coef. de temperatura $I_{SC}(\%/^{\circ}C)$  | +0,045          | +0,05             | +0,040        | +0,033                 |
| Coef. de temperatura $V_{OC}(\%/^{\circ}C)$  | -0,275          | -0,28             | -0,250        | -0,234                 |
| Coef. de temperatura $P_{MMP}(\%/^{\circ}C)$ | -0,35           | -0,35             | -0,340        | -0,259                 |
| Temperatura nominal                          | 45( $\pm$ 2)    | 45( $\pm$ 2)      | 43( $\pm$ 2)  | 44( $\pm$ 2)           |
| Temperatura de funcionamiento                | -40 - +85       | -40 - +85         | -40 - +85     | 40 - +85               |
| Tecnología                                   | Monocristal     | Monocristal       | Monocristal   | Monocristal            |
| Rendimiento a los 25 años                    | 84,8            | 87                | 85            | $\geq$ 92              |

**Tabla 2. Comparativa de paneles solares**  
Fuente: Elaboración propia

Voy a elegir el panel de JA SOLAR de 500W ya que uno de los parámetros importantes es el de potencia.

Todos los paneles tienen una eficiencia similar en torno al 21% por lo que este factor se ha pasado finalmente por alto, pero si se ha tenido en cuenta la solvencia del fabricante. En el caso de nuestro panel, el fabricante es una marca conocida y con muchos años en la industria, por lo que la solvencia económica de la empresa es buena.

Analizando así la empresa, aseguramos que no vaya a la quiebra en los próximos años y tengamos problemas con las garantías de los paneles.

La garantía de este modelo son 15 años. Otros modelos tienen una garantía de 25 años, pero la marca elegida es ya una marca consolidada y reconocida con gran experiencia en paneles fotovoltaicos, lo que nos asegura un producto de calidad.

A demás, panel dispondrá de diodos by-pass para evitar el efecto hot spot, y así evitar averías en las células.

### 3. VALORACIÓN DEL SISTEMA DE MONTAJE

Existen distintos tipos de montaje en función de su instalación.

Montaje fijo o sin seguidor solar: son instalaciones sobre estructuras fijas. Es muy importante el cálculo de inclinación óptimo para estos sistemas.

- Sistemas fijos: son instalaciones ancladas al suelo sin opción de movimiento, ya que no posee ningún eje de giro ni sistema de seguimiento solar, por lo que la eficiencia de estos paneles es menor. Para conocer la inclinación y orientación óptima de instalación es necesario evaluar los distintos parámetros de radiación.



**Figura 1. Sistema de montaje fijo**  
Fuente: Solarix

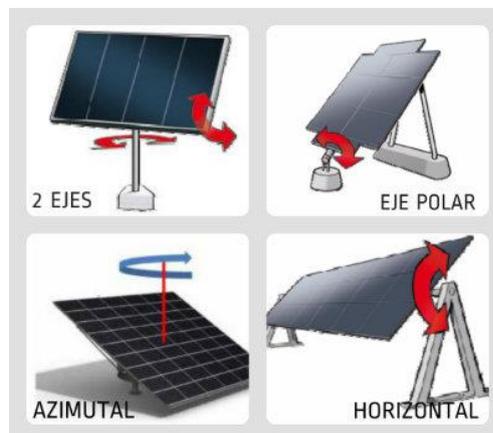
- Sistemas lastrados: son instalaciones sin sistemas de seguimiento, similares a las anteriores, con la diferencia que no se pueden anclar al suelo (ya sea porque no se puede o porque no nos dejan).



**Figura 2. Sistema de montaje lastrado**  
Fuente: Grupo labore

Montaje con seguidor solar: Son instalaciones que mediante un seguidor solar son capaces de orientar los paneles de forma perpendicular a la incidencia de los rayos del sol.

- Un eje:
  - Eje vertical: permite un movimiento E-O gracias a un eje vertical, por lo que realiza un seguimiento en función del movimiento de salida y puesta del sol en el eje X.
  - Eje horizontal: permite un movimiento N-S gracias a un eje horizontal, por lo que realiza un seguimiento en función de la altura del sol.
- Dos ejes: la instalación se mueve en dos direcciones, gracias a un eje norte-sur y otro este-oeste. De esta forma es capaz de maximizar la producción de energía durante las distintas estaciones. Presentan mayores costes de instalación y de mantenimiento



**Figura 3. Seguidores solares**  
Fuente: Udima

### **3.1. COSTES DE MANTENIMIENTO**

Los costes de mantenimiento son el conjunto de tareas realizadas para la conservación y restauración de un bien o producto.

En este caso, engloba a todo tipo de costes relacionados con el mantenimiento de la instalación (mantenimiento del vallado perimetral, mantenimiento de los paneles, mantenimiento de los seguidores, mantenimiento de cableado, mantenimiento de inversores y transformadores,...).

Las instalaciones con eje fijo, tienen un menor coste de mantenimiento, ya que no hay que realizar mantenimiento del seguidor solar, por lo que este tipo de montaje es el más barato de todos.

Por el contrario las instalaciones de un eje o dos ejes requieren de mayores mantenimientos debido a la implementación de seguidores solares. Sin embargo, la instalación de un eje, no es muy distinta a las de eje fijo en cuanto a estructura. Por este motivo, el acceso al seguidor solar de un eje es más sencillo que el acceso al seguidor solar de dos ejes. Además, los montajes de dos ejes, tienen el inconveniente de estar más distanciados por el efecto sombra y; es más complicado el mantenimiento por la complejidad de rotar en dos ejes.

Se determina que:

Los montajes de dos ejes son los que más mantenimiento requieren, por lo que se descartan a la hora de esta elección.

Realizando un balance entre el eje fijo y el seguidor de un eje, considero que los costes de mantenimiento del primero son inferiores respecto del segundo.

### **3.2. DATOS DE PRODUCCIÓN CON LOS DISTINTOS EJES**

Para conocer los datos de producción de los diferentes soportes se va a utilizar el simulador PVGIS

Para la observación de los datos de los distintos tipos de seguidores solares, será necesario elaborar una tabla comparativa. Así se expondrán los datos de mayor peso a la hora de la elección.

Se tendrán en cuenta como factores más importantes los factores de producción, costes de instalación, costes de mantenimiento y espacio ocupado por MW

| Ubicación: 41,950779, -2,236435<br>Base de datos utilizada: PVGIS-SARAH2<br>Tecnología fotovoltaica: silicio cristalino<br>FV instalada (kWp): 138000 kwp<br>Pérdida del sistema (%): 12 |               |                  |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| Tipo de ejes                                                                                                                                                                             | Plano fijo    | 1 eje horizontal | 2 ejes        |
| Ángulo de inclinación (°)                                                                                                                                                                | 36            | 55 (opcional)    | -             |
| Ángulo de azimut (°)                                                                                                                                                                     | 0             | -                | -             |
| Producción anual de energía fotovoltaica (kWh)                                                                                                                                           | 21.974.712,38 | 29.060.662,82    | 29.119.982,03 |
| Irradiación anual en al plano (kWh/m <sup>2</sup> )                                                                                                                                      | 1.918,64      | 2.517,46         | 2522,62       |
| Variabilidad interanual (kWh)                                                                                                                                                            | 743.542,21    | 1.060.393,6      | 1.048.494,7   |
| Cambios en la producción debido al ángulo de incidencia (%)                                                                                                                              | -2,72         | -1,44            | -1,45         |
| Cambios en la producción debido a los efectos espectrales (%)                                                                                                                            | 0,96          | 0,92             | 0,92          |
| Cambios en la producción debido a la temperatura y baja irradiancia (%)                                                                                                                  | -3,97         | -4,43            | -4,42         |
| Pérdida total (%)                                                                                                                                                                        | -17,01        | -16,35           | -16,35        |
| Coste de instalación                                                                                                                                                                     | X             | X · 1,15         | X · 1,20      |
| Costes de mantenimiento                                                                                                                                                                  | Bajo          | Medio            | Alto          |
| Espacio ocupado por MW                                                                                                                                                                   | 2 ha          | 4 ha             | 7,5 ha        |

**Tabla 3. Comparación de producciones según montaje**  
Fuente: Elaboración propia

Tras observar la tabla anterior se puede determinar que los sistemas de seguimiento solar son los que mayor producción de energía anual tienen. Por el contrario suelen tener más averías y tienen un mantenimiento medio-alto, debido a la fragilidad de sus componentes (motores, sistemas de seguimiento,...)

También he tenido en cuenta para la elección, que en invierno, en mi instalación, puede haber algún día con mayores rachas de viento, lo que supondría que los seguidores de ejes se colocaran de forma horizontal. De esta forma la energía captada es muy baja. Esto no interesa en una instalación fotovoltaica y si precisamente se ha montado un seguidor solar no es para que esté fuera de servicio. Por ello se descarta la opción del seguidor solares con ejes.

Los costes de instalación de los ejes dependen de la superficie de paneles a colocar y del dimensionamiento de dicho soporte. Suponiendo instalaciones de las mismas dimensiones, las de un eje, cuestan aproximadamente un 15% más que la de eje fijo, y las de dos ejes un 20%.

Lógicamente la producción energética es mayor en las estructuras con seguimiento, siendo las de dos ejes las que más producen, pero también hay que tener en cuenta que también se requiere de un mayor espacio de instalación, ya que hay que tener en cuenta la proyección de sombras que afectan de unas estructuras a otras.

Dicho de otra forma, las estructuras con ejes de seguimiento requieren de una mayor superficie de instalación. Con el espacio requerido para 1MW con estructuras de seguimiento de dos ejes, puedo instalar 3,7 MW con estructuras de eje fijo.

Finalmente se va a optar por una estructura de eje fijo, ya que el propósito de la instalación es la simplicidad, la confiabilidad y un costo más bajo.

Los módulos fotovoltaicos se colocarán orientados al Sur, sobre una estructura metálica fija biposte.

Los módulos formarán dos 2 filas en vertical (2V)..

## **4. VALORACIÓN DEL INVERSOR-TRASFORMADOR**

Existen distintos tipos de inversores en función de las características de entrada y salida de la corriente:

Inversor continua-alterna (DC/AC): son los más empleados, de esta forma se convierte la corriente continua en corriente alterna.

Inversor continua-continua(DC/DC): convierte la corriente continua en corriente continua pero a una tensión diferente.

Inversor alterna-continua (AC/DC): convierten la corriente alterna en corriente continua. Se les llama rectificadores, siendo su aplicación en fotovoltaica casi nula.

Inversor alterna-alterna (AC/AC): convierte la corriente alterna en corriente alterna pero a frecuencia distinta.

Como la energía procedente de los paneles viene en forma de corriente continua hasta el inversor se necesitara un inversor con entrada de corriente continua.

Del inversor, la corriente sale en forma de corriente alterna, ya que el transformador es de AC.

Por lo tanto necesitaremos inversores de DC/AC.

Como la potencia a instalar son 13,8 MWp, se va a optar por la instalación de un conjunto de inversores de gran potencia, para evitar colocar muchos de potencia menor.

Dada la marnitud del proyecto se va a optar por la instalación de una estación de MW que albergará en su interior dos inversores y un trasformador, logrando así la ergonomía y eficiencia de los dispositivos debido a la corta distancia que los separa.

Es por eso que se va a escoger la marca Ingeteam, fabricante reconocido de una estación de MW de alta potencia. A demás, los inversores de esta marca son compatibles con dicha estación, por lo que no hará falta dimensionala con otros equipos de distintas marcas.

Se va a escoger la estación de potencia INGECON FSK Serie C junto con los inversores INGECON SUN 3825TL C600, cuyas características las encontraremos en el Anejo 8 Características de los equipos.

**ANEJO N°3:  
ANÁLISIS CLIMÁTICO**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN.....       | 1 |
| 2. IRRADIACIÓN SOLAR ..... | 1 |
| 3. TEMPERATURA.....        | 3 |
| 4. PRECIPITACIONES .....   | 4 |
| 5. VIENTO .....            | 5 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| Figura 1. Irradiación solar en España..... | 1 |
| Figura 2. Precipitaciones.....             | 5 |
| Figura 3. Rosa de los vientos.....         | 6 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------|---|
| Tabla 1: Irradiación horizontal en el emplazamiento ..... | 2 |
| Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas.....              | 3 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|                                                                 |   |
|-----------------------------------------------------------------|---|
| Gráfica 1. Gráfica de radiación total en el emplazamiento ..... | 2 |
| Gráfica 2. Temperaturas máximas y mínimas .....                 | 4 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se mostrará un análisis climático del emplazamiento, ubicado en el término municipal de Valtajeros. Por ello se tendrán en cuenta los factores meteorológicos que condicionarán la producción de energía de la planta solar.

Son numerosos los factores que podrían afectar a la instalación, siendo los más importantes:

- Radiación solar
- Temperatura
- Precipitaciones
- Viento

A continuación, se verá de forma detallada cada uno de los factores nombrados, de modo que conoceremos de forma más exacta su incidencia sobre la instalación.

# 2. IRRADIACIÓN SOLAR

La irradiación solar es la cantidad de energía radiante procedente del Sol que llega a una determinada superficie en un periodo de tiempo dado. Será la fuente primaria de energía para la instalación. La irradiación es un factor fundamental para determinar la producción eléctrica de la planta fotovoltaica.

La unidad más común para medir la irradiación es el vatio por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

España es conocida por tener una excelente radiación solar debido a su ubicación geográfica. A continuación se muestra una imagen representativa de la radiación solar en España.

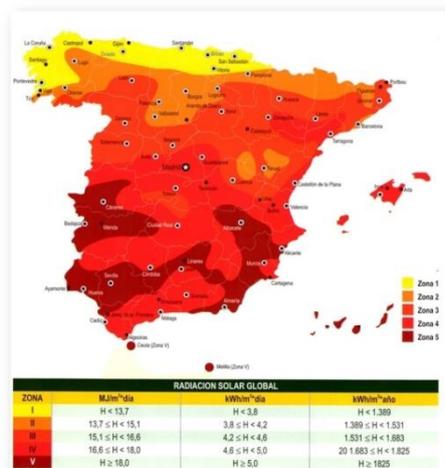


Figura 1. Irradiación solar en España  
Fuente: Plasol

Como se puede observar, la zona Norte de España es el territorio de la Península con menor radiación solar, incidiendo sobre su superficie menos de 3,8 kWh/m<sup>2</sup> día. Por otro lado la zona Sur de España cuenta con los mayores niveles de radiación solar, logrando superar los 5 kWh/m<sup>2</sup> día.

La instalación se ubicará en Soria, donde los niveles de radiación varían entre 4,2 y 4,6 kWh/m<sup>2</sup> día, posicionándose en los valores medios de radiación de la Península.

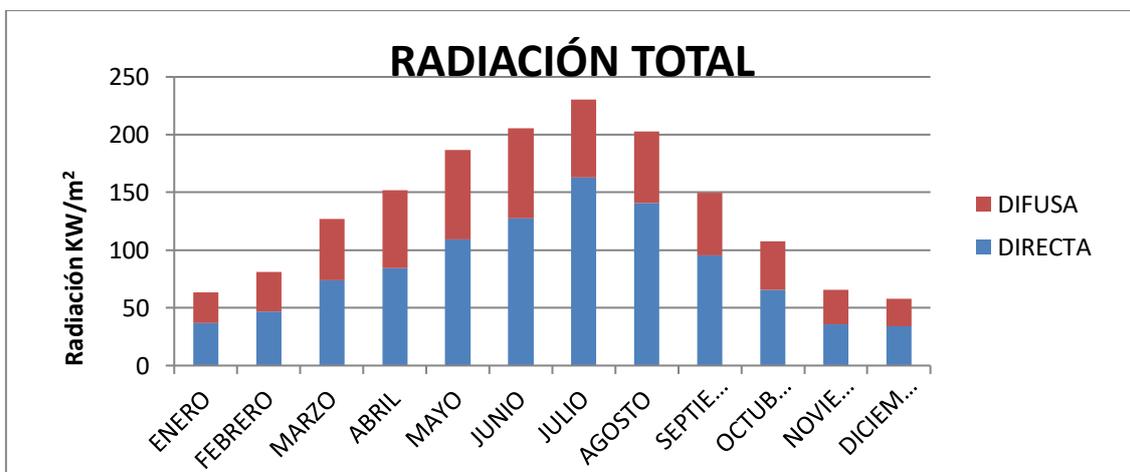
Para conocer de forma más detallada los valores de irradiación en la ubicación de la planta fotovoltaica, se va a utilizar la base de datos PVGIS.

Para ello se han seleccionado los datos recogidos entre los años 2005-2020 realizando una media mensual entre todos los años, dando lugar a la siguiente tabla:

| IRRADIACIÓN HORIZONTAL EN EL EMPLAZAMIENTO (41,95077 , -2, 236435) |                |                |               |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------|
| MES                                                                | MÁXIMA MENSUAL | MÍNIMA MENSUAL | MEDIA MENSUAL |
| ENERO                                                              | 74,94          | 49,17          | 63,55         |
| FEBRERO                                                            | 102,24         | 64,84          | 81,08         |
| MARZO                                                              | 153,87         | 98,98          | 126,75        |
| ABRIL                                                              | 183,64         | 112,86         | 151,84        |
| MAYO                                                               | 205,46         | 138,13         | 186,60        |
| JUNIO                                                              | 227,71         | 177,82         | 205,27        |
| JULIO                                                              | 245,72         | 208,41         | 230,46        |
| AGOSTO                                                             | 214,85         | 191,03         | 202,94        |
| SEPTIEMBRE                                                         | 161,06         | 137,69         | 149,66        |
| OCTUBRE                                                            | 124,22         | 97,03          | 107,71        |
| NOVIEMBRE                                                          | 83,04          | 56,91          | 65,64         |
| DICIEMBRE                                                          | 64,61          | 45,78          | 57,72         |

Tabla 1: Irradiación horizontal en el emplazamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la anterior tabla se muestran los datos totales de radiación por lo que hay que determinar con el ratio de difusión, cuál será la radiación directa y la radiación difusa. Para ello se elabora la siguiente tabla con su respectiva gráfica representativa.



Gráfica 1. Gráfica de radiación total en el emplazamiento  
Fuente: Elaboración propia

### 3. TEMPERATURA

Durante el funcionamiento del parque solar, los paneles fotovoltaicos pueden calentarse debido a la radiación solar. La temperatura de los paneles solares puede afectar en su rendimiento y eficiencia.

A medida que aumentan las temperaturas, se produce una pérdida en la eficiencia de conversión, y con ello una pérdida de potencia. Las altas temperaturas también pueden causar una degradación del material semiconductor de las células fotovoltaicas, por lo que el panel experimentará un deterioro más rápido, disminuyendo la vida útil de estos.

Todo esto conlleva a una pérdida de rendimiento anual, por lo que la eficiencia del parque solar se verá comprometida.

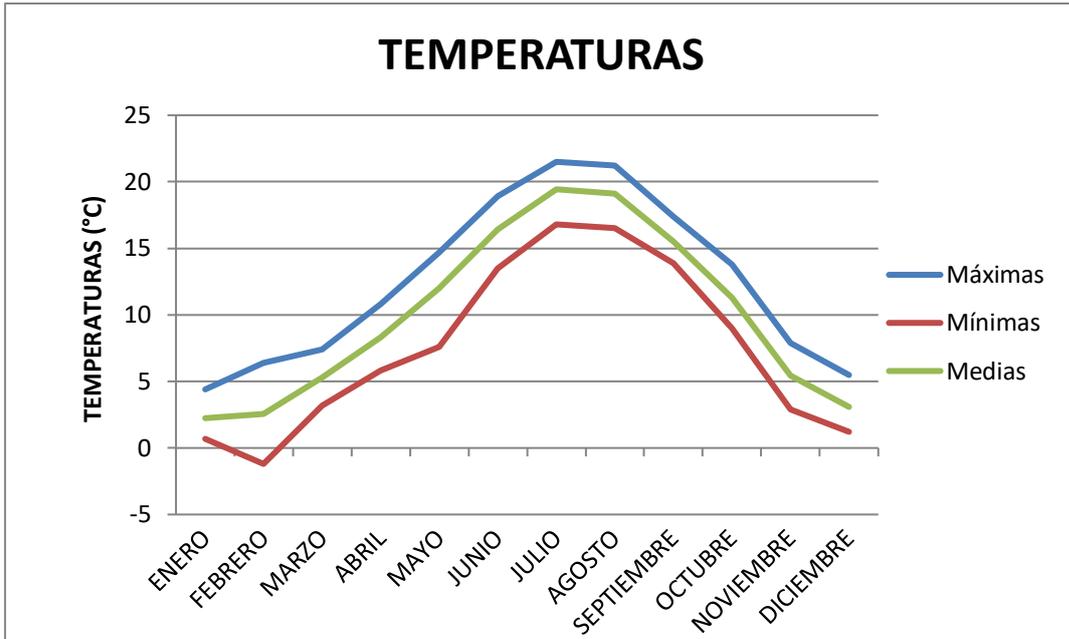
Por ello es necesario conocer a que temperaturas se va a enfrentar la instalación. En la siguiente tabla se mostrarán los valores de temperatura medios en cada mes.

Todos ellos han sido obtenidos de la base de datos PVGIS, y como en el caso anterior, se tomarán los valores recogidos desde los años 2005-2020.

| TEMPERATURAS |                |                |               |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| MES          | MÁXIMA MENSUAL | MÍNIMA MENSUAL | MEDIA MENSUAL |
| ENERO        | 4,4            | 0,7            | 2,24          |
| FEBRERO      | 6,4            | -1,2           | 2,55          |
| MARZO        | 7,4            | 3,2            | 5,28          |
| ABRIL        | 10,8           | 5,8            | 8,32          |
| MAYO         | 14,7           | 7,6            | 12,01         |
| JUNIO        | 18,9           | 13,5           | 16,42         |
| JULIO        | 21,5           | 16,8           | 19,44         |
| AGOSTO       | 21,2           | 16,5           | 19,13         |
| SEPTIEMBRE   | 17,4           | 13,9           | 15,52         |
| OCTUBRE      | 13,8           | 9              | 11,28         |
| NOVIEMBRE    | 7,9            | 2,9            | 5,44          |
| DICIEMBRE    | 5,5            | 1,2            | 3,10          |

**Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas**  
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se observarán de forma más representativa los valores expuestos en la anterior tabla.



**Gráfica 2. Temperaturas máximas y mínimas**  
Fuente: Elaboración propia

A demás, para realizar el cálculo de dimensionamiento será necesario conocer las temperaturas máximas y mínimas registradas históricamente. De este modo, la instalación soportará cualquier subida o bajada brusca de temperaturas.

Para ello se ha accedido a la página oficial de la AEMET, donde exponen los valores registrados de dichos datos:

Temperatura máxima absoluta: 38°C

Temperatura mínima absoluta: -15°C

## 4. PRECIPITACIONES

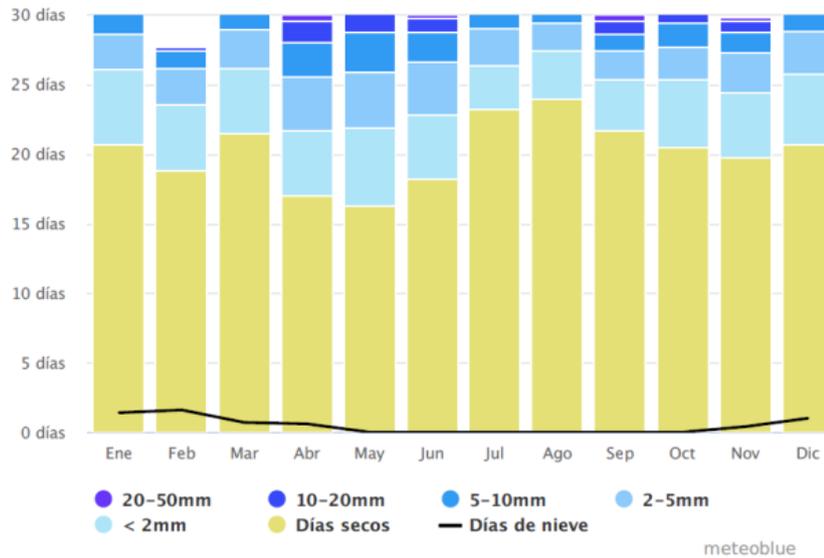
Las precipitaciones pueden tener varios efectos sobre el funcionamiento del parque fotovoltaico. A continuación se exponen algunos de los impactos más comunes:

- Reducción temporal del rendimiento: durante periodos de lluvia intensa o prolongada, se produce una disminución en la generación de energía solar. Esto se debe a que las nubes y la lluvia bloquean la radiación solar directa.
- Impacto en la infraestructura: las precipitaciones intensas pueden plantear desafíos adicionales en términos de infraestructura y componentes eléctricos lo que producirá impactos en la seguridad y mantenimiento del parque.

No todos los impactos son negativos, ya que las precipitaciones ayudan a la limpieza de los paneles, retirando la acumulación de polvo, suciedad o residuos que se hayan

podido depositar en su superficie. La lluvia actúa como un proceso natural de limpieza, mejorando la eficacia y el rendimiento del parque.

Durante el año, en nuestro emplazamiento, se estima una precipitación total de 520 mm anuales. Por otro lado, en la siguiente gráfica se observan los tipos de precipitación y su intensidad:



**Figura 2. Precipitaciones**  
Fuente: Meteoblue

## 5. VIENTO

La influencia del viento sobre la instalación puede tener varios efectos, tanto positivos como negativos. A continuación se presentan algunos de los impactos más comunes:

Desventajas:

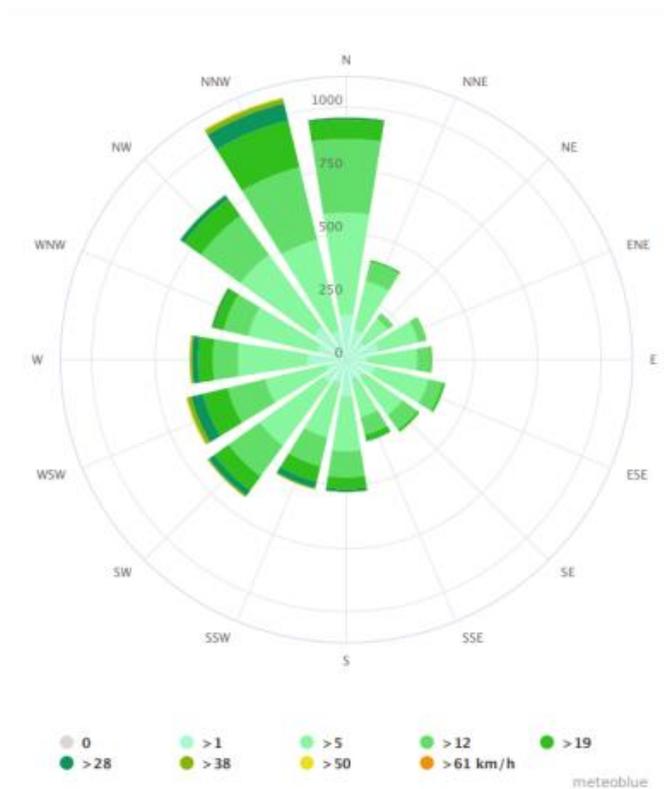
- Vibraciones y tensión mecánica: el viento fuerte puede generar vibraciones en las estructuras de soporte y en los paneles. Estas vibraciones pueden generar estrés mecánico en los componentes del sistema y afectar a su integridad estructural.
- Riesgo de daños físicos: en casos extremos de vientos existe el riesgo de que los paneles o estructuras de soporte sufran daños. Esto puede resultar en la rotura de paneles, deformación de estructuras o incluso arranque de los mismos.

Ventajas:

- Enfriamiento de los paneles solares: el viento puede ayudar a enfriar los paneles. Esto es beneficioso, especialmente en condiciones de alta temperatura, ya que la refrigeración mejorará su eficiencia y rendimiento:

Por ello es importante conocer la intensidad y dirección del viento, de modo que se pueda realizar un buen dimensionamiento e instalación de los equipos.

En la siguiente figura se verán representadas las direcciones más habituales, con las velocidades medias registradas en la rosa de los vientos



**Figura 3. Rosa de los vientos**  
Fuente: Meteoblue

Se pueden observar que los vientos predominantes vienen desde el norte-noroeste, pudiendo superar en algunos casos los 50km/h. Son los más repetidos a lo largo del año.

Por otro lado los vientos oeste-suroeste, se dan en menor medida que los vientos del norte, pero su intensidad también puede ser alta, llegando a superar los 50km/h.

Los vientos procedentes del sur y del este son los menos significativos en cuanto a periodicidad y a intensidad, no superando en ningún caso lo 38 km/h.

Finalmente, la racha máxima de viento registrada han sido 120 km/h en dirección 250, es decir dirección oeste-suroeste.

**ANEJO N°4:**  
**DATOS ENERGÉTICOS EÓLICOS**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                  |   |
|--------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                            | 1 |
| 2. AÑO 2010 .....                                | 2 |
| 3. AÑO 2011 .....                                | 3 |
| 4. AÑO 2012 .....                                | 4 |
| 5. AÑO 2013 .....                                | 5 |
| 6. AÑO 2014 .....                                | 6 |
| 7. MEDIA MENSUAL DE LOS AÑOS SELECCIONADOS ..... | 7 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| Tabla 1. Producción eólica en horas de sol año 2010 .....           | 2 |
| Tabla 2. Producción eólica en horas de sol año 2011 .....           | 3 |
| Tabla 3. Producción eólica en horas de sol año 2012 .....           | 4 |
| Tabla 4. Producción eólica en horas de sol año 2013 .....           | 5 |
| Tabla 5. Producción eólica en horas de sol año 2014 .....           | 6 |
| Tabla 6. Medias mensuales de producción eólica en horas de sol..... | 7 |
| Tabla 7. Medias mensuales de producción disponible para solar ..... | 7 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|                                                             |   |
|-------------------------------------------------------------|---|
| Gráfica 1. Producción eólica en horas de sol 2010 .....     | 2 |
| Gráfica 2. Producción eólica en horas de sol año 2011 ..... | 3 |
| Gráfica 3. Producción eólica en horas de sol 2012 .....     | 4 |
| Gráfica 4. Producción eólica en horas de sol año 2013 ..... | 5 |
| Gráfica 5. Producción eólica en horas de sol año 2014 ..... | 6 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se pretende exponer los datos eólicos del Parque de Oncala, de modo que se pueda conocer la energía producida durante los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, ya que son los datos facilitados por CETASA.

Para determinar los datos energéticos del Parque Eólico de Oncala se han solicitado los datos de producción leídos por el contador del parque, es decir, los datos de producción eléctrica que han sido leídos en el momento de conexión a red tras la salida del embarrado del centro de control.

Se han escogido estos datos y no los de producción bruta leídos por el conjunto de aerogeneradores, debido a que los datos que nos interesan son los que lee el contador de conexión a red, ya que determinaran la potencia que llega después de sufrir las pérdidas de conversión en el aerogenerador y las pérdidas de transporte hasta el centro de control.

Se conoce que la energía procedente del parque solar hacia el embarrado del centro de control del parque eólico es capaz de verter a la red 24.75 MW, sin exceder dicha cantidad.

Como el parque solar solo va a producir en las horas de sol, las limitaciones del parque eólico serán las que se produzcan durante el horario diurno, es decir, desde que sale hasta que se pone el sol. Por ello se han escogido los datos eólicos diurnos, dentro del conjunto de datos totales, para conocer la capacidad restante que se puede inyectar de energía solar durante las horas de luz.

## 2. AÑO 2010

En la siguiente tabla se ven representados los valores numéricos los datos de producción eólica de los 33 aerogeneradores que forman el Parque de Oncala que llegan al embarrado del centro de control.

Se han realizado las medias diarias de cada mes, y a su vez se ha realizado la media mensual en función de los datos obtenidos.

| 2010 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEP  | 7,30  | 11,02 | 10,08 | 4,72  | 6,99  | 5,70  | 2,87  | 5,58  | 3,85  | 8,78  | 7,84  | 9,29  |
| ESD  | 17,45 | 13,73 | 14,67 | 20,03 | 17,76 | 19,05 | 21,88 | 19,17 | 20,90 | 15,97 | 16,91 | 15,46 |

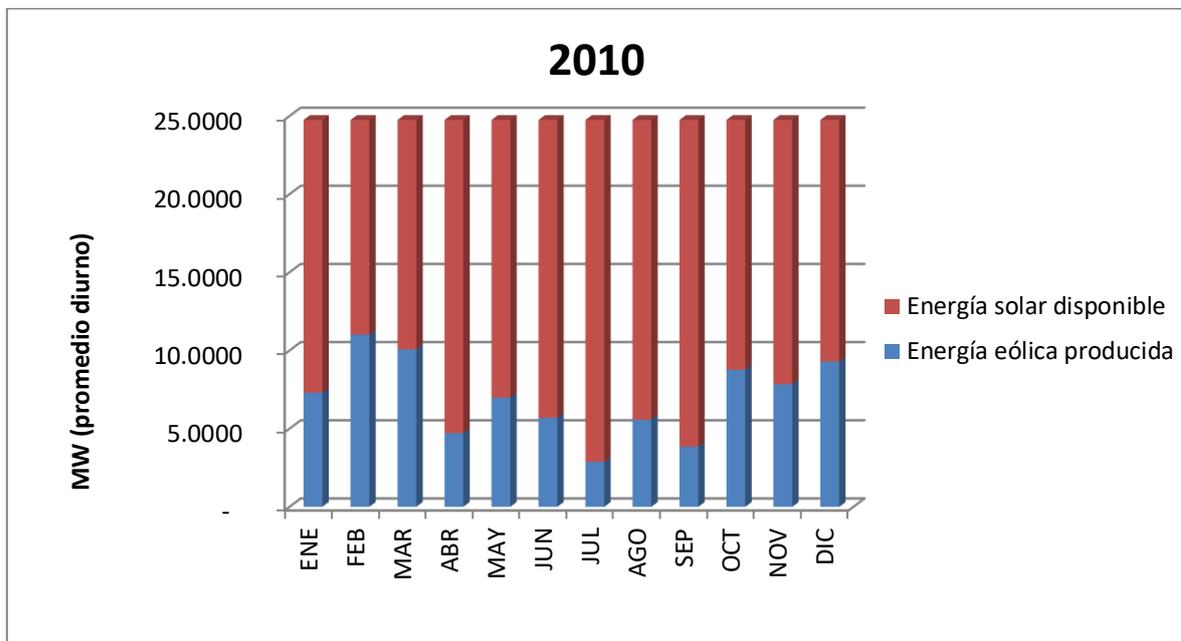
**Tabla 1. Producción eólica en horas de sol año 2010**

Fuente: Elaboración propia

E.E.P.: Energía eólica producida (MW)

E.S.D.: Energía solar disponible (MW)

En la siguiente imagen se ven representados los anteriores valores representados de forma gráfica:



**Gráfica 1. Producción eólica en horas de sol 2010**

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado la media de anual y se determina que se produce una media de 7,002 MW cada día, en el año 2010.

### 3. AÑO 2011

En la siguiente tabla se ven representados los valores numéricos los datos de producción eólica de los 33 aerogeneradores que forman el Parque de Oncala que llegan al embarrado del centro de control.

Se han realizado las medias diarias de cada mes, y a su vez se ha realizado la media mensual en función de los datos obtenidos.

| 2011 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEP  | 7,42  | 8,35  | 6,83  | 5,71  | 4,04  | 3,88  | 4,61  | 4,81  | 2,85  | 6,38  | 8,46  | 7,61  |
| ESD  | 17,33 | 16,40 | 17,92 | 19,04 | 20,71 | 20,87 | 20,14 | 19,94 | 21,90 | 18,37 | 16,29 | 17,14 |

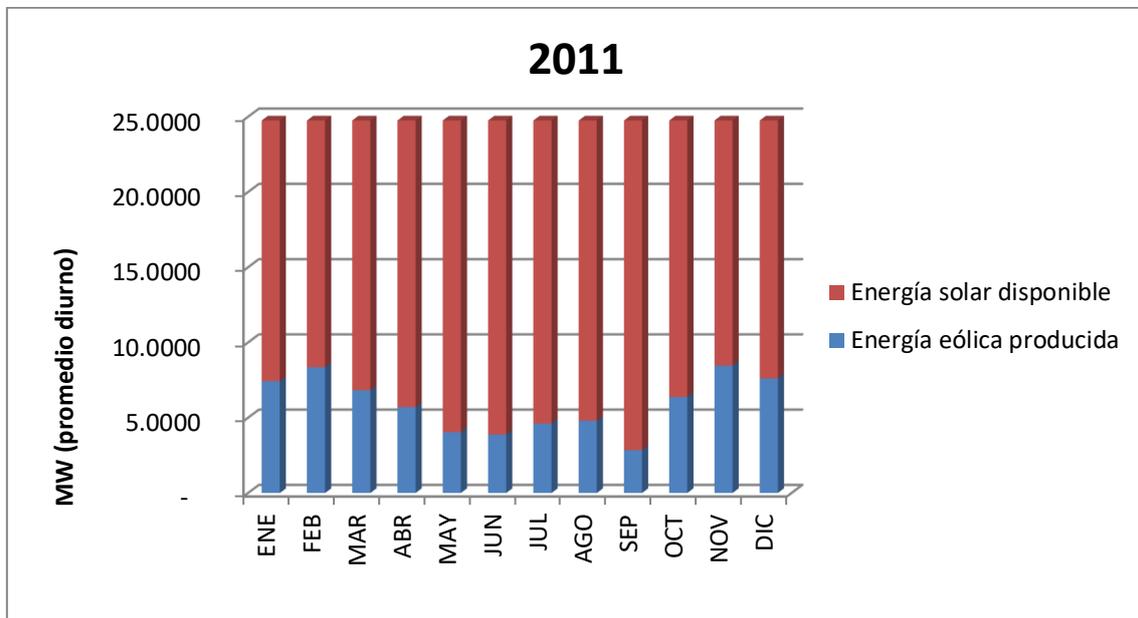
**Tabla 2. Producción eólica en horas de sol año 2011**

Fuente: Elaboración propia

E.E.P.: Energía eólica producida (MW)

E.S.D.: Energía solar disponible (MW)

En la siguiente imagen se ven representados los anteriores valores representados de forma gráfica:



**Gráfica 2. Producción eólica en horas de sol año 2011**

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado la media de anual y se determina que se produce una media de 5,9134 MW cada día, en el año 2011.

## 4. AÑO 2012

En la siguiente tabla se ven representados los valores numéricos los datos de producción eólica de los 33 aerogeneradores que forman el Parque de Oncala que llegan al embarrado del centro de control.

Se han realizado las medias diarias de cada mes, y a su vez se ha realizado la media mensual en función de los datos obtenidos.

| 2012 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEP  | 6,84  | 10,56 | 6,75  | 9,51  | 5,88  | 5,88  | 4,36  | 5,98  | 8,60  | 6,37  | 10,18 | 9,95  |
| ESD  | 17,91 | 14,19 | 18,00 | 15,24 | 18,87 | 18,87 | 20,39 | 18,77 | 16,15 | 18,38 | 14,57 | 14,80 |

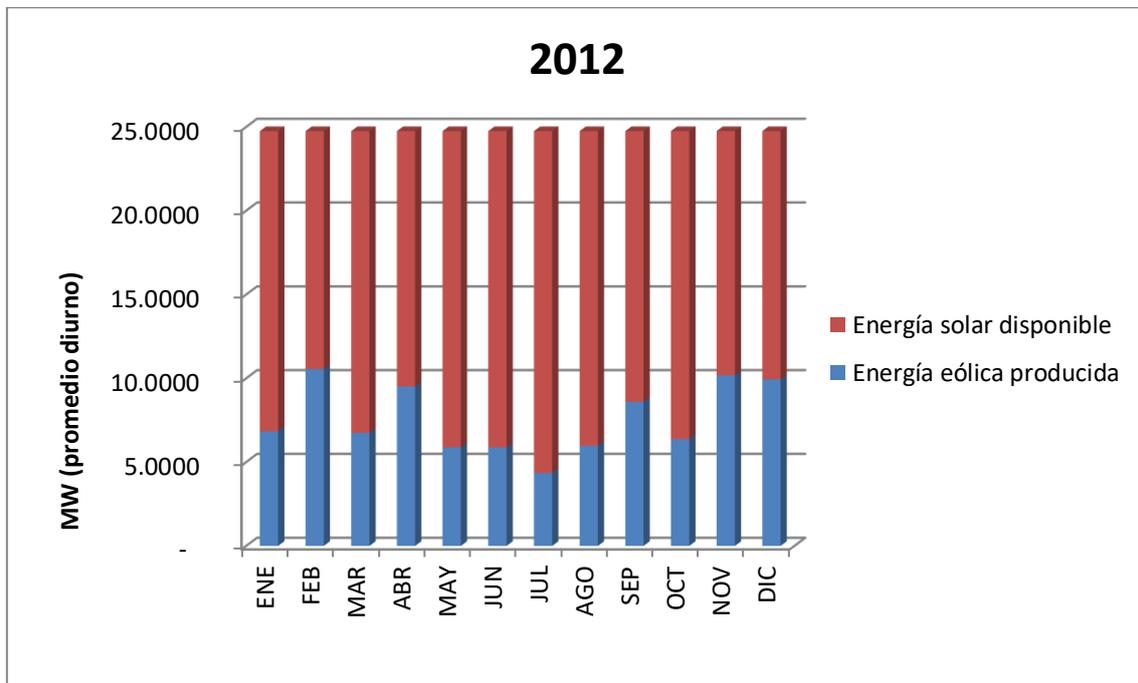
**Tabla 3. Producción eólica en horas de sol año 2012**

Fuente: Elaboración propia

E.E.P.: Energía eólica producida (MW)

E.S.D.: Energía solar disponible (MW)

En la siguiente imagen se ven representados los anteriores valores representados de forma gráfica:



**Gráfica 3. Producción eólica en horas de sol 2012**

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado la media de anual y se determina que se produce una media de 7,5709 MW cada día, en el año 2012.

## 5. AÑO 2013

En la siguiente tabla se ven representados los valores numéricos los datos de producción eólica de los 33 aerogeneradores que forman el Parque de Oncala que llegan al embarrado del centro de control.

Se han realizado las medias diarias de cada mes, y a su vez se ha realizado la media mensual en función de los datos obtenidos.

| 2013 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEP  | 9,59  | 10,34 | 9,56  | 8,57  | 5,98  | 5,42  | 3,47  | 4,13  | 4,74  | 9,73  | 14,36 | 8,88  |
| ESD  | 15,16 | 14,41 | 15,19 | 16,18 | 18,77 | 19,33 | 21,28 | 20,62 | 20,01 | 15,02 | 10,39 | 15,87 |

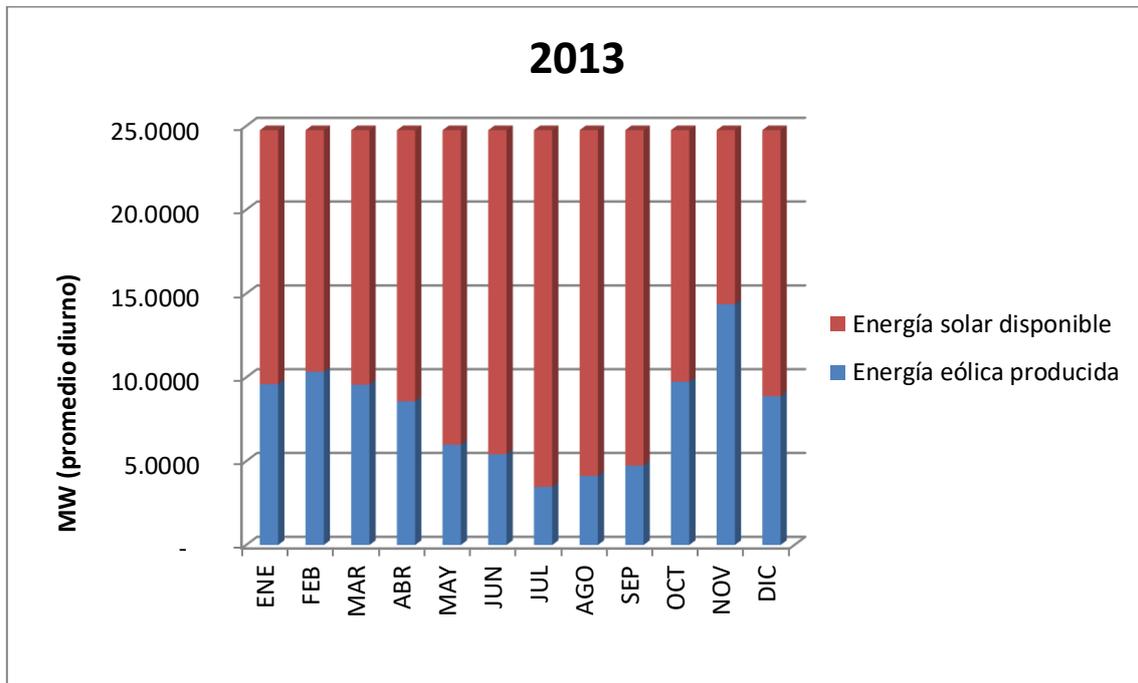
**Tabla 4. Producción eólica en horas de sol año 2013**

Fuente: Elaboración propia

E.E.P.: Energía eólica producida (MW)

E.S.D.: Energía solar disponible (MW)

En la siguiente imagen se ven representados los anteriores valores representados de forma gráfica:



**Gráfica 4. Producción eólica en horas de sol año 2013**

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado la media de anual y se determina que se produce una media de 7,8977 MW cada día, en el año 2013.

## 6. AÑO 2014

En la siguiente tabla se ven representados los valores numéricos los datos de producción eólica de los 33 aerogeneradores que forman el Parque de Oncala que llegan al embarrado del centro de control.

Se han realizado las medias diarias de cada mes, y a su vez se ha realizado la media mensual en función de los datos obtenidos.

| 2014 | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EEP  | 11,67 | 11,69 | 9,26  | 5,05  | 7,87  | 6,26  | 5,49  | 3,78  | 4,00  | 6,82  | 9,86  | 10,85 |
| ESD  | 13,08 | 13,06 | 15,49 | 19,70 | 16,88 | 18,49 | 19,26 | 20,97 | 20,75 | 17,93 | 14,89 | 13,90 |

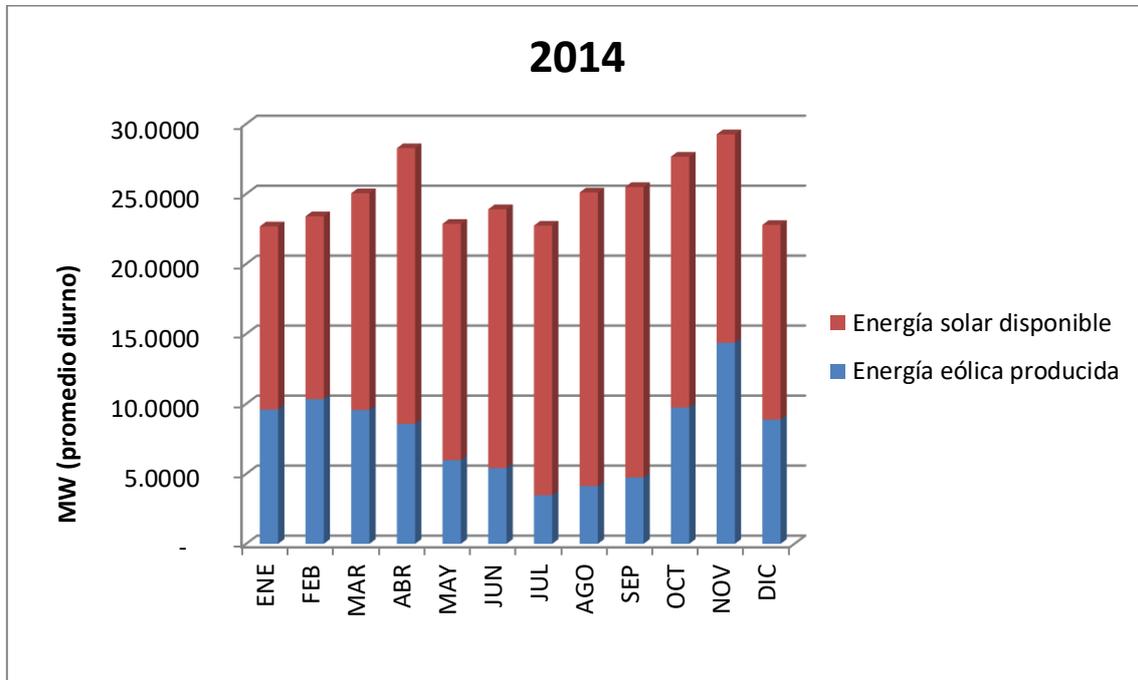
**Tabla 5. Producción eólica en horas de sol año 2014**

Fuente: Elaboración propia

E.E.P.: Energía eólica producida (MW)

E.S.D.: Energía solar disponible (MW)

En la siguiente imagen se ven representados los anteriores valores representados de forma gráfica:



**Gráfica 5. Producción eólica en horas de sol año 2014**

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado la media de anual y se determina que se produce una media de 7,7163 MW cada día, en el año 2014.

## 7. MEDIA MENSUAL DE LOS AÑOS SELECCIONADOS

En este apartado se pretende comprobar cuáles son los meses de mayor producción eólica comparando los distintos años. Para ello se realizan las medias mensuales del siguiente modo:

|          | ENE  | FEB   | MAR   | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV   | DIC  |
|----------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 2010     | 7,30 | 11,02 | 10,08 | 4,72 | 6,99 | 5,70 | 2,87 | 5,58 | 3,85 | 8,78 | 7,84  | 9,29 |
| 2011     | 7,42 | 8,35  | 6,83  | 5,71 | 4,04 | 3,88 | 4,61 | 4,81 | 2,85 | 6,38 | 8,46  | 7,61 |
| 2012     | 6,84 | 10,56 | 6,75  | 9,51 | 5,88 | 5,88 | 4,36 | 5,98 | 8,60 | 6,37 | 10,18 | 9,95 |
| 2013     | 9,59 | 10,34 | 9,56  | 8,57 | 5,98 | 5,42 | 3,47 | 4,13 | 4,74 | 9,73 | 14,36 | 8,88 |
| 2014     | 9,59 | 10,34 | 9,56  | 8,57 | 5,98 | 5,42 | 3,47 | 4,13 | 4,74 | 9,73 | 14,36 | 8,88 |
| PROMEDIO | 8,15 | 10,12 | 8,56  | 7,41 | 5,77 | 5,26 | 3,76 | 4,92 | 4,96 | 8,20 | 11,04 | 8,92 |

**Tabla 6. Medias mensuales de producción eólica en horas de sol**

Fuente: Elaboración propia

Observando los resultados medios de cada mes durante los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, se determina que los meses más productivos en energía eólica son los meses de invierno, siendo noviembre y febrero los meses que más se genera.

Por otro lado los meses de verano, julio, agosto y septiembre, son los meses menos productivos.

Conociendo las medias de producción mensual eólica, se determinan, a continuación, las potencias restantes que quedan habilitadas para introducir energía solar.

|          | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL   | AGO   | SEP   | OCT   | NOV   | DIC   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2010     | 17,45 | 13,73 | 14,67 | 20,03 | 17,76 | 19,05 | 21,88 | 19,17 | 20,90 | 15,97 | 16,91 | 15,46 |
| 2011     | 17,33 | 16,40 | 17,92 | 19,04 | 20,71 | 20,87 | 20,14 | 19,94 | 21,90 | 18,37 | 16,29 | 17,14 |
| 2012     | 17,91 | 14,19 | 18,00 | 15,24 | 18,87 | 18,87 | 20,39 | 18,77 | 16,15 | 18,38 | 14,57 | 14,80 |
| 2013     | 15,16 | 14,41 | 15,19 | 16,18 | 18,77 | 19,33 | 21,28 | 20,62 | 20,01 | 15,02 | 10,39 | 15,87 |
| 2014     | 15,16 | 14,41 | 15,19 | 16,18 | 18,77 | 19,33 | 21,28 | 20,62 | 20,01 | 15,02 | 10,39 | 15,87 |
| PROMEDIO | 16,60 | 14,63 | 16,19 | 17,34 | 18,98 | 19,49 | 20,99 | 19,83 | 19,79 | 16,55 | 13,71 | 15,83 |

**Tabla 7. Medias mensuales de producción disponible para solar**

Fuente: Elaboración propia

Los meses que menos espacio queda para verter energía solar son los meses de invierno (febrero y octubre), mientras que los meses de verano son los más aprovechados, a priori, por el parque fotovoltaico debido al aumento de radiación solar (julio, agosto y septiembre).

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**ANEJO N°5:**  
**DATOS ENERGÉTICOS SOLARES**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                 |   |
|-------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                            | 1 |
| 2. AÑO 2010.....                                | 2 |
| 3. AÑO 2011.....                                | 3 |
| 4. AÑO 2012.....                                | 4 |
| 5. AÑO 2013.....                                | 5 |
| 6. AÑO 2014.....                                | 6 |
| 7. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA INSTALACIÓN..... | 7 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| Figura 1. Irradiación solar en España..... | 1 |
| Figura 2. Datos de producción .....        | 7 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| Tabla 1. Irradiación global en el emplazamiento en el año 2010..... | 2 |
| Tabla 2. Radio de difusión en el año 2010 .....                     | 2 |
| Tabla 3. Irradiación global en el emplazamiento año 2011 .....      | 3 |
| Tabla 4. Radio de difusión en el año 2011 .....                     | 3 |
| Tabla 5. Irradiación global en el emplazamiento en el año 2012..... | 4 |
| Tabla 6. Radio de difusión en el año 2012 .....                     | 4 |
| Tabla 7. Irradiación en el emplazamiento en el año 2013 .....       | 5 |
| Tabla 8. Radio de difusión en el año 2013 .....                     | 5 |
| Tabla 9. Irradiación en el emplazamiento en el año 2014 .....       | 6 |
| Tabla 10. Radio de difusión en el año 2014 .....                    | 6 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|                                                              |   |
|--------------------------------------------------------------|---|
| Gráfica 1. Irradiación directa y difusa en el año 2010 ..... | 2 |
| Gráfica 2. Irradiación directa y difusa en el año 2011 ..... | 3 |
| Gráfica 3. Irradiación directa y difusa en el año 2012 ..... | 4 |
| Gráfica 4. Radiación directa y difusa en el año 2013 .....   | 5 |
| Gráfica 5. Radiación directa y difusa en el año 2014 .....   | 6 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se pretende exponer los datos de irradiación solar que incidirán sobre la ubicación del parque, de modo que se pueda conocer la energía solar durante los años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014, facilitados por el programa de simulación PVGYS.

En la siguiente figura se ven representados los valores de irradiación en kWh/m<sup>2</sup>/día y los kWh/m<sup>2</sup>/año en las distintas ubicaciones de España, encontrándose la provincia de Soria en la zona 3, con un intervalo de 4,2<H<4,6 kWh/m<sup>2</sup>/día, y 1531<H<1883 kWh/m<sup>2</sup>/año.

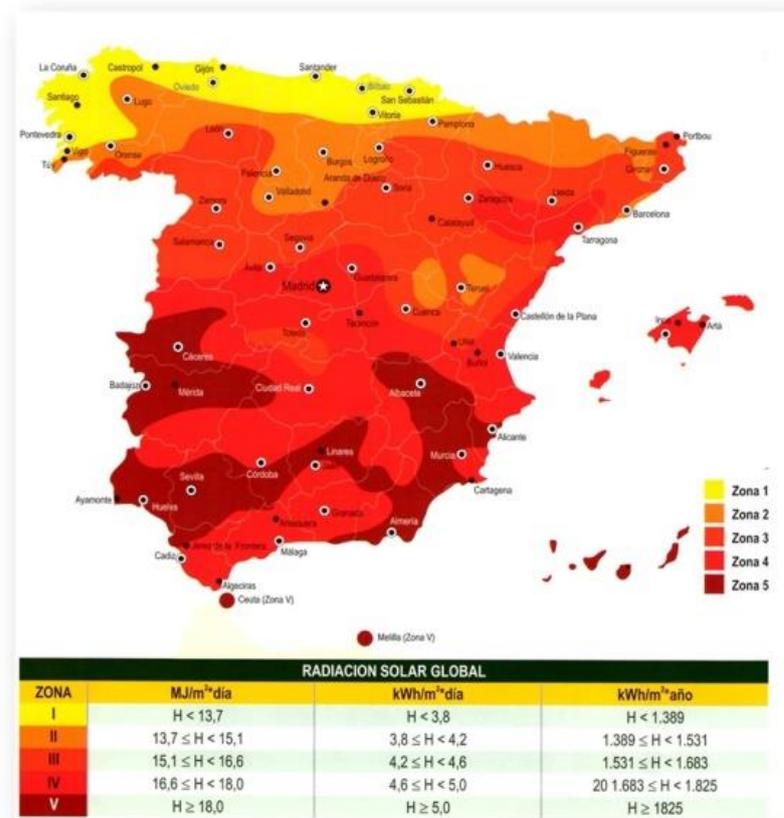


Figura 1. Irradiación solar en España  
Fuente: Plasol

Estos datos pertenecen a la radiación sobre el plano horizontal. Como la instalación va a estar orientada con un ángulo de 36° grados se espera una producción mayor, por lo que se va a recurrir al simulador PVGIS que nos dará dichos datos de radiación.

Se han obtenido los datos de radiación mensuales durante los años anteriormente mencionados, lo cuales se representarán a continuación de forma numérica y de forma gráfica

## 2. AÑO 2010

Los datos obtenidos en PVGIS representan los niveles de irradiación mensuales que inciden en la instalación solar expresándolos en kWh/m<sup>2</sup>/mes, teniendo en cuenta la inclinación óptima calculada en el Anejo 6.

| Año    | 2010  |      |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------|-------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mes    | ENE   | FEB  | MAR   | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV    | DIC    |
| IR 36° | 81,74 | 99,1 | 147,9 | 162,04 | 168,55 | 165,56 | 225,15 | 212,61 | 176,82 | 156,19 | 107,89 | 105,89 |

**Tabla 1. Irradiación global en el emplazamiento en el año 2010**

Fuente: Elaboración propia

En estos datos recogidos, están incluidos los datos de irradiación global y difusa.

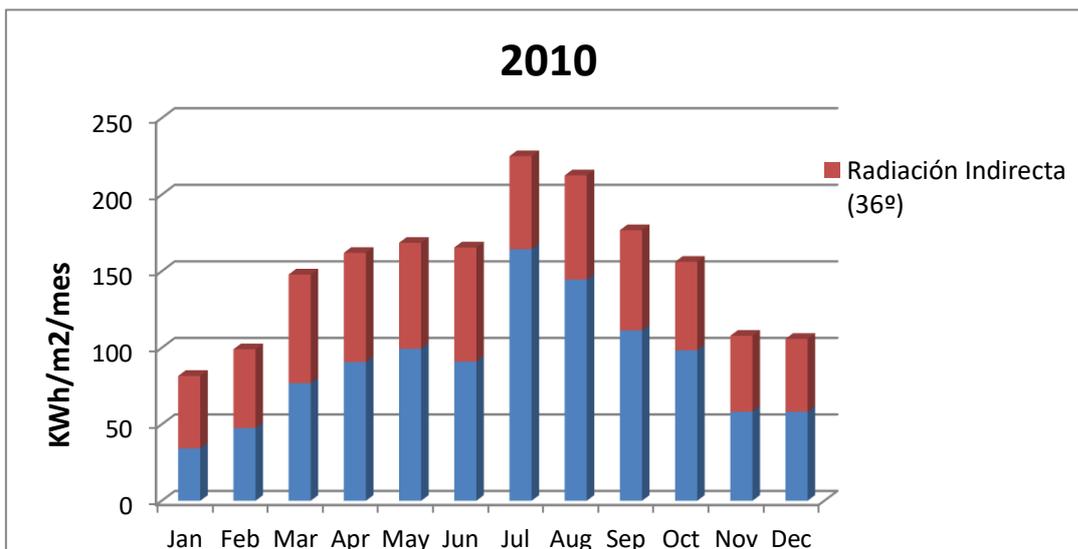
Para conocer las producciones reales de cada tipo de irradiación es necesario tener en cuenta el radio de difusión, el cual se expresa como un coeficiente mensual en la siguiente tabla:

| 2010        | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R. difusión | 0,58 | 0,52 | 0,48 | 0,44 | 0,41 | 0,45 | 0,27 | 0,32 | 0,37 | 0,37 | 0,46 | 0,45 |

**Tabla 2. Radio de difusión en el año 2010**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se representan los datos representados en la tabla de producciones teniendo en cuenta los radios de difusión referente al año 2010



**Gráfica 1. Irradiación directa y difusa en el año 2010**

Fuente: Elaboración propia

Los datos de producción anual son 1809,44 kWh/m<sup>2</sup>/año.

### 3. AÑO 2011

Los datos obtenidos en PVGIS representan los niveles de irradiación mensuales que inciden en la instalación solar expresándolos en kWh/m<sup>2</sup>/mes, teniendo en cuenta la inclinación óptima calculada en el Anejo 6.

| Año    | 2011   |       |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |
|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Mes    | ENE    | FEB   | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV   | DIC    |
| IR 36° | 108,64 | 133,1 | 118,68 | 175,26 | 179,48 | 188,62 | 214,86 | 215,25 | 189,38 | 180,41 | 99,32 | 115,35 |

**Tabla 3. Irradiación global en el emplazamiento año 2011**

Fuente: Elaboración propia

En estos datos recogidos, están incluidos los datos de irradiación global y difusa.

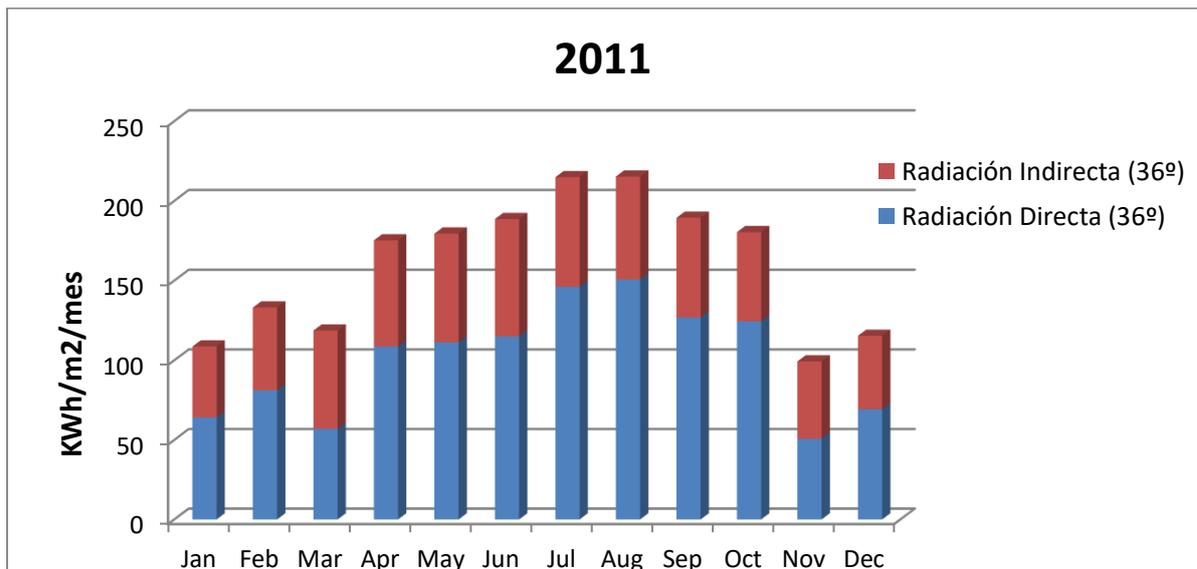
Para conocer las producciones reales de cada tipo de irradiación es necesario tener en cuenta el radio de difusión, el cual se expresa como un coeficiente mensual en la siguiente tabla:

| 2011        | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP  | OCT  | NOV  | DIC |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|
| R. difusión | 0,41 | 0,39 | 0,52 | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 0,32 | 0,3 | 0,33 | 0,31 | 0,49 | 0,4 |

**Tabla 4. Radio de difusión en el año 2011**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se representan los datos representados en la tabla de producciones teniendo en cuenta los radios de difusión referente al año 2011.



**Gráfica 2. Irradiación directa y difusa en el año 2011**

Fuente: Elaboración propia

Los datos de producción anual son 1918,35 kWh/m<sup>2</sup>/año.

## 4. AÑO 2012

Los datos obtenidos en PVGIS representan los niveles de irradiación mensuales que inciden en la instalación solar expresándolos en kWh/m<sup>2</sup>/mes, teniendo en cuenta la inclinación óptima calculada en el Anejo 6.

| Año    | 2012   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Mes    | ENE    | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV   | DIC    |
| IR 36° | 145,47 | 144,98 | 200,86 | 150,21 | 194,63 | 203,52 | 225,83 | 220,32 | 174,42 | 137,04 | 92,27 | 116,49 |

**Tabla 5. Irradiación global en el emplazamiento en el año 2012**

Fuente: Elaboración propia

En estos datos recogidos, están incluidos los datos de irradiación global y difusa.

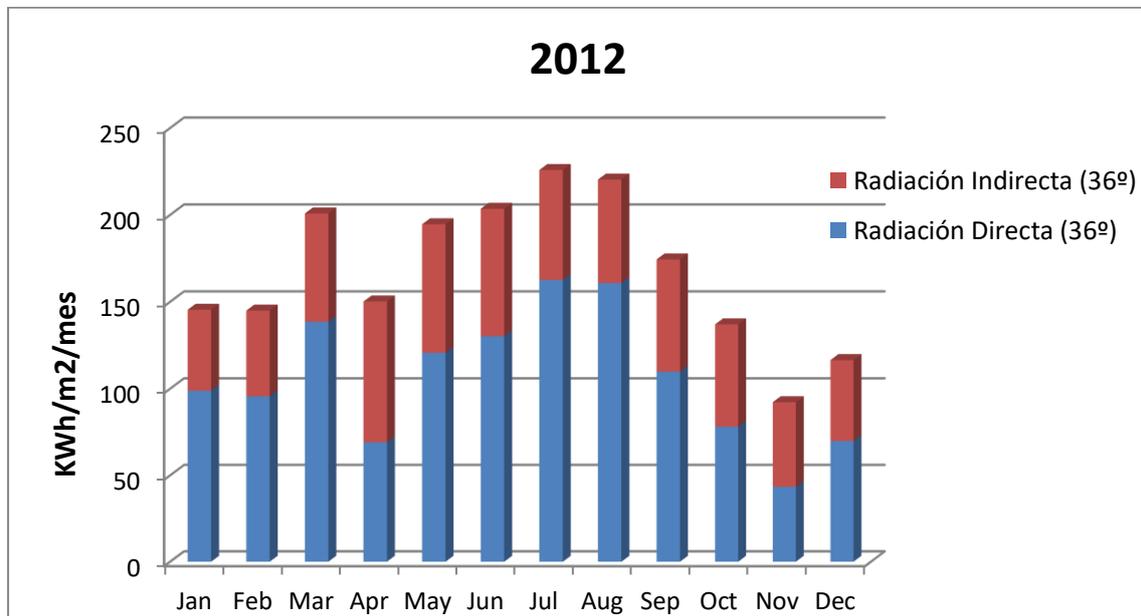
Para conocer las producciones reales de cada tipo de irradiación es necesario tener en cuenta el radio de difusión, el cual se expresa como un coeficiente mensual en la siguiente tabla:

| 2012        | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| R. difusión | 0,32 | 0,34 | 0,31 | 0,54 | 0,38 | 0,36 | 0,28 | 0,27 | 0,37 | 0,43 | 0,53 | 0,4 |

**Tabla 6. Radio de difusión en el año 2012**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se representan los datos representados en la tabla de producciones teniendo en cuenta los radios de difusión referente al año 2012.



**Gráfica 3. Irradiación directa y difusa en el año 2012**

Fuente: Elaboración propia

Los datos de producción anual son 2006,04 kWh/m<sup>2</sup>/año.

## 5. AÑO 2013

Los datos obtenidos en PVGIS representan los niveles de irradiación mensuales que inciden en la instalación solar expresándolos en kWh/m<sup>2</sup>/mes, teniendo en cuenta la inclinación óptima calculada en el Anejo 6.

| Año    | 2013   |       |       |        |        |       |        |       |        |       |       |        |
|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Mes    | ENE    | FEB   | MAR   | ABR    | MAY    | JUN   | JUL    | AGO   | SEP    | OCT   | NOV   | DIC    |
| IR 36° | 118,33 | 89,69 | 136,2 | 166,28 | 145,56 | 177,4 | 211,93 | 216,9 | 197,04 | 147,6 | 105,2 | 132,05 |

**Tabla 7. Irradiación en el emplazamiento en el año 2013**

Fuente: Elaboración propia

En estos datos recogidos, están incluidos los datos de irradiación global y difusa.

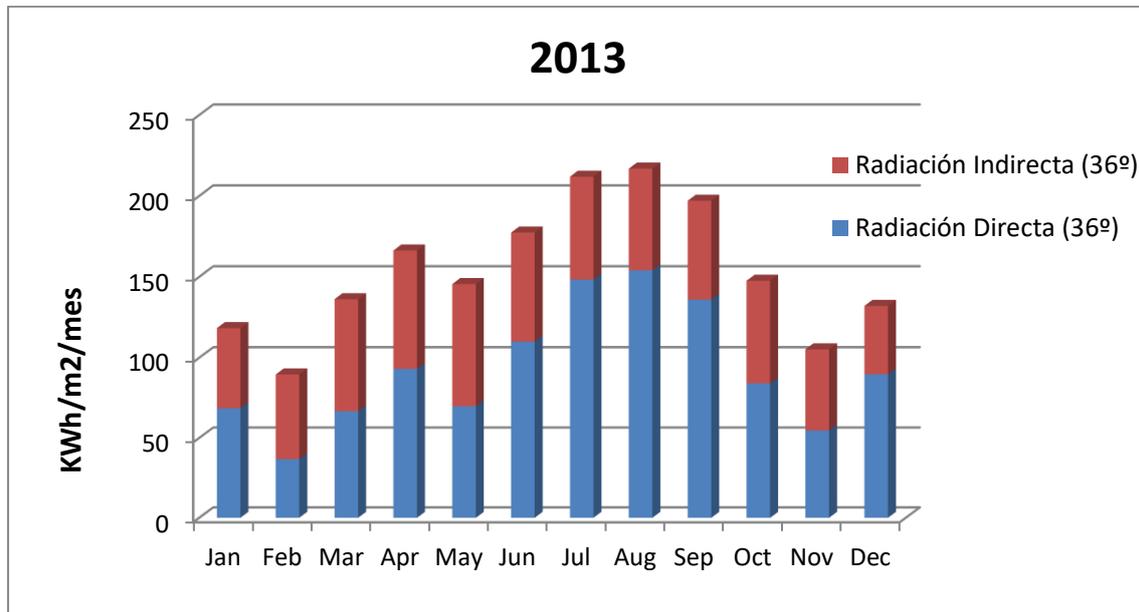
Para conocer las producciones reales de cada tipo de irradiación es necesario tener en cuenta el radio de difusión, el cual se expresa como un coeficiente mensual en la siguiente tabla:

| 2013        | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| R. difusión | 0,42 | 0,59 | 0,51 | 0,44 | 0,52 | 0,38 | 0,3 | 0,29 | 0,31 | 0,43 | 0,48 | 0,32 |

**Tabla 8. Radio de difusión en el año 2013**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se representan los datos representados en la tabla de producciones teniendo en cuenta los radios de difusión referente al año 2013



**Gráfica 4. Radiación directa y difusa en el año 2013**

Fuente: Elaboración propia

Los datos de producción anual son 1844,18 kWh/m<sup>2</sup>/año.

## 6. AÑO 2014

Los datos obtenidos en PVGIS representan los niveles de irradiación mensuales que inciden en la instalación solar expresándolos en kWh/m<sup>2</sup>/mes, teniendo en cuenta la inclinación óptima calculada en el Anejo 6.

| Año    | 2014  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |      |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Mes    | ENE   | FEB    | MAR    | ABR    | MAY    | JUN    | JUL    | AGO    | SEP    | OCT    | NOV    | DIC  |
| IR 36° | 96,97 | 107,13 | 169,47 | 164,49 | 182,24 | 195,74 | 197,18 | 213,19 | 170,81 | 167,65 | 100,12 | 99,6 |

**Tabla 9. Irradiación en el emplazamiento en el año 2014**  
Elaboración propia

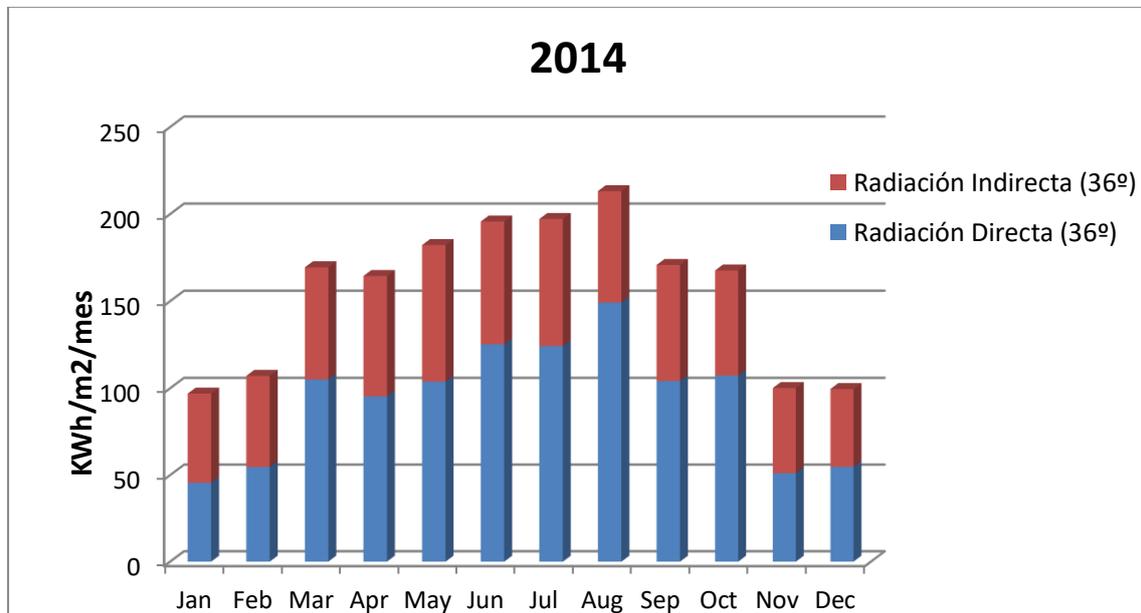
En estos datos recogidos, están incluidos los datos de irradiación global y difusa.

Para conocer las producciones reales de cada tipo de irradiación es necesario tener en cuenta el radio de difusión, el cual se expresa como un coeficiente mensual en la siguiente tabla:

| 2014        | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| R. difusión | 0,53 | 0,49 | 0,38 | 0,42 | 0,43 | 0,36 | 0,37 | 0,3 | 0,39 | 0,36 | 0,49 | 0,45 |

**Tabla 10. Radio de difusión en el año 2014**  
Elaboración propia

En la siguiente gráfica se representan los datos representados en la tabla de producciones teniendo en cuenta los radios de difusión referente al año 2014.



**Gráfica 5. Radiación directa y difusa en el año 2014**  
Elaboración propia

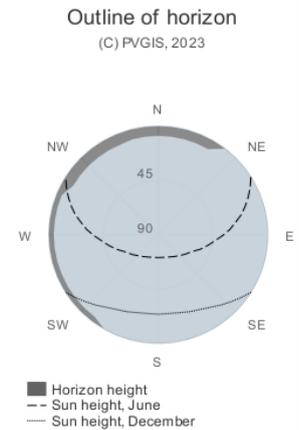
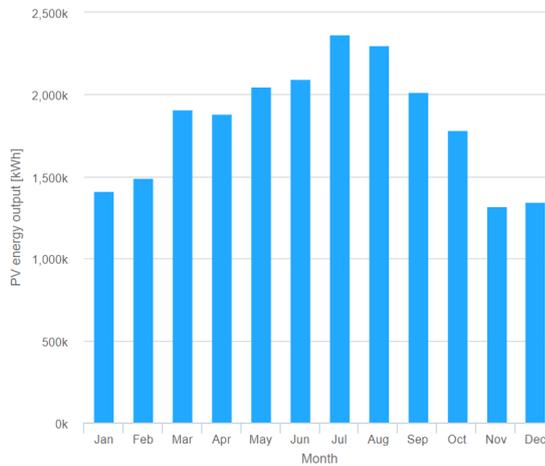
Los datos de producción anual son 1864,59 kWh/m<sup>2</sup>/año.

## 7. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EN LA INSTALACIÓN

Tras conocer los datos anuales de irradiación solar, es necesario conocer la producción solar del sistema fotovoltaico, para ello se han introducido una serie de datos en el programa de simulación PVGIS, de modo que obtendremos la cantidad de energía anual producida por la instalación de 13,8MW de potencia, suponiendo unas pérdidas de sistema del 12%, con un ángulo de montaje de 36°.

Las siguientes figuras muestran los datos de producción anual generados por el sistema fotovoltaico, la producción media mensual y el contorno del horizonte.

| Entradas proporcionadas :                            |                    |
|------------------------------------------------------|--------------------|
| Ubicación [Lat/Lon] :                                | 41.950,-2.236      |
| horizonte :                                          | Calculado          |
| Base de datos utilizada :                            | PVGIS-SARAH2       |
| tecnología fotovoltaica :                            | silicio cristalino |
| FV instalada [kWp]:                                  | 13800              |
| Pérdida del sistema [%]:                             | 12                 |
| Salidas de simulación :                              |                    |
| Ángulo de inclinación [°]:                           | 36                 |
| Ángulo de acimut [°]:                                | 0                  |
| Producción anual de energía fotovoltaica [kWh]:      | 21966384.66        |
| Irradiación anual en el plano [kWh/m <sup>2</sup> ]: | 1918.62            |
| Variabilidad interanual [kWh]:                       | 743220.80          |
| Cambios en la producción debido a :                  |                    |
| Ángulo de incidencia [%]:                            | -2.72              |
| Efectos espectrales [%]:                             | 0,96               |
| Temperatura y baja irradiancia [%]:                  | -4.01              |
| Pérdida total [%]:                                   | -17.04             |



**Figura 2. Datos de producción**  
Fuente: PVGIS

Observando la figura anterior se puede determinar que la producción energética anual de la instalación serán 21.966.384,66 kWh, o lo que es lo mismo 21.966,38 MWh.

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**ANEJO N°6:**  
**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN**  
**FOTOVOLTAICA**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                          | 1  |
| 2. CÁLCULO DE LOS MW A INSTALAR.....                                           | 1  |
| 3. CÁLCULO DE LA ORIENTACIÓN Y LA INCLINACIÓN .....                            | 2  |
| 4. CÁLCULO DE SOMBRAS ENTRE FILAS DE PANELES.....                              | 3  |
| 5. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS ..... | 5  |
| 6. CÁLCULO DE VOLTAJE MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS MÓDULOS.....                      | 6  |
| 7. CÁLCULO DE PANELES EN SERIE (STRINGS) .....                                 | 7  |
| 8. CÁLCULO DE RAMAS EN PARALELO .....                                          | 8  |
| 9. CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE CABLES .....                                      | 9  |
| 10. CÁLCULO DE PROTECCIONES DE LOS EQUIPOS.....                                | 26 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Cálculos de hibridación .....                     | 2  |
| Figura 2. Paneles solares en estructura fija biposte .....  | 4  |
| Figura 3. Calculo de sombras en superficies inclinadas..... | 4  |
| Figura 4. Intensidad admisible por los circuitos .....      | 11 |
| Figura 5. Intensidades y dimensionado .....                 | 12 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. String en serie y paralelo.....                                | 9  |
| Tabla 2. Tensión e intensidad por string.....                           | 10 |
| Tabla 3. Dimensionado de strings .....                                  | 19 |
| Tabla 4. Coeficientes de soterrado.....                                 | 20 |
| Tabla 5. Tensión e intensidad del cableado de cajas de combinación..... | 20 |
| Tabla 6. Dimensionado de cables de cajas de combinación .....           | 21 |
| Tabla 7. Características constructivas de MT.....                       | 22 |
| Tabla 8. Sección requerida MT .....                                     | 23 |
| Tabla 9. Factor de corrección de profundidad .....                      | 24 |
| Tabla 10. Factor de corrección de temperatura.....                      | 24 |
| Tabla 11. Factor de corrección de resistividad .....                    | 24 |
| Tabla 12. Coeficiente K de cortocircuito .....                          | 25 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

Antes de empezar a colocar los dispositivos anteriormente mencionados, es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones y elaborar ciertos cálculos.

## 2. CÁLCULO DE LOS MW A INSTALAR

Como se ha mencionado en la memoria, el centro de sección está limitado a 24,75 MWh, por lo que es necesario el cálculo para saber los MW de potencia fotovoltaica que hay que instalar.

Como existen limitaciones, la potencia máxima producida a evacuar por los dos parques es 24,75 MW, por lo que es necesario que la suma entre ambas producciones sea menor o igual a dicha cantidad para no tener excedentes de energía y desaprovechamiento de las instalaciones.

También entra en juego una segunda limitación, y es el coste de inversión, por lo que para dimensionar la instalación se requerirán los siguientes datos.

- Producción eólica (facilitados por CETASA)
- Irradiación solar en el lugar de emplazamiento (facilitados por PVGYS)
- Precio del MWh
- Precio medio por MW instalado

Para realizar el cálculo se ha realizado la suma de ambas potencias y se han multiplicado por el precio de venta, de modo que se han obtenido los beneficios anuales.

Tras procesar los datos de producción eólica y solar de los años 2010-2014 se obtiene que la energía eólica anual tiene unos flujos de caja de 2.393.317,278 € tras su venta y se estima que la energía solar aporte unos 80.000€ por MW instalado.

Se ha tomado como valor medio de la instalación de 1MW el coste de 645.000€, según la revisión de otros proyectos

Es por ello que se han realizado distintas pruebas con un rango de 1 a 20 MW, realizando un sencillo cálculo de viabilidad económica.

.

| COSTE    | MW | Producción eólica | Producción híbrida | Producción solar | AÑO 1     | AÑO 2     | AÑO 3     | AÑO 4     | AÑO 5     | AÑO 6     | AÑO 7     | AÑO 8     | AÑO 9     |
|----------|----|-------------------|--------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 645667   | 1  | 2393317           | 2471723            | 78405            | -567261   | -488856   | -410451   | -332045   | -253640   | -175235   | -96829    | -18424    | 59981     |
| 1291333  | 2  | 2393317           | 2550063            | 156746           | -1134587  | -977841   | -821095   | -664349   | -507602   | -350856   | -194110   | -37364    | 119382    |
| 1937000  | 3  | 2393317           | 2628383            | 235066           | -1701934  | -1466868  | -1231803  | -996737   | -761671   | -526605   | -291540   | -56474    | 178592    |
| 2582667  | 4  | 2393317           | 2706590            | 313273           | -2269394  | -1956121  | -1642848  | -1329574  | -1016301  | -703028   | -389755   | -76482    | 236791    |
| 3228333  | 5  | 2393317           | 2784454            | 391136           | -2837197  | -2446060  | -2054924  | -1663788  | -1272651  | -881515   | -490378   | -99242    | 291895    |
| 3874000  | 6  | 2393317           | 2861928            | 468611           | -3405389  | -2936778  | -2468166  | -1999555  | -1530944  | -1062333  | -593722   | -125110   | 343501    |
| 4519667  | 7  | 2393317           | 2938920            | 545603           | -3974064  | -3428461  | -2882858  | -2337255  | -1791653  | -1246050  | -700447   | -154844   | 390759    |
| 5165333  | 8  | 2393317           | 3015327            | 622009           | -4543324  | -3921315  | -3299305  | -2677296  | -2055287  | -1433278  | -811268   | -189259   | 432750    |
| 5811000  | 9  | 2393317           | 3091084            | 697767           | -5113233  | -4415467  | -3717700  | -3019934  | -2322167  | -1624401  | -926634   | -228867   | 468899    |
| 6456667  | 10 | 2393317           | 3166145            | 772828           | -5683839  | -4911012  | -4138184  | -3365356  | -2592529  | -1819701  | -1046874  | -274046   | 498781    |
| 7102333  | 11 | 2393317           | 3240464            | 847146           | -6255187  | -5408041  | -4560895  | -3713748  | -2866602  | -2019456  | -1172310  | -325163   | 521983    |
| 7748000  | 12 | 2393317           | 3314041            | 920723           | -6827277  | -5906553  | -4985830  | -4065107  | -3144383  | -2223660  | -1302937  | -382213   | 538510    |
| 8393667  | 13 | 2393317           | 3386829            | 993511           | -7400155  | -6406644  | -5413133  | -4419621  | -3426110  | -2432599  | -1439087  | -445576   | 547936    |
| 9039333  | 14 | 2393317           | 3458707            | 1065390          | -7973944  | -6908554  | -5843164  | -4777774  | -3712384  | -2646994  | -1581605  | -516215   | 549175    |
| 9685000  | 15 | 2393317           | 3529615            | 1136298          | -8548702  | -7412405  | -6276107  | -5139809  | -4003512  | -2867214  | -1730916  | -594619   | 541679    |
| 10330667 | 16 | 2393317           | 3599498            | 1206181          | -9124486  | -7918305  | -6712124  | -5505943  | -4299762  | -3093581  | -1887400  | -681219   | 524962    |
| 10976333 | 17 | 2393317           | 3668412            | 1275095          | -9701238  | -8426143  | -7151048  | -5875953  | -4600858  | -3325763  | -2050668  | -775573   | 499522    |
| 11622000 | 18 | 2393317           | 3736305            | 1342988          | -10279012 | -8936024  | -7593037  | -6250049  | -4907061  | -3564073  | -2221085  | -878098   | 464890    |
| 12267667 | 19 | 2393317           | 3803203            | 1409885          | -10857781 | -9447896  | -8038010  | -6628125  | -5218240  | -3808354  | -2398469  | -988583   | 421302    |
| 12913333 | 20 | 2393317           | 3869034            | 1475717          | -11437617 | -9961900  | -8486183  | -7010466  | -5534749  | -4059033  | -2583316  | -1107599  | 368118    |
| 13559000 | 21 | 2393317           | 3933587            | 1540270          | -12018730 | -10478460 | -8938191  | -7397921  | -5857651  | -4317381  | -2777112  | -1236842  | 303428    |
| 14204667 | 22 | 2393317           | 3996845            | 1603527          | -12601139 | -10997612 | -9394084  | -7790557  | -6187029  | -4583502  | -2979975  | -1376447  | 227080    |
| 45196667 | 70 | 2393317           | 5140762            | 2747444          | -42449222 | -39701778 | -36954334 | -34206890 | -31459445 | -28712001 | -25964557 | -23217113 | -20469669 |

Figura 1. Cálculos de hibridación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 se puede observar que en función de la producción solar y del coste por MW instalado, la mejor opción de hibridación sería instalar entre 13 y 14 MW de potencia.

Con esta potencia se ha conseguido un sistema híbrido más eficiente tanto energéticamente como económicamente.

Es por esto que se va a optar por una instalación de 13,8 MW de potencia cuyos cálculos de diseño se verán a continuación.

### 3. CÁLCULO DE LA ORIENTACIÓN Y LA INCLINACIÓN

La orientación en la que se coloquen los paneles es muy importante. En el Hemisferio Norte el sol sale por el Este y se pone por el Oeste, siendo la orientación óptima el Sur. De esta forma la recepción de la radiación será plena.

Entonces, en el Hemisferio Sur, la orientación óptima será el norte.

Este concepto no varía a lo largo del año, por lo que no precisará de una re-estructuración.

La inclinación de la superficie del panel se verá influenciada por el ángulo de incidencia de los rayos solares de forma perpendicular a éste (mediodía). El ángulo va cambiando a lo largo del día, de la estación, etc. Para ello se debe conocer la altura solar a mediodía, para conocer con qué ángulo inciden los rayos solares:

$$\alpha = 0,90 \cdot \text{latitud} \pm 23,45$$

Se deberá tener en cuenta el momento del año en el que estemos, ya que el solsticio de invierno (22 de diciembre) es el más desfavorable y a partir de aquí se incrementa hasta llegar al solsticio de verano (21 de junio)

De este modo se han calculado las inclinaciones máximas y mínimas en los solsticios de invierno y verano para la latitud del emplazamiento, siendo  $14,29^{\circ}$  y  $61,19^{\circ}$  respectivamente.

Calculando la media entre los dos grados de altitud solar en los momentos más y menos favorables, se determina que la inclinación óptima será de  $36^{\circ}$ .

## 4. CÁLCULO DE SOMBRAS ENTRE FILAS DE PANELES

Se ha determinado, anteriormente, en el apartado de elección del montaje en la memoria, la elección del montaje con seguidores solares horizontales (N-S).

Tras visualizar los datos referentes de este seguidor solar en la herramienta de trabajo PVGIS, se determina que el grado máximo de inclinación en invierno sea de unos  $55^{\circ}$ , siendo ésta la época desfavorable.

Ahora es necesario conocer las dimensiones de nuestro panel solar (Ja Solar Mono 500W Deep Blue 3.0): 2,093 x 1,08 m, para calcular la sombra que va a proyectar durante el año.

Los paneles irán orientados al sur (acimut 0), de forma vertical (2V), seguidos unos de otros de la siguiente forma:

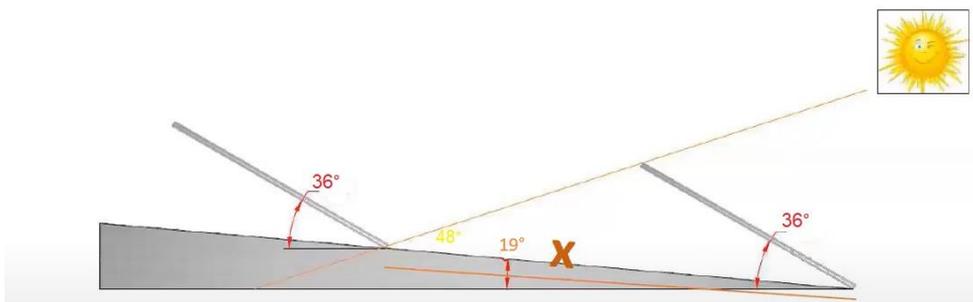


**Figura 2. Paneles solares en estructura fija biposte**

Fuente: TAB solar

El conjunto de placas tendrá una altura total de 4,186 m. A esto habría que sumarle la altura del soporte, pero en este cálculo es innecesario, ya que la distancia entre placas será la misma.

Entonces, conociendo la altura de los paneles, la inclinación óptima a 36° y la inclinación del terreno 19°, podemos determinar la distancia entre filas para evitar la sombra proyectada de unos paneles a otros.



**Figura 3. Cálculo de sombras en superficies inclinadas**

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la distancia entre filas de paneles en una superficie inclinada se utilizará la siguiente fórmula:

$$x = L \left( \frac{\text{sen}(\beta - \gamma)}{\tan(\epsilon - \gamma)} + \cos(\beta - \gamma) \right)$$

Siendo:

- L: altura del conjunto 2V de paneles solares (m)
- $\beta$ : ángulo óptimo de inclinación del panel (°)
- $\gamma$ : inclinación del terreno (°)
- $\epsilon$ : ángulo medio anual de incidencia del sol (°)

$$x = 4,186 \cdot \left( \frac{\text{sen}(36 - 19)}{\tan(48 - 19)} + \cos(36 - 19) \right) = 4,52$$

De esta forma la distancia ideal será de 4,52 metros entre los paneles tal y como muestra la imagen anterior.

Los pasillos tendrán una distancia de 1,14 metros, ya que al estar en pendiente el espacio es menor. Dicho espacio será suficiente para realizar las tareas de mantenimiento.

## 5. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS

En éste apartado se calcularán las temperaturas de operación en el día más caluroso y en el día más frío del año, teniendo en cuenta las posibles irradiaciones en función de la climatología.

Los valores en condiciones estándar a 25°C y 1000 W/m<sup>2</sup> son los especificados en la ficha técnica del artículo. Conociendo las temperaturas mínima y máxima absoluta registrada, se va a proceder a calcular las temperaturas máximas y mínimas de operación del módulo fotovoltaico.

Para calcular este apartado se utilizará la siguiente fórmula:

$$T = T_{amb} + \frac{T_{ONC} - 20}{800} \cdot I$$

Siendo :

- T: temperatura de trabajo de la célula (°C)
- T<sub>amb</sub>: temperatura ambiente (°C)
- T<sub>ONC</sub>: temperatura de operación nominal de la célula (°C)
- I: Irradiancia (W/m<sup>2</sup>)

Temperatura de trabajo máxima:

- El día más caluroso, por norma general estará el cielo abierto. De este modo supungo una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. (I=1000 W/m<sup>2</sup>).
- Temperatura ambiente máxima 38 ° C (Tamb = 38°C).
- TONC= 45° C (ficha técnica).

Introduciendo estos datos en la fórmula anterior, determino que la temperatura máxima de operación de la célula son 69° C

Temperatura de trabajo mínima:

- El día más frío, por norma general estará el cielo cerrado (nublado). De este modo supungo una irradiación de 100 W/m<sup>2</sup>. (I=100 W/m<sup>2</sup>).
- Temperatura ambiente mínima de -15 ° C (Tamb = -15° C).
- TONC= 45° C (ficha técnica).

Introduciendo estos datos en la fórmula determino que la temperatura mínima de operación de la célula son -11,87° C.

## 6. CÁLCULO DE VOLTAJE MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS MÓDULOS

La temperatura es un factor importante a la hora de calcular los voltajes máximo y mínimo que funcionaran por un dispositivo, ya que a menor temperatura aumenta el voltaje, y viceversa.

Conociendo las temperaturas mínima y máxima de funcionamiento, se va a proceder a calcular las variaciones del voltaje de circuito abierto, ya que a menor temperatura mayor voltaje y viceversa. Esto condicionará la disposición de módulos en serie y en paralelo.

A continuación, voy a calcular el voltaje máximo y el mínimo de operación para las temperaturas calculadas en el apartado anterior.

$$V_{oc(T_m)} = V_{oc} \cdot (1 + \beta \cdot (T_m - T_{STC}))$$

Siendo:

- V<sub>OC</sub>: tensión máxima del panel (V)
- β: coeficiente de temperatura del panel (negativo) (%/°C)
- T: temperatura máxima o mínima ambiente (°C)
- T<sub>STC</sub>: Temperatura en condiciones estándar (°C)

$$V_{max} = 45,59 (1 - 0,00275 (-11,87^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C})) = 50,21 \text{ V}$$

$$V_{\min} = 45,59 (1 - 0,00275 (69^\circ \text{C} - 25^\circ \text{C})) = 40,04 \text{ V}$$

Se puede decir que el voltaje máximo con la temperatura inferior más desfavorable es 50,21 V (a  $-15^\circ\text{C}$ ), mientras que el voltaje mínimo con la temperatura superior más desfavorable es 40,04 V (a  $38^\circ\text{C}$ ).

## 7. CÁLCULO DE PANELES EN SERIE (STRINGS)

Antes de adentrarnos en este cálculo será necesario conocer la el rango de tensiones de mi inversor, que en este caso a  $40^\circ\text{C}$  de temperatura ambiente, contará con la siguiente característica:

Voltaje en el rango de máxima potencia ( $V_{\text{mpp}}$ ): el string no deberá superar el valor superior del rango de voltaje en el punto de máxima potencia (853-1300V).

Como el  $V_{\text{mpp}}$  es dependiente de la temperatura y, el voltaje aumenta a medida que esta disminuye, se comprobará el  $V_{\text{mpp}}$  para la temperatura de funcionamiento de  $-11,87^\circ\text{C}$ .

La conexión de paneles en serie:

En string la tensión se suma entre los paneles fotovoltaicos, mientras que la corriente permanece constante. Conociendo el rango de tensiones de mi inversor calculo el número máximo de paneles por string.

$$N^\circ \text{ paneles en serie} = \frac{\text{Rango de tension máximo mpp}}{V_{\max}}$$

$$N^\circ \text{ paneles en serie} = \frac{1300 \text{ V}}{50,21 \text{ V}}$$

$$N^\circ \text{ máximo de paneles en serie} = 25,89 \text{ paneles}$$

Es decir, si coloco más de 25,89 paneles, superaría los rangos de tensión de entrada del inversor, por lo que máximo colocale 25 paneles en serie

$$N^\circ \text{ paneles en serie} = \frac{\text{Rango de tension mínimo mpp}}{V_{\min}}$$

$$N^\circ \text{ paneles en serie} = \frac{853 \text{ V}}{40,04 \text{ V}}$$

$$N^{\circ} \text{ m\u00ednimo de paneles en serie} = 21,30 \text{ paneles}$$

Es decir, si coloco menos de 21,30 paneles, no llegar\u00eda a los rangos de tensi\u00f3n de entrada del inversor, por lo que m\u00ednimo colocar\u00e9 22 paneles en serie.

Tras los c\u00e1lculos determino que colocar\u00e9 25 paneles en serie para respetar el rango de voltajes del inversor, lo que nos facilitar\u00e1 el dimensionamiento en estructuras 2V.

## 8. C\u00c1LCULO DE RAMAS EN PARALELO

En paralelo la tensi\u00f3n permanece constante, mientras que la corriente se suma. A mayor temperatura mayor tensi\u00f3n, por lo que lo calcularemos para una temperatura de operaci\u00f3n de 69,25 \u00b0C.

$$I_{\text{panel-MAX}}(T_{\text{MAX}}) = I_{\text{panel-CC}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{\text{MAX}} - 25))$$

Siendo:

- $I_{\text{panel-cc}}$ : corriente del panel en cortocircuido
- $\alpha$ : coeficiente de temperatura  $I_{\text{SC}}$
- $T_{\text{MAX}}$  = Temperatura m\u00e1xima de funcionamiento del panel

$$I_{\text{panel-MAX}}(T_{\text{max}}) = 13,93 (1 + 0,00045 (69^{\circ} \text{ C} - 25^{\circ} \text{ C})) = 14,2 \text{ A}$$

Para calcular las ramas paralelas, debo conocer la m\u00e1xima corriente de entrada. Cada inversor, seg\u00fan la ficha t\u00e9cnica, tiene 3965 A.

$$\text{Ramas en paralelo} = \frac{\text{Corriente m\u00e1xima de entrada del inversor}}{I_{\text{panel-MAX}}}$$

$$\text{Ramas en paralelo} = \frac{3965 \text{ A}}{14,2 \text{ A}}$$

$$\text{Ramas en paralelo} = 279,11 \text{ ramas}$$

Se necesitarán un máximo de 279,11 ramas en paralelo, como máximo para no sobrepasar los valores indicados del inversor.

Se ha determinado que el número de conexiones en paralelo por cada inversor serán 276 ramas.

Por lo tanto para atacar los inversores:

| Por cada inversor  |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| Paneles en string  | 25 paneles · 50,04 V = 1251 V |
| String en paralelo | 276 ramas · 14,2 A = 3919,2 A |

**Tabla 1. String en serie y paralelo**

Fuente: elaboración propia

Observando los valores de la tabla, podemos confirmar que los cálculos realizados para atacar cada inversor son válidos, ya que entran en los rangos límite del inversor.

Para optimizar espacio y número de cables, se ha decidido instalar unas cajas combinadoras de strings. Dichas cajas combinarán 12 ramas en paralelo de 25 paneles en serie cada una.

De este modo por cada inversor se necesitarán 23 cajas de combinación.

## 9. CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE CABLES

Para dimensionar la sección de cables, necesito conocer el tipo de corriente que circula a través de ellos y sus valores (V y A).

Diferenciamos dos circuitos distintos, uno de corriente continua y otro de corriente alterna.

En el lado de corriente continua encontramos los cables que conectan los paneles con los DC BOX STRING, que tendrán una sección determinada en función del voltaje y el amperaje que circula por ellos

En el mismo circuito de corriente continua, encontramos los cables que conectan las cajas combinadoras y los inversores.

Por otro lado, tendremos el circuito de corriente alterna que conectará los inversores con el transformador situado en el Centro de Control.

### a. SECCIÓN DEL CABLEADO DE CORRIENTE CONTINUA

## - CABLEADO DE PANELES A CAJAS COMBINADORAS

Dicho cableado se encargará de conectar el conjunto de paneles en serie (string) con las cajas combinadoras de strings. Este cableado estará compuesto por cables unipolares al aire libre con aislamiento de PVC.

La caída de tensión máxima de este recorrido será del 0,75%.

El valor de la tensión utilizado será el valor calculado en condiciones más desfavorables calculado en el apartado "5 Cálculo del voltaje máximo y mínimo de los módulos".

Para el valor de la intensidad se ha utilizado la intensidad equivalente en el punto de máxima potencia de 25 paneles en serie, multiplicada por un factor 1,25, según indica el reglamento técnico de baja tensión.

Por lo tanto:

|            |                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------|
| Tensión    | (Nº de paneles por string · Vmax = 25 · 50,04) <b>1251</b> |
| Intensidad | (Impp · 1,25 = 13,04 · 1,25) <b>16,3</b>                   |

**Tabla 2. Tensión e intensidad por string**

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la siguiente fórmula, se elaborará el cálculo de la sección teórica de los conductores del cableado de los paneles a las cajas combinadoras de strings.

$$s = \frac{2 \cdot L \cdot I}{AV \cdot k}$$

Siendo:

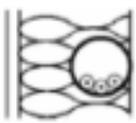
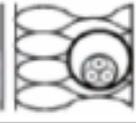
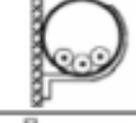
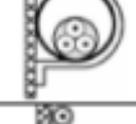
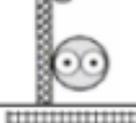
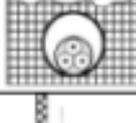
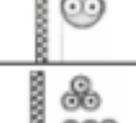
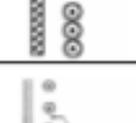
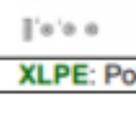
- L: longitud del cable en metros
- I: intensidad nominal en amperios (se tendrá en cuenta la intensidad de cálculo igual a 1,25 veces la intensidad nominal del generador)
- AV: caída de tensión máxima en voltios
- K<sub>T</sub>: conductividad del material conductor a una determinada temperatura de operación.

También se comprobará que la caída de tensión no supere el 0,75%.

Para el cálculo se seleccionará en las siguientes tablas:

- El tipo de instalación (F)
- El tipo de aislamiento (PVC)
- El número de conductores (2)

A continuación se identificará la intensidad máxima del cable en función de su sección.

| Instalación de referencia                                                           |                                                                                                |           | Tabla y columna                                 |                     |                      |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                                                                                     |                                                                                                |           | Intensidad admisible para los circuitos simples |                     |                      |                     |
|                                                                                     |                                                                                                |           | Aislamiento PVC                                 |                     | Aislamiento XLPE-EPR |                     |
|                                                                                     |                                                                                                |           | Número de conductores                           |                     |                      |                     |
|                                                                                     |                                                                                                |           | 2                                               | 3                   | 2                    | 3                   |
|    | Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante                         | <b>A1</b> | columna 4                                       | columna 3           | columna 7            | columna 6           |
|    | Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante                         | <b>A2</b> | columna 3                                       | columna 2           | columna 6            | columna 5           |
|    | Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera/ mamp.                           | <b>B1</b> | columna 6                                       | columna 5           | columna 10           | columna 8           |
|   | Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera/map.                             | <b>B2</b> | columna 5                                       | columna 4           | columna 8            | columna 7           |
|  | Cables unipolares; o multipolares sobre una pared de madera/manp.                              | <b>C</b>  | columna 8                                       | columna 6           | columna 11           | columna 9           |
|  | Cable multiconductor en conductos enterrados                                                   | <b>D</b>  | columna 3                                       | columna 4           | columna 5            | columna 6           |
|  | Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro $\geq$ a 0,3 veces $\phi$ del cable      | <b>E</b>  | columna 9                                       | columna 7           | columna 12           | columna 10          |
|  | Cables unipolares en contacto al aire libre<br>Distancia al muro $\geq$ $\phi$ del cable       | <b>F</b>  | columna 10                                      | columna 8           | columna 13           | columna 11          |
|  | Cables unipolares espaciados al aire libre<br>Distancia entre ellos $\geq$ el $\phi$ del cable | <b>G</b>  | —                                               | Ver UNE 20460-5-523 | —                    | Ver UNE 20460-5-523 |

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

Figura 4. Intensidad admisible por los circuitos  
Fuente: Mejorenfurgocamper

| Método de instalación               | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento |                          |                                     |                          |       |                                               |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------|-----------------------------------------------|-------|----------------------|------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------|---------------|
|                                     |                                                      | PVC3                     | PVC2                                |                          | XLPE3 | XLPE2                                         |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| A1                                  |                                                      | PVC3                     | PVC2                                |                          | XLPE3 | XLPE2                                         |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| A2                                  | PVC3                                                 | PVC2                     |                                     | XLPE3                    | XLPE2 |                                               |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| B1                                  |                                                      |                          |                                     | PVC3                     | PVC2  |                                               | XLPE3 |                      | XLPE2                                          |                    |       |                |               |
| B2                                  |                                                      |                          | PVC3                                | PVC2                     |       | XLPE3                                         | XLPE2 |                      |                                                |                    |       |                |               |
| C                                   |                                                      |                          |                                     |                          | PVC3  |                                               | PVC2  | XLPE3                |                                                | XLPE2              |       |                |               |
| E                                   |                                                      |                          |                                     |                          |       | PVC3                                          |       | PVC2                 | XLPE3                                          |                    | XLPE2 |                |               |
| F                                   |                                                      |                          |                                     |                          |       |                                               | PVC3  |                      | PVC2                                           | XLPE3              |       | XLPE2          |               |
| 1                                   | 2                                                    | 3                        | 4                                   | 5                        | 6     | 7                                             | 8     | 9                    | 10                                             | 11                 | 12    | 13             |               |
| S (mm <sup>2</sup> )                |                                                      |                          |                                     |                          |       |                                               |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| <b>Cobre</b>                        |                                                      |                          |                                     |                          |       |                                               |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| 1.5                                 | 11                                                   | 11.5                     | 13                                  | 13.5                     | 15    | 16                                            | 16.5  | 19                   | 20                                             | 21                 | 24    | -              |               |
| 2.5                                 | 15                                                   | 16                       | 17.5                                | 18.5                     | 21    | 22                                            | 23    | 26                   | 26.5                                           | 29                 | 33    | -              |               |
| 4                                   | 20                                                   | 21                       | 23                                  | 24                       | 27    | 30                                            | 31    | 34                   | 36                                             | 38                 | 45    | -              |               |
| 6                                   | 25                                                   | 27                       | 30                                  | 32                       | 36    | 37                                            | 40    | 44                   | 46                                             | 49                 | 57    | -              |               |
| 10                                  | 34                                                   | 37                       | 40                                  | 44                       | 50    | 52                                            | 54    | 60                   | 65                                             | 68                 | 76    | -              |               |
| 16                                  | 45                                                   | 49                       | 54                                  | 59                       | 66    | 70                                            | 73    | 81                   | 87                                             | 91                 | 105   | -              |               |
| 25                                  | 59                                                   | 64                       | 70                                  | 77                       | 84    | 88                                            | 95    | 103                  | 110                                            | 116                | 123   | 140            |               |
| 35                                  | -                                                    | 77                       | 86                                  | 96                       | 104   | 110                                           | 119   | 127                  | 137                                            | 144                | 154   | 174            |               |
| 50                                  | -                                                    | 94                       | 103                                 | 117                      | 125   | 133                                           | 145   | 155                  | 167                                            | 175                | 188   | 210            |               |
| 70                                  | -                                                    | -                        | -                                   | 149                      | 160   | 171                                           | 185   | 199                  | 214                                            | 224                | 244   | 269            |               |
| 95                                  | -                                                    | -                        | -                                   | 180                      | 194   | 207                                           | 224   | 241                  | 259                                            | 271                | 296   | 327            |               |
| 120                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 208                      | 225   | 240                                           | 260   | 280                  | 301                                            | 314                | 348   | 380            |               |
| 150                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 236                      | 260   | 278                                           | 299   | 322                  | 343                                            | 363                | 404   | 438            |               |
| 185                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 268                      | 297   | 317                                           | 341   | 368                  | 391                                            | 415                | 464   | 500            |               |
| 240                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 315                      | 350   | 374                                           | 401   | 435                  | 468                                            | 490                | 552   | 590            |               |
| <b>Aluminio</b>                     |                                                      |                          |                                     |                          |       |                                               |       |                      |                                                |                    |       |                |               |
| 2.5                                 | 11.5                                                 | 12                       | 13.5                                | 14                       | 16    | 17                                            | 18    | 20                   | 20                                             | 22                 | 25    |                |               |
| 4                                   | 15                                                   | 16                       | 18.5                                | 19                       | 22    | 24                                            | 24    | 26.5                 | 27.5                                           | 29                 | 35    |                |               |
| 6                                   | 20                                                   | 21                       | 24                                  | 25                       | 28    | 30                                            | 31    | 33                   | 36                                             | 38                 | 45    | -              |               |
| 10                                  | 27                                                   | 28                       | 32                                  | 34                       | 38    | 42                                            | 42    | 46                   | 50                                             | 53                 | 61    | -              |               |
| 16                                  | 36                                                   | 38                       | 42                                  | 46                       | 51    | 56                                            | 57    | 63                   | 66                                             | 70                 | 83    | -              |               |
| 25                                  | 46                                                   | 50                       | 54                                  | 61                       | 64    | 71                                            | 72    | 78                   | 84                                             | 88                 | 94    | 105            |               |
| 35                                  | -                                                    | 61                       | 67                                  | 75                       | 78    | 88                                            | 89    | 97                   | 104                                            | 109                | 117   | 130            |               |
| 50                                  | -                                                    | 73                       | 80                                  | 90                       | 96    | 106                                           | 108   | 118                  | 127                                            | 133                | 145   | 160            |               |
| 70                                  | -                                                    | -                        | -                                   | 116                      | 122   | 136                                           | 139   | 151                  | 162                                            | 170                | 187   | 206            |               |
| 95                                  | -                                                    | -                        | -                                   | 140                      | 148   | 167                                           | 169   | 183                  | 197                                            | 207                | 230   | 251            |               |
| 120                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 162                      | 171   | 193                                           | 196.5 | 213                  | 228                                            | 239                | 269   | 293            |               |
| 150                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 187                      | 197   | 223                                           | 227   | 246                  | 264                                            | 277                | 312   | 338            |               |
| 185                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 212                      | 225   | 236                                           | 259   | 281                  | 301                                            | 316                | 359   | 388            |               |
| 240                                 | -                                                    | -                        | -                                   | 248                      | 265   | 300                                           | 306   | 332                  | 355                                            | 372                | 429   | 461            |               |
| <b>Cu:</b> $\rho_{20^\circ} = 1/56$ |                                                      |                          | <b>Al:</b> $\rho_{20^\circ} = 1/35$ |                          |       | $\rho_{70^\circ} = 1,2 \cdot \rho_{20^\circ}$ |       |                      | $\rho_{90^\circ} = 1,28 \cdot \rho_{20^\circ}$ |                    |       |                |               |
| <b>B:</b> $5 \cdot I_n$             |                                                      | <b>C:</b> $10 \cdot I_n$ |                                     | <b>D:</b> $20 \cdot I_n$ |       | $K = I \cdot \sqrt{t/S}$                      |       | <b>Cu:</b> 115 / 103 |                                                | <b>Al:</b> 76 / 68 |       | <b>Cu:</b> 143 | <b>Al:</b> 94 |

Figura 5. Intensidades y dimensionado  
Fuente: Mejorenfurgocamper

Tras elaborar una tabla en excel, se determinan las secciones adecuadas para cada string, en función de la distancia que separa a los paneles de la caja combinadora.

También se comprueba que la caída de tensión sea menor al 0,75%, ya que entre la parte de conexión de paneles y la parte de conexión a inversor no deben superar el 1,5%.

| INVERSOR 1            |        |              |             |                |                 |                      |                      |                             |        |
|-----------------------|--------|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
|                       | STRING | Longitud (m) | Tensión (V) | Intensidad (I) | Sección teórica | Sección seleccionada | Caída de tensión (%) | Caída de tensión máxima (%) | Cumple |
| CAJA DE COMBINACIÓN 1 | 1      | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 2      | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 3      | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 4      | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 5      | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 6      | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 7      | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 8      | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 9      | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 10     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 11     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 12     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
| CAJA DE COMBINACIÓN 2 | 13     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 14     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 15     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 16     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 17     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 18     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 19     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 20     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 21     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 22     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 23     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 24     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
| CAJA DE COMBINACIÓN 3 | 25     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 26     | 72           | 1251        | 16,3           | 5,36            | 6                    | 0,64%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 27     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 28     | 45           | 1251        | 16,3           | 3,35            | 4                    | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 29     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |
|                       | 30     | 18           | 1251        | 16,3           | 1,34            | 2,5                  | 0,39%                | 0,75%                       | SI     |

|                       |    |    |      |      |      |     |       |       |    |
|-----------------------|----|----|------|------|------|-----|-------|-------|----|
|                       | 31 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 32 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 33 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 34 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 35 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 36 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 4 | 37 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 38 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 39 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 40 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 41 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 42 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 43 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 44 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 45 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 46 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 47 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 48 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 5 | 49 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 50 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 51 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 52 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 53 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 54 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 55 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 56 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 57 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 58 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 59 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 60 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 6 | 61 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 62 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 63 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 64 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 65 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 66 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 67 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 68 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                       | 69 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 70 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                       | 71 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 72 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| DE COMBINACIÓN        | 73 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                       | 74 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |

|                        |     |      |      |      |      |       |       |       |    |
|------------------------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|----|
|                        | 75  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 76  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 77  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 78  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 79  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 80  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 81  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 82  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 83  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 84  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 8  | 85  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 86  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 87  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 88  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 89  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 90  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 91  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 92  | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 93  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 94  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 95  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
| 96                     | 72  | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6    | 0,64% | 0,75% | SI    |    |
| CAJA DE COMBINACIÓN 9  | 97  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 98  | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 99  | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 100 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 101 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 102 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 103 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 104 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 105 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 106 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 107 | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 108 | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 10 | 109 | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 110 | 72   | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6     | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 111 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 112 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 113 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 114 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 115 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 116 | 18   | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5   | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 117 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 118 | 45   | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4     | 0,60% | 0,75% | SI |

|                        |     |    |      |      |      |     |       |       |    |
|------------------------|-----|----|------|------|------|-----|-------|-------|----|
|                        | 119 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 120 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 11 | 121 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 122 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 123 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 124 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 125 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 126 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 127 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 128 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 129 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 130 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 131 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 12 | 132 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 133 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 134 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 135 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 136 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 137 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 138 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 139 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 140 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 141 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 142 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 13 | 143 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 144 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 145 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 146 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 147 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 148 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 149 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 150 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 151 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 152 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 153 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 14 | 154 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 155 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 156 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 157 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 158 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 159 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 160 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 161 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 162 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |

|                        |     |    |      |      |      |     |       |       |    |
|------------------------|-----|----|------|------|------|-----|-------|-------|----|
|                        | 163 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 164 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 165 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 166 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 167 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 168 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 15 | 169 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 170 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 171 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 172 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 173 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 174 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 175 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 176 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 177 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 178 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 179 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 180 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 16 | 181 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 182 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 183 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 184 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 185 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 186 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 187 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 188 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 189 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 190 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 191 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 192 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 17 | 193 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 194 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 195 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 196 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 197 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 198 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 199 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 200 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 201 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 202 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 203 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 204 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| DE COMBINACIÓN         | 205 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 206 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |

|                        |     |    |      |      |      |     |       |       |    |
|------------------------|-----|----|------|------|------|-----|-------|-------|----|
|                        | 207 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 208 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 209 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 210 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 211 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 212 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 213 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 214 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 215 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 216 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 19 | 217 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 218 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 219 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 220 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 221 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 222 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 223 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 224 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 225 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 226 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 227 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 228 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 20 | 229 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 230 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 231 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 232 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 233 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 234 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 235 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 236 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 237 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 238 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 239 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 240 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 21 | 241 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 242 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 243 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 244 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 245 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 246 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 247 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 248 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 249 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 250 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |

|                        |     |    |      |      |      |     |       |       |    |
|------------------------|-----|----|------|------|------|-----|-------|-------|----|
|                        | 251 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 252 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 22 | 253 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 254 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 255 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 256 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 257 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 258 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 259 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 260 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 261 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 262 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 263 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 264 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
| CAJA DE COMBINACIÓN 23 | 265 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 266 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 267 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 268 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 269 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 270 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 271 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 272 | 18 | 1251 | 16,3 | 1,34 | 2,5 | 0,39% | 0,75% | SI |
|                        | 273 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 274 | 45 | 1251 | 16,3 | 3,35 | 4   | 0,60% | 0,75% | SI |
|                        | 275 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |
|                        | 276 | 72 | 1251 | 16,3 | 5,36 | 6   | 0,64% | 0,75% | SI |

**Tabla 3. Dimensionado de strings**

Fuente: Elaboración propia

El cableado de los 276 strings estará formado por cables unipolares PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) kv DC con aislamiento e PVC y conductor de cobre, con secciones de 6,4 y 2,5 mm<sup>2</sup> como indica la tabla anterior.

#### - CABLEADO DE PANELES A CAJAS COMBINADORAS

Dicho cableado se encargará de llevar la corriente continua desde las cajas de combinación hasta el inversor. Cada inversor cuenta con 20 cajas combinadoras de strings. El cableado irá soterrado con aislamiento XLPE. La caída de tensión máxima permitida será del 0,75%.

Para ello se utilizará el valor de la tensión utilizado será el valor calculado en condiciones más desfavorables calculado en el apartado “5 Cálculo del voltaje máximo y mínimo de los módulos”.

Para el valor de la intensidad se ha utilizado la intensidad equivalente en el punto de máxima potencia de 24 paneles en serie. Para el valor de la intensidad se ha utilizado la intensidad equivalente en el punto de máxima potencia de 12 strings en paralelo, multiplicado por un factor 1,25, según indica el reglamento técnico de baja tensión. A demás se tendrá en cuenta el factor de corrección de soterrado, indicado en la siguiente tabla.

| Disposición      | Nº de circuitos o cables multiconductores |      |      |      |      |             |      |      |
|------------------|-------------------------------------------|------|------|------|------|-------------|------|------|
|                  | 1                                         | 2    | 3    | 4    | 5    | 10          | 15   | 20   |
| A1/A2 Y B1/B2    | 1                                         | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,60 | 0,50        | 0,45 | 0,40 |
| C (muros)        | 1                                         | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,70        | -    | -    |
| C (techo)        | 0,95                                      | 0,80 | 0,70 | 0,70 | 0,65 | 0,60        | -    | -    |
| E y F (bandejas) | 1                                         | 0,9  | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,70        | -    | -    |
| E y F (otros)    | 1                                         | 0,85 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | <b>0,80</b> | -    | -    |

**Tabla 4. Coeficientes de soterrado**  
Fuente: UNE 20 460-5-523

Por lo tanto:

|            |                                                                                                   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tensión    | (Nº de paneles por string · Vmax = 24 · 53,75) <b>1290</b>                                        |
| Intensidad | (Impp · Nº de string por caja de combinación· 1,25 · 0,80 = 16,7 · 12 · 1,25 · 0,80) <b>200,4</b> |

**Tabla 5. Tensión e intensidad del cableado de cajas de combinación**  
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la siguiente fórmula, se elaborará el cálculo de la sección teórica de los conductores del cableado de las cajas combinadoras de strings al inversor.

$$s = \frac{2 \cdot L \cdot I}{AV \cdot k}$$

Siendo:

- L: longitud del cable en metros
- I: intensidad nominal en amperios (se tendrá en cuenta la intensidad de cálculo igual a 1,25 veces la intensidad nominal del generador)
- AV: caída de tensión máxima en voltios

- $K_T$ : conductividad del material conductor a una determinada temperatura de operación.

También se comprobará que la caída de tensión no supere el 0,75%, de modo que la suma de las caídas de tensiones del cableado desde paneles hasta cajas combinadoras mas la de cajas combinadoras hasta inversores no supere el 1,5%.

En la siguiente tabla se comprobará la caída de tensión desde cajas de combinación hasta inversores, teniendo en cuenta una serie de parámetros.

| INVERSOR 1          |              |             |                |                 |                      |                      |                             |        |
|---------------------|--------------|-------------|----------------|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|--------|
| CAJA DE COMBINACIÓN | Longitud (m) | Tensión (V) | Intensidad (I) | Sección teórica | Sección seleccionada | Caída de tensión (%) | Caída de tensión máxima (%) | Cumple |
| 1                   | 109          | 1251        | 200,4          | 106,4           | 120                  | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
| 2                   | 109          | 1251        | 200,4          | 106,4           | 120                  | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
| 3                   | 100          | 1251        | 200,4          | 97,6            | 120                  | 0,55%                | 0,75%                       | SI     |
| 4                   | 100          | 1251        | 200,4          | 97,6            | 120                  | 0,55%                | 0,75%                       | SI     |
| 5                   | 91           | 1251        | 200,4          | 88,9            | 120                  | 0,50%                | 0,75%                       | SI     |
| 6                   | 91           | 1251        | 200,4          | 88,9            | 120                  | 0,50%                | 0,75%                       | SI     |
| 7                   | 82           | 1251        | 200,4          | 80,1            | 95                   | 0,57%                | 0,75%                       | SI     |
| 8                   | 82           | 1251        | 200,4          | 80,1            | 95                   | 0,57%                | 0,75%                       | SI     |
| 9                   | 73           | 1251        | 200,4          | 71,3            | 95                   | 0,51%                | 0,75%                       | SI     |
| 10                  | 73           | 1251        | 200,4          | 71,3            | 95                   | 0,51%                | 0,75%                       | SI     |
| 11                  | 64           | 1251        | 200,4          | 62,5            | 70                   | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
| 12                  | 64           | 1251        | 200,4          | 62,5            | 70                   | 0,60%                | 0,75%                       | SI     |
| 13                  | 55           | 1251        | 200,4          | 53,7            | 70                   | 0,52%                | 0,75%                       | SI     |
| 14                  | 55           | 1251        | 200,4          | 53,7            | 70                   | 0,52%                | 0,75%                       | SI     |
| 15                  | 46           | 1251        | 200,4          | 44,9            | 70                   | 0,43%                | 0,75%                       | SI     |
| 16                  | 46           | 1251        | 200,4          | 44,9            | 70                   | 0,43%                | 0,75%                       | SI     |
| 17                  | 37           | 1251        | 200,4          | 36,1            | 50                   | 0,49%                | 0,75%                       | SI     |
| 18                  | 37           | 1251        | 200,4          | 36,1            | 50                   | 0,49%                | 0,75%                       | SI     |
| 19                  | 28           | 1251        | 200,4          | 27,3            | 50                   | 0,37%                | 0,75%                       | SI     |
| 20                  | 28           | 1251        | 200,4          | 27,3            | 50                   | 0,37%                | 0,75%                       | SI     |
| 21                  | 19           | 1251        | 200,4          | 18,6            | 25                   | 0,50%                | 0,75%                       | SI     |
| 22                  | 19           | 1251        | 200,4          | 18,6            | 25                   | 0,50%                | 0,75%                       | SI     |
| 23                  | 10           | 1251        | 200,4          | 9,8             | 25                   | 0,26%                | 0,75%                       | SI     |

**Tabla 6. Dimensionado de cables de cajas de combinación**  
Fuente: Elaboración propia

El cableado de las 23 cajas de combinación que se conectarán a cada inversor estará formado por cables unipolares PV H1Z2Z2 1,5/1,5 (1,8) KV DC con aislamiento XLPE y conductor de cobre soterrados. Existen distintas secciones para las distintas cajas de combinación como muestra la anterior tabla.

Todos estos cálculos son los del inversor 1. Como los otros 4 inversores restantes tienen las mismas características de distribución que el inversor 1, los cálculos son iguales, tanto los cálculos de paneles hasta las cajas de combinación, como los cálculos de cajas de combinación hacia los inversores, por lo que no se van a representar.

## b. SECCIÓN DEL CABLEADO DE CORRIENTE ALTERNA

### - CABLEADO DE LA ESTACIÓN DE MW

El cálculo del lado de corriente alterna consistirá en dimensionar el cableado que saldrá de las estaciones transformadoras hasta el embarrado de media tensión situado en el Centro de Control. Para ello será necesario conocer los datos de salida de los transformadores de la estación:

El cable será de aluminio electrolítico de alta pureza, que es el material característico de un cable de media tensión

Los datos para dicho cálculo son los siguientes:

| CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS |              |       |
|-------------------------------|--------------|-------|
| Potencia máxima de salida     | 3450000 W    |       |
| Tensión nominal de salida     | 30 000 V     |       |
| Factor de potencia            | 1            |       |
| Cable enterrado (profundidad) | 1,50 metros  |       |
| Longitud del cable            | Estación 1   | 635 m |
|                               | Estación 2   | 855 m |
| Temperatura del terreno       | 25 °C        |       |
| Resistividad del terreno      | 0,80 W · m/W |       |

Tabla 7. Características constructivas de MT

Fuente: Elaboración propia

Expuestos los datos en la tabla anterior, se calculará la sección de cable necesaria para conectar el parque fotovoltaico a la red  
Para ello se utilizara la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

Siendo:

- P: potencia a inyectar
- U: tensión de línea
- I: intensidad nominal

Como necesito conocer la intensidad la expresión quedará del siguiente modo:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} \text{ de modo que } I = \frac{3\,450\,000\text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 30\,000\text{ V}} = 66,4\text{ A}$$

La siguiente tabla muestra la sección requerida para el cable XLPE de aluminio en función de la intensidad calculada:

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | EPR |     | XLPE |     | HEPR |     |
|----------------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|
|                            | Cu  | Al  | Cu   | Al  | Cu   | Al  |
| 25                         | 125 | 96  | 130  | 100 | 135  | 105 |
| 35                         | 145 | 115 | 155  | 120 | 160  | 125 |
| 50                         | 175 | 135 | 180  | 140 | 190  | 145 |
| 70                         | 215 | 165 | 225  | 170 | 235  | 180 |
| 95                         | 255 | 200 | 265  | 205 | 280  | 215 |
| 120                        | 290 | 225 | 300  | 235 | 320  | 245 |
| 150                        | 325 | 255 | 340  | 260 | 360  | 275 |
| 185                        | 370 | 285 | 380  | 295 | 405  | 315 |
| 240                        | 425 | 335 | 440  | 345 | 470  | 365 |
| 300                        | 480 | 375 | 490  | 390 | 530  | 410 |
| 400                        | 540 | 430 | 560  | 445 | 600  | 470 |

**Tabla 8. Sección requerida MT**

Fuente: ITC-LAT-06

Teniendo en cuenta esta tabla necesitaría una sección de 25 mm<sup>2</sup>. No obstante, el cálculo anterior está incompleto porque se han obviado ciertos factores de corrección que hay que tener en cuenta.

A continuación se corregirá la intensidad calculada, ya que el cable irá enterrado, por lo que habrá que tener en cuenta la profundidad y la temperatura del terreno. Por ello se emplearán las siguientes tablas:

Factores de corrección para profundidades de instalación distintas de 1 metro:

| Profundidad (m) | Cables enterrados de sección |                      | Cables bajo tubo de sección |                      |
|-----------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
|                 | ≤185 mm <sup>2</sup>         | >185 mm <sup>2</sup> | ≤185 mm <sup>2</sup>        | >185 mm <sup>2</sup> |
| 0,50            | 1,06                         | 1,09                 | 1,06                        | 1,08                 |
| 0,60            | 1,04                         | 1,07                 | 1,04                        | 1,06                 |
| 0,80            | 1,02                         | 1,03                 | 1,02                        | 1,03                 |
| 1,00            | 1,00                         | 1,00                 | 1,00                        | 1,00                 |
| 1,25            | 0,98                         | 0,98                 | 0,98                        | 0,98                 |
| 1,50            | 0,97                         | 0,96                 | 0,97                        | 0,96                 |
| 1,75            | 0,96                         | 0,94                 | 0,96                        | 0,95                 |
| 2,00            | 0,95                         | 0,93                 | 0,95                        | 0,94                 |
| 2,50            | 0,93                         | 0,91                 | 0,93                        | 0,92                 |
| 3,00            | 0,92                         | 0,89                 | 0,92                        | 0,91                 |

**Tabla 9. Factor de corrección de profundidad**

Fuente: ITC-LAT-06

Factores de corrección F, para temperatura del terreno:

| Temperatura °C Servicio Permanente $\theta_s$ | Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                               | 10                                          | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| 105                                           | 1,09                                        | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,83 |
| 90                                            | 1,11                                        | 1,07 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |
| 70                                            | 1,15                                        | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 |
| 65                                            | 1,17                                        | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |

**Tabla 10. Factor de corrección de temperatura**

Fuente: ITC-LAT-06

Factor de corrección para la resistividad del terreno distinta de 1,5 K.m/W:

| Tipo de instalación            | Sección del conductor mm <sup>2</sup> | Resistividad térmica del terreno, K.m/W |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                |                                       | 0,8                                     | 0,9  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3    |
| Cables directamente enterrados | 25                                    | 1,25                                    | 1,20 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,75 |
|                                | 35                                    | 1,25                                    | 1,21 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,75 |
|                                | 50                                    | 1,26                                    | 1,26 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,74 |
|                                | 70                                    | 1,27                                    | 1,22 | 1,17 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,74 |
|                                | 95                                    | 1,28                                    | 1,22 | 1,18 | 1,00 | 0,89 | 0,80 | 0,74 |
|                                | 120                                   | 1,28                                    | 1,22 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|                                | 150                                   | 1,28                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|                                | 185                                   | 1,29                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|                                | 240                                   | 1,29                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,73 |
|                                | 300                                   | 1,30                                    | 1,24 | 1,19 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,73 |
| 400                            | 1,30                                  | 1,24                                    | 1,19 | 1,00 | 0,88 | 0,79 | 0,73 |      |

**Tabla 11. Factor de corrección de resistividad**

Fuente: ITC-LAT-06

Se determina que los factores de corrección elegidos son los siguientes:

- Factor de profundidad: 0,97
- Factor de temperatura del terreno: 1
- Factor de resistividad del terreno para la sección calculada: 1,25

$$I_{\text{corregida}} = \frac{66,4}{0,97 \cdot 1 \cdot 1,25} = 54,76 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la anterior tabla de secciones, se necesitará una sección de 2mm<sup>2</sup>. Dicha sección soportará una intensidad máxima de 100<sup>a</sup>.

Cálculo de la sección por cortocircuito:

Para realizar este cálculo se ha tenido que solicitar la siguiente información a la compañía suministradora:

- Potencia de cortocircuito: 200MVA
- Tiempo de disparo de las protecciones: 0,3s

Se tendrá en cuenta la siguiente expresión:

$$S = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t_{cc}}}{K}$$

Siendo:

- $I_{cc}$  = corriente de cortocircuito
- $t_{cc}$  = duración del cortocircuito
- $k$  = coeficiente del tipo de conductor

Para conocer el coeficiente K, se empleará la siguiente tabla:

| Tipo de aislamiento               | $\Delta\theta^*$<br>(K) | Duración del cortocircuito, tcc, en segundos |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                   |                         | 0,1                                          | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| PVC:                              |                         |                                              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| sección ≤ 300 mm <sup>2</sup>     | 90                      | 240                                          | 170 | 138 | 107 | 98  | 76  | 62  | 53  | 48  | 43  |
| sección > 300 mm <sup>2</sup>     | 70                      | 215                                          | 152 | 124 | 96  | 87  | 68  | 55  | 48  | 43  | 39  |
| XLPE, EPR y HEPR                  | 160                     | 298                                          | 211 | 172 | 133 | 122 | 94  | 77  | 66  | 59  | 54  |
| HEPR U <sub>0</sub> /U ≤ 18/30 kV | 145                     | 281                                          | 199 | 162 | 126 | 115 | 89  | 73  | 63  | 56  | 51  |

De este modo se desarrolla la fórmula anteriormente descrita:

$$S = \frac{3849 A \cdot \sqrt{0,3s}}{172 A/mm^2} = 38,75 \text{ mm}^2$$

La sección superior disponible es 50 mm<sup>2</sup>.

Para elegir la sección adecuada se van a tener en cuenta las dos secciones calculadas en este apartado, siendo la sección de 50 mm<sup>2</sup> la que se va a escoger para el buen dimensionado de la instalación.

Por lo tanto las secciones que van a salir de la estación de MW hacia el embarrado situado en el centro de control tendrán una sección de 50 mm<sup>2</sup>. Serán cables unipolares de aluminio X-VOLT RHZ1 18/30KV y aislamiento XLPE.

## 10. CÁLCULO DE PROTECCIONES DE LOS EQUIPOS

### PUESTA A TIERRA

- Puesta a tierra del campo fotovoltaico

La puesta a tierra de cada inversor contará con dos puestas a tierra, una para el lado de corriente continua y otra para el lado de corriente alterna. La puesta a tierra estará formada por un conductor de cobre con sección de 25 mm<sup>2</sup> y aislamiento XLPE, con picas de 1,5 metros.

La resistencia de la tierra será de 80 Ω.

$$R = \frac{r}{n \cdot L} = 1,67 \text{ picas} \rightarrow 2 \text{ picas}$$

La puesta a tierra del campo fotovoltaico estará formada por 2 puestas a tierra con las características anteriormente descritas.

- Puesta a tierra de los inversores

La puesta a tierra de cada inversor contará con dos puestas a tierra, una para el lado de corriente continua y otra para el lado de corriente alterna. La puesta a tierra estará formada por un conductor de cobre con sección de 25 mm<sup>2</sup> y aislamiento XLPE, con picas de 1,5 metros.

La resistencia de la tierra será de 80 Ω.

$$R = \frac{r}{n \cdot L} = 1,67 \text{ picas} \rightarrow 2 \text{ picas}$$

La puesta a tierra del inversor estará formada por 2 puestas a tierra con las características anteriormente descritas.

Por lo tanto cada inversor contará con sus 2 picas de puesta a tierra correspondientes.

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**ANEJO N°7:**  
**PÉRDIDAS DE RENDIMIENTO DEL PARQUE  
FOTOVOLTAICO**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                    |   |
|----------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                              | 1 |
| 2. PÉRDIDAS DE CONEXIONADO (O MISMATCH) .....      | 1 |
| 3. PÉRDIDAS POR POLVO Y SUCIEDAD.....              | 2 |
| 4. PÉRDIDAS POR CAÍDAS ÓHMICAS.....                | 2 |
| 5. PÉRDIDAS POR TEMPERATURA.....                   | 3 |
| 6. PÉRDIDAS POR RENDIMIENTO DEL INVERSOR .....     | 4 |
| 7. PÉRDIDAS POR RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR..... | 5 |
| 8. PÉRDIDAS DE TRANSPORTE Y CONEXIÓN A RED.....    | 5 |
| 9. PÉRDIDAS POR DEGRADACIÓN .....                  | 6 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

Los paneles pueden experimentar ciertas pérdidas de rendimiento a lo largo de su vida útil. Esto supondrá una disminución de la producción energética y por consiguiente de beneficios. Hay ciertas pérdidas que son inevitables debido al paso del tiempo y el deterioro, pero otras dependen de la exactitud del dimensionamiento y factores humanos a la hora de tomar decisiones. Algunas de las principales causas de estas pérdidas son:

## 2. PÉRDIDAS DE CONEXIONADO (O MISMATCH)

Las pérdidas de conexión se refieren a las pérdidas que pueden ocurrir debido a la resistencia eléctrica en los cables, conectores y otros componentes utilizados para interconectar las placas solares.

Estas pérdidas de conexión pueden ser causadas por varios factores, como:

1. Resistencia del cableado. La resistencia eléctrica de los cables utilizados para conectar las placas solares puede generar pérdidas de energía. Cuanto mayor sea la longitud del cable y mayor sea su resistividad, mayores serán las pérdidas de conexión.
2. Conectores deficientes. Los conectores utilizados para unir los cables pueden introducir resistencia adicional, y por lo tanto, generar pérdidas de energía. La calidad y la correcta instalación de los conectores son fundamentales para minimizar estas pérdidas.
3. Mala conexión o deterioro. Si las conexiones entre los cables y las placas solares no se realizan correctamente o si se producen daños o corrosión en las conexiones, pueden generarse pérdidas adicionales debido a la resistencia no deseada en el sistema

Para minimizar las pérdidas de conexión en un sistema de placas solares, se deben seguir buenas prácticas de instalación, utilizar los cables adecuados con baja resistividad, asegurar conexiones firmes y de calidad, realizar inspecciones periódicas para detectar posibles problemas y realizar un mantenimiento adecuado del sistema en general. A demás, es recomendable utilizar diseños de sistemas que minimicen la distancia entre placas solares y el inversor para reducir la longitud del cableado y, por lo tanto, las pérdidas de conexión.

### **3. PÉRDIDAS POR POLVO Y SUCIEDAD**

Las pérdidas por polvo o suciedad en las placas solares son otro factor que puede reducir la eficiencia de generación de energía de un sistema fotovoltaico. La acumulación de polvo, suciedad, hojas u otros residuos en la superficie de los paneles puede bloquear la radiación solar y disminuir la cantidad de luz que llega a los materiales fotosensibles.

Estas pérdidas por polvo o suciedad pueden variar dependiendo de varios factores, como la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, la inclinación de los paneles solares y la calidad de mantenimiento del sistema. Se estima que la acumulación de suciedad de los paneles solares puede causar pérdidas de eficiencia alrededor del 5% al 10%, aunque este valor puede ser mayor en áreas con altos niveles de contaminación o acumulación de polvo.

Para minimizar estas pérdidas en los paneles solares, es importante realizar un mantenimiento regular. Algunas medidas a tener en cuenta son:

1. Limpieza periódica. Limpiar los paneles solares con agua y un detergente suave o utilizar métodos de limpieza automáticos diseñados para paneles solares.
2. Sistema de autolimpieza. Consiste en la instalación de sistemas de pulverización de agua o el uso de cepillos automáticos para eliminar la suciedad.
3. Inclinación adecuada. Asegurarse de que los paneles o solares tengan la correcta inclinación que permita que la lluvia pueda lavar de forma natural parte de la suciedad.
4. Mantenimiento regular: realizar inspecciones periódicas para detectar posibles acumulaciones de suciedad y tomar las medidas necesarias para su limpieza. Estas acciones de mantenimiento también son importantes para detectar posibles daños en los paneles.

Es importante tener en cuenta que la limpieza excesiva o el uso de productos químicos agresivos pueden dañar la superficie de los paneles solares, por lo que es recomendable seguir las recomendaciones del fabricante y consultar a un profesional si es necesario.

### **4. PÉRDIDAS POR CAÍDAS ÓHMICAS**

Las pérdidas por caídas óhmicas en los paneles solares se deben a la resistencia eléctrica inherente en los materiales de los paneles y en las conexiones eléctricas

entre ellos. Estas pérdidas se producen debido a la conversión de energía eléctrica en calor, debido al paso de corriente a través de una resistencia.

Las pérdidas óhmicas pueden tener varios efectos en la eficiencia del sistema fotovoltaico:

1. Pérdida de voltaje. La resistencia eléctrica en los paneles solares y las conexiones puede generar una caída de voltaje a lo largo del circuito eléctrico. Esto puede suponer una reducción de la tensión disponible para utilizar en el sistema.
2. Pérdida de potencia. Las caídas óhmicas pueden provocar una pérdida de potencia del sistema. Cuando la corriente pasa a través de una resistencia, parte de la energía se disipa en forma de calor en lugar de ser convertida en energía utilizable.
3. Aumento de la temperatura. Estas pérdidas pueden generar un aumento en la temperatura de los componentes del sistema. Esto puede afectar negativamente a la eficiencia de los paneles, como se ha mencionado anteriormente.

Para minimizar las pérdidas óhmicas, se deben tomar medidas como utilizar cables y conexiones de baja resistividad, diseñar sistemas con dimensiones adecuadas para minimizar las distancias de cableado y asegurar una instalación correcta y sólida de los paneles y conexiones. Además es importante realizar un seguimiento y mantenimiento regular del sistema para detectar y corregir problemas de resistencia y así garantizar un rendimiento óptimo del sistema.

## **5. PÉRDIDAS POR TEMPERATURA**

Las pérdidas por temperatura en placas solares, también conocidas como pérdidas térmicas, son una disminución de la eficiencia de generación de energía de los paneles solares debido al aumento de la temperatura de funcionamiento.

Cuando la temperatura de los paneles solares aumenta, se produce una reducción en la eficiencia de conversión de la radiación solar en electricidad, debido a que el rendimiento de los semiconductores utilizados en los paneles solares disminuye a medida que se calientan.

Las pérdidas por temperatura pueden variar dependiendo de varios factores, como la ubicación geográfica, la intensidad de la radiación solar, el diseño del panel solar y la calidad del material utilizado. Por lo general se estima que por cada grado Celsius de aumento en temperatura de los paneles solares se produce una disminución de aproximadamente de un 0,4% a 0,8% en la eficiencia de generación de energía.

Para mitigar las pérdidas por temperatura, se pueden implementar medidas como la ventilación adecuada de los paneles solares para facilitar la disipación de calor, o el uso de materiales y tecnologías de fabricación que minimicen el calentamiento y reducir la temperatura de funcionamiento de los paneles.

## **6. PÉRDIDAS POR RENDIMIENTO DEL INVERSOR**

Las pérdidas por rendimiento del inversor en un sistema de paneles solares se refieren a las pérdidas de eficiencia que pueden ocurrir durante la conversión de la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC) utilizable para el uso en los sistemas eléctricos convencionales.

Como se ha comentado en el apartado “9. Elementos del sistema fotovoltaico” de la memoria, el inversor es un componente clave en un sistema fotovoltaico, ya que es el responsable de convertir la energía generada por los paneles solares en una forma de energía que pueda ser utilizada por los dispositivos y equipos eléctricos en el hogar o en otros lugares. Sin embargo, este proceso de conversión no es perfecto y puede haber pérdidas de eficiencia asociadas con el rendimiento del inversor.

Las pérdidas por rendimiento del inversor pueden deberse a varios factores:

1. Pérdidas de conversión. Durante la conversión de corriente continua a alterna se producen pequeñas pérdidas en forma de calor debido a la resistencia eléctrica y otros fenómenos físicos del inversor.
2. Pérdidas por voltaje de entrada y salida. El inversor tiene un rango de voltaje de entrada y salida específico. Si el voltaje de entrada está por debajo o por encima de este rango pueden producirse pérdidas debido a la falta de aprovechamiento óptimo de la energía generada por los paneles.
3. Pérdidas por carga y descarga. Algunos inversores tienen una capacidad limitada para manejar cambios rápidos en la carga y descarga de energía. Si el sistema experimenta fluctuaciones de carga bruscas, el inversor puede no responder de manera óptima, lo que producirá pérdidas de eficiencia.

Para minimizar las pérdidas por rendimiento del inversor, es importante seleccionar un inversor de alta calidad y eficiencia que se adapte correctamente al sistema de placas solares. También se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante para la instalación y configuración del inversor, así como realizar un monitoreo regular del rendimiento del sistema para identificar y solucionar cualquier problema relacionado con el inversor.

## 7. PÉRDIDAS POR RENDIMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Las pérdidas en el transformador se refieren a las pérdidas de energía que ocurren durante el proceso de transformación de la corriente alterna a un nivel de voltaje adecuado para su vertido a la red eléctrica.

Algunas pérdidas comunes son:

1. Pérdidas por resistencia. Son causadas por la resistencia eléctrica de los devanados y núcleo del transformador. esta resistencia provoca la generación de calor y por lo tanto la disipación de parte de la energía.
2. Pérdidas magnéticas. Son causadas por la excitación y desmagnetización del núcleo del transformador. Ocurre por las corrientes magnetizantes y corrientes parásitas que se generan en el núcleo magnético.

Para minimizar las pérdidas se recomienda utilizar un transformador de calidad y bien dimensionado, de modo que cumpla con los estándares técnicos y de eficiencia. También será importante un monitoreo del rendimiento para asegurar un funcionamiento eficiente y minimizar las pérdidas.

## 8. PÉRDIDAS DE TRANSPORTE Y CONEXIÓN A RED

Las pérdidas de transporte y conexión a la red se refieren a las pérdidas de energía que pueden ocurrir durante el transporte de la electricidad generada por los paneles solares hasta el punto de conexión a la red eléctrica convencional.

Estas pérdidas se corresponden principalmente a

Pérdidas en el cableado. Cuanto mayor sea la distancia entre los paneles y el punto de conexión a red, mayores serán las pérdidas debido a la resistencia eléctrica en los cables utilizados para el transporte de la electricidad. Estas pérdidas pueden ser especialmente significativas en sistemas de gran escala o en áreas geográficas dispersas.

Para minimizar las pérdidas de transporte y conexión a red, es conveniente:

- Utilizar cables de alta calidad y de baja resistividad
- Diseñar el sistema de manera que el punto de conexión a red esté lo más próximo posible al sistema de paneles.
- Utilizar dispositivos de conversión eficientes y bien dimensionados

- Realizar inspecciones y mantenimiento regular para asegurarse de que las conexiones estén en buen estado y funcionando correctamente.

## 9. PÉRDIDAS POR DEGRADACIÓN

Las pérdidas por degradación en los paneles solares se refieren a la disminución gradual de la eficiencia y la producción de energía a lo largo del tiempo debido a factores como el envejecimiento, la exposición a factores ambientales adversos y otros efectos relacionados con la operación a largo plazo.

Existen varios factores a tener en cuenta:

1. Degradación química. Los materiales semiconductores pueden sufrir degradación química debido a la exposición a la humedad, altas temperaturas, luz ultravioleta y sustancias químicas presentes en el aire.
2. Degradación térmica. Las altas temperaturas pueden acelerar la degradación de los paneles, provocando la descomposición de los materiales y el deterioro de las propiedades eléctricas de los paneles.
3. Efecto PID (Potencial Inducido por Degradación). Es un fenómeno por el que se acumulan cargas eléctricas no deseadas en los paneles, causadas por diferencias de potencial entre los componentes internos del panel y su entorno.
4. Desgaste mecánico. Los paneles pueden experimentar desgaste mecánico provocando daños estructurales, debido a condiciones climáticas extremas, vibraciones, impacto o deterioro físico con el tiempo.

La degradación de los paneles es un proceso natural y se espera cierta disminución en su eficiencia con el tiempo. Sin embargo, el nivel de degradación varía según la calidad de los paneles solares, condiciones de la instalación, cuidado y mantenimiento.

Tras mencionar y describir el conjunto de pérdidas se han determinado unas pérdidas del 12%.

**ANEJO N°8:**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS**



## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

1. FICHA TÉCNICA DE PANELES FOTOVOLTAICOS
2. FICHA TÉCNICA DE CAJAS DE COMBINACIÓN
3. FICHA TÉCNICA DE INVERSORES
4. FICHA TÉCNICA DE ESTACIÓN DE MW
5. FICHA TÉCNICA DE ESTRUCTURAS DE MONTAJE

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## DEEP BLUE 3.0

**Mono**

505W MBB Half-cell Module  
JAM66S30 480-505/MR Series

### Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

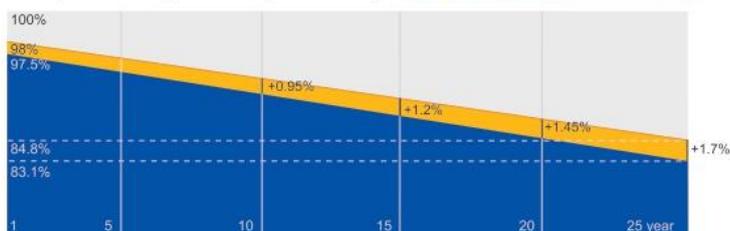


Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation  
Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

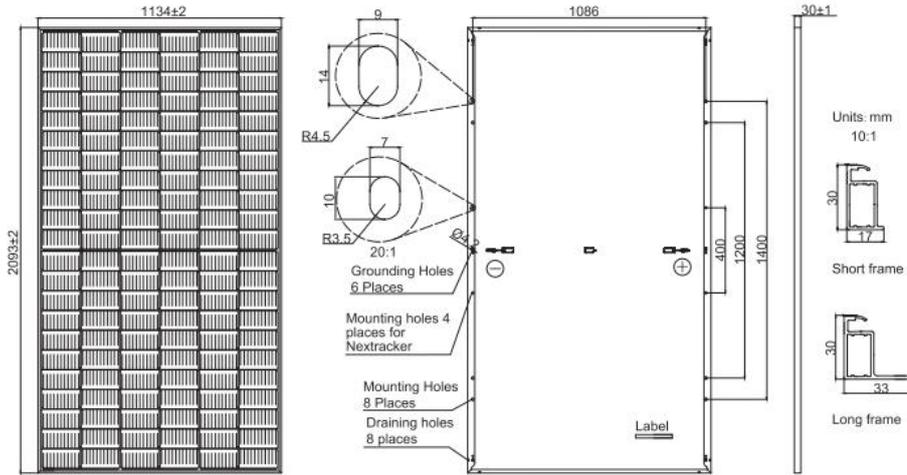
### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



MECHANICAL DIAGRAMS

SPECIFICATIONS



|                                    |                                                                |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Cell                               | Mono                                                           |
| Weight                             | 26.3kg                                                         |
| Dimensions                         | 2093±2mm×1134±2mm×30±1mm                                       |
| Cable Cross Section Size           | 4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)                            |
| No. of cells                       | 132(6×22)                                                      |
| Junction Box                       | IP68, 3 diodes                                                 |
| Connector                          | MC4-EVO2/QC 4.10-35                                            |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait: 200mm(+)/300mm(-);<br>Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-) |
| Packaging Configuration            | 36pcs/Pallet<br>792pcs/40HQ Container                          |

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE                                               | JAM66S30<br>-480/MR                                             | JAM66S30<br>-485/MR | JAM66S30<br>-490/MR | JAM66S30<br>-495/MR | JAM66S30<br>-500/MR | JAM66S30<br>-505/MR |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Maximum Power(Pmax) [W]                      | 480                                                             | 485                 | 490                 | 495                 | 500                 | 505                 |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V]                      | 45.07                                                           | 45.20               | 45.33               | 45.46               | 45.59               | 45.72               |
| Maximum Power Voltage(Vmp) [V]                     | 37.62                                                           | 37.81               | 37.99               | 38.17               | 38.35               | 38.53               |
| Short Circuit Current(Isc) [A]                     | 13.65                                                           | 13.72               | 13.79               | 13.86               | 13.93               | 14.00               |
| Maximum Power Current(Imp) [A]                     | 12.76                                                           | 12.83               | 12.90               | 12.97               | 13.04               | 13.11               |
| Module Efficiency [%]                              | 20.2                                                            | 20.4                | 20.6                | 20.9                | 21.1                | 21.3                |
| Power Tolerance                                    | 0~+5W                                                           |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )  | +0.045%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )  | -0.275%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> ) | -0.350%/°C                                                      |                     |                     |                     |                     |                     |
| STC                                                | Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G |                     |                     |                     |                     |                     |

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

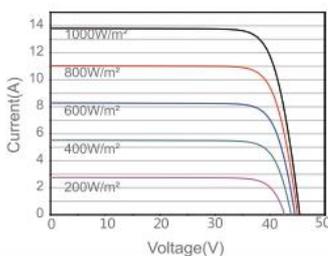
ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

OPERATING CONDITIONS

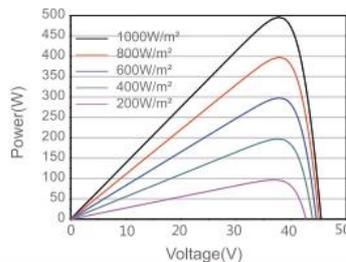
| TYPE                                                                                                           | JAM66S30<br>-480/MR                                                                | JAM66S30<br>-485/MR | JAM66S30<br>-490/MR | JAM66S30<br>-495/MR | JAM66S30<br>-500/MR | JAM66S30<br>-505/MR | Maximum System Voltage      | 1000V/1500V DC                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Rated Max Power(Pmax) [W]                                                                                      | 363                                                                                | 367                 | 370                 | 374                 | 378                 | 382                 | Operating Temperature       | -40°C ~ +85°C                  |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V]                                                                                  | 42.15                                                                              | 42.30               | 42.43               | 42.58               | 42.72               | 42.86               | Maximum Series Fuse Rating  | 25A                            |
| Max Power Voltage(Vmp) [V]                                                                                     | 35.54                                                                              | 35.67               | 35.76               | 35.84               | 35.93               | 36.02               | Maximum Static Load, Front* | 5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> ) |
| Short Circuit Current(Isc) [A]                                                                                 | 10.99                                                                              | 11.06               | 11.13               | 11.20               | 11.27               | 11.34               | Maximum Static Load, Back*  | 2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )  |
| Max Power Current(Imp) [A]                                                                                     | 10.21                                                                              | 10.28               | 10.36               | 10.44               | 10.52               | 10.60               | NOCT                        | 45±2°C                         |
| NOCT                                                                                                           | Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G |                     |                     |                     |                     |                     | Safety Class                | Class II                       |
| *For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa. |                                                                                    |                     |                     |                     |                     |                     | Fire Performance            | UL Type 1                      |

CHARACTERISTICS

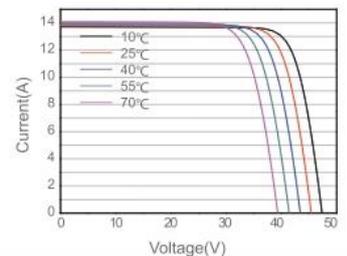
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



## SIMPLE AND SAFE CONNECTION OF PHOTOVOLTAIC STRINGS, 1500 V, WITH CURRENT DETECTION

### M12 / M16 / M18 / M20 / M24 / M32

The new INGECON® SUN StringBox M is a device for measuring each PV generator string current and detecting defective string current through INGECON® SUN Manager software, INGECON® SUN SCADA and/or other monitoring system. String currents can be monitored through the RS485 serial port.

The new INGECON® SUN StringBox M is a cost-effective PV string monitoring box series designed for central inverter-based PV systems. The INGECON® SUN StringBox M features efficient input and output DC wiring with fully rated DC disconnect switches for safe maintenance.

#### A complete range of equipment for all types of projects

Available in models ranging from 12 to 32 inputs and 1,500 V max. DC voltage, the INGECON® SUN StringBox M provide the maximum flexibility and expandability in system design. The compact and rugged IP65 enclosure is designed for installation in outdoor environments, such as roof-mounted systems and large-scale solar farms.

#### Maximum protection

The INGECON® SUN StringBox M is an intelligent combiner box and are equipped with touch-safe DC fuse holders, DC fuses, lightning induced DC surge arresters and load disconnect switch.

#### PROTECTIONS

- Up to 32 pairs of DC fuses.
- Available fuses: 10A, 12A, 15A, 16A, 20A, 25A, 30A, 32A (15A standard).
- Lightning induced DC surge arresters, type 2.
- Manual DC isolating switch.

#### OPTIONAL ACCESSORIES

- Lightning induced DC surge arresters, type 1+2.
- Pole mounting kit.
- PV connectors.

#### MAIN FEATURES

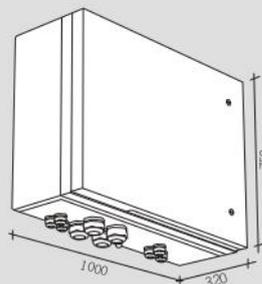
- Built to minimize system costs by providing the maximum flexibility.
- RS485 serial port for currents monitoring
- On-board temperature sensor
- Supervision of the DC isolating switch and SPD protection
- One analog input for external RTD
- Available in 12, 16, 18, 20, 24, 32 inputs versions.
- Rated for 1,500 Vdc maximum voltage.
- Simplifies input and output wiring.
- Capability to connect up to 2 DC output cables per polarity (only for 12 and 16 inputs).
- IP65 protection rating.
- Maximum protection to corrosion and pollution thanks to the isolating polyester enclosure reinforced with fiberglass.



|                                        | 1,500 V                                                                                                                            |                        |                        |                        |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                                        | StringBox M 12                                                                                                                     | StringBox M 12B        | StringBox M 16         | StringBox M 16B        |
| <b>Input</b>                           |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Maximum number of input strings        | 12 / 24 <sup>(1)</sup>                                                                                                             | 12 / 24 <sup>(1)</sup> | 16 / 32 <sup>(1)</sup> | 16 / 32 <sup>(1)</sup> |
| Max. number of measurable inputs       | 12                                                                                                                                 | 12                     | 16                     | 16                     |
| Maximum current per input (A)          | 12 / 24                                                                                                                            | 12 / 24                | 12 / 24                | 12 / 24                |
| Number of protection fuses             | 12                                                                                                                                 | 24                     | 16                     | 32                     |
| Type of fuses                          | gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA                                                                                                       |                        |                        |                        |
| Maximum DC voltage                     | 1,500 Vdc                                                                                                                          |                        |                        |                        |
| Cable inlet                            | M40 cable glands (n.4 cables entry diameter: 6 to 10 mm for each cable gland)                                                      |                        |                        |                        |
| Inlet connections                      | Direct connection to fuse holders or distribution bar, wiring gauge 1.5 to 16 mm <sup>2</sup>                                      |                        |                        |                        |
| <b>Output</b>                          |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Rated total current (A) <sup>(2)</sup> | 144 / 288                                                                                                                          | 144 / 288              | 192 / 384              | 192 / 384              |
| Cable outlet                           | Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 27 to 35 mm)                                                                    |                        |                        |                        |
| Outlet connections                     | Direct connection on copper plates, wiring gauge up to 2 x 240 mm <sup>2</sup> per pole                                            |                        |                        |                        |
| DC switch disconnect rating (A)        | 315 / 400                                                                                                                          | 315 / 400              | 315 / 400              | 315 / 400              |
| <b>SPD</b>                             |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Type                                   | Type 1 (optional: Type 1+2)                                                                                                        |                        |                        |                        |
| Grounding connection                   | M20 cable gland (cable diameter: 7 to 13 mm, wiring gauge 2.5 to 35 mm <sup>2</sup> )                                              |                        |                        |                        |
| <b>Communication</b>                   |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Type                                   | RS485, 3 wires (A, B and GND)                                                                                                      |                        |                        |                        |
| Protocol                               | Modbus RTU                                                                                                                         |                        |                        |                        |
| Connection                             | 2 x M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                      |                        |                        |                        |
| <b>Others</b>                          |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Digital inputs                         | Two digital inputs already linked to the auxiliary contact of DC isolating switch and to the surge protection device fault contact |                        |                        |                        |
| Analogue inputs                        | One analog input for one external RTD, precision: higher than 1.5%                                                                 |                        |                        |                        |
| Analogue inputs connection             | M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                          |                        |                        |                        |
| Current measurement sensors            | One sensor for each input, maximum 25 A, accuracy 0.3%                                                                             |                        |                        |                        |
| On-board sensor                        | One on-board sensor for internal box temperature measurement                                                                       |                        |                        |                        |
| <b>General Information</b>             |                                                                                                                                    |                        |                        |                        |
| Enclosure type                         | Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)                                                             |                        |                        |                        |
| Protection rating                      | IP65                                                                                                                               |                        |                        |                        |
| Impact strength                        | IK10                                                                                                                               |                        |                        |                        |
| Operating temperature range            | -20 °C to +55 °C                                                                                                                   |                        |                        |                        |
| Relative humidity (non-condensing)     | 0 to 95%                                                                                                                           |                        |                        |                        |
| Maximum altitude <sup>(3)</sup>        | 2,000 m a.s.l.                                                                                                                     |                        |                        |                        |
| DC switch handle                       | Internal, lockable in open position                                                                                                |                        |                        |                        |
| Consumption (W)                        | 9.5                                                                                                                                |                        | 9.5                    |                        |
| Size (mm)                              | 1000 x 750 x 320 (W x H x D)                                                                                                       |                        |                        |                        |
| Weight (kg)                            | 39                                                                                                                                 | 41                     | 41                     | 43                     |
| Marking                                | CE                                                                                                                                 |                        |                        |                        |
| EMC and Safety standards               | EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, IEC 60364-7-712                                                                                        |                        |                        |                        |
| LV Switchgear standards                | IEC 61439-1, IEC 61439-2, AS/NZS 61439-2, AS/NZS 5033                                                                              |                        |                        |                        |
| Electric shock protection              | Class II equipment                                                                                                                 |                        |                        |                        |

**Notes:** <sup>(1)</sup> With external over-molding in line fuses and branch connectors <sup>(2)</sup> Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55 °C <sup>(3)</sup> Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

**Size (mm)**

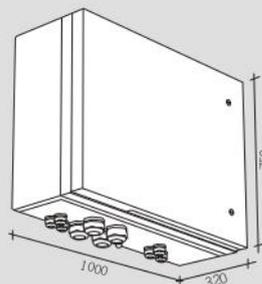


- M 12**  
39 kg.
- M 12B**  
41 kg.
- M 16**  
41 kg.
- M 16B**  
43 kg.

|                                      | 1,500 V                                                                                                                            |                              |                             |                              |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                      | StringBox M 18                                                                                                                     | StringBox M 18B              | StringBox M 20              | StringBox M 20B              |
| <b>Input</b>                         |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Maximum number of input strings      | 18                                                                                                                                 | 18                           | 20                          | 20                           |
| Maximum current per inputs           | 18                                                                                                                                 | 18                           | 20                          | 20                           |
| Maximum current per input (A)        | 12                                                                                                                                 | 12                           | 12                          | 12                           |
| Number of protection fuses           | 18                                                                                                                                 | 36                           | 20                          | 40                           |
| Type of fuses                        | gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA                                                                                                       |                              |                             |                              |
| Maximum DC voltage                   | 1,500 Vdc                                                                                                                          |                              |                             |                              |
| Cable inlet                          | M40 cable glands (n.4 cables entry diameter: 6 to 10 mm for each cable gland)                                                      |                              |                             |                              |
| Inlet connections                    | Direct connection to fuse holders or distribution bar, wiring gauge 1.5 to 16 mm <sup>2</sup>                                      |                              |                             |                              |
| <b>Output</b>                        |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Rated total current (A) <sup>1</sup> | 216                                                                                                                                | 216                          | 240                         | 240                          |
| Cable outlet                         | Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 27 to 35 mm)                                                                    |                              |                             |                              |
| Outlet connections                   | Direct connection on copper plates, wiring gauge up to 2 x 240 mm <sup>2</sup> per pole                                            |                              |                             |                              |
| DC switch disconnect rating (A)      | 400                                                                                                                                | 400                          | 400                         | 400                          |
| <b>SPD</b>                           |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Type                                 | Type 1 (optional: Type 1+2)                                                                                                        |                              |                             |                              |
| Grounding connection                 | M20 cable gland (cable diameter: 7 to 13 mm, wiring gauge 2.5 to 35 mm <sup>2</sup> )                                              |                              |                             |                              |
| <b>Communication</b>                 |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Type                                 | RS485, 3 wires (A, B and GND)                                                                                                      |                              |                             |                              |
| Protocol                             | Modbus RTU                                                                                                                         |                              |                             |                              |
| Connection                           | 2 x M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                      |                              |                             |                              |
| <b>Others</b>                        |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Digital inputs                       | Two digital inputs already linked to the auxiliary contact of DC isolating switch and to the surge protection device fault contact |                              |                             |                              |
| Analogue inputs                      | One analog input for one external RTD, precision: higher than 1.5%                                                                 |                              |                             |                              |
| Analogue inputs connection           | M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                          |                              |                             |                              |
| Current measurement sensors          | One sensor for each input, maximum 25 A, accuracy 0.3%                                                                             |                              |                             |                              |
| On-board sensor                      | One on-board sensor for internal box temperature measurement                                                                       |                              |                             |                              |
| <b>General Information</b>           |                                                                                                                                    |                              |                             |                              |
| Enclosure type                       | Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)                                                             |                              |                             |                              |
| Protection rating                    | IP65                                                                                                                               |                              |                             |                              |
| Impact strength                      | IK10                                                                                                                               |                              |                             |                              |
| Operating temperature range          | -20 °C to +55 °C                                                                                                                   |                              |                             |                              |
| Relative humidity (non-condensing)   | 0 to 95%                                                                                                                           |                              |                             |                              |
| Maximum altitude <sup>2</sup>        | 2,000 m a.s.l.                                                                                                                     |                              |                             |                              |
| DC switch handle                     | Internal, lockable in open position                                                                                                |                              |                             |                              |
| Consumption (W)                      | 9.5                                                                                                                                |                              |                             |                              |
| Size (mm)                            | 1000 x 750x 320 (W x H x D)                                                                                                        | 1250 x 750 x 320 (W x H x D) | 1000 x 750x 320 (W x H x D) | 1250 x 750 x 320 (W x H x D) |
| Weight (kg)                          | 41                                                                                                                                 | 51                           | 41                          | 51                           |
| Marking                              | CE                                                                                                                                 |                              |                             |                              |
| EMC and Safety standards             | EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, IEC 60364-7-712                                                                                        |                              |                             |                              |
| LV Switchgear standards              | IEC 61439-1, IEC 61439-2, AS/NZS 61439-2, AS/NZS 5033                                                                              |                              |                             |                              |
| Electric shock protection            | Class II equipment                                                                                                                 |                              |                             |                              |

Notes: <sup>1</sup> Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55 °C. <sup>2</sup> Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

**Size** (mm)

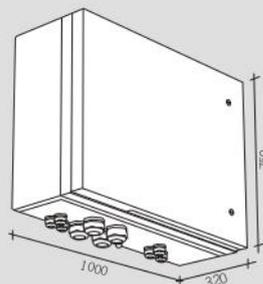


- M 18**  
41 kg.
- M 18B**  
51 kg.
- M 20**  
41 kg.
- M 20B**  
51 kg.

|                                        | 1,500 V                                                                                                                            |                 |                              |                 |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
|                                        | StringBox M 24                                                                                                                     | StringBox M 24B | StringBox M 32               | StringBox M 32B |
| <b>Input</b>                           |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Maximum number of input strings        | 24                                                                                                                                 | 24              | 32                           | 32              |
| Maximum current per inputs             | 24                                                                                                                                 | 24              | 32                           | 32              |
| Maximum current per input (A)          | 12                                                                                                                                 | 12              | 12                           | 12              |
| Number of protection fuses             | 24                                                                                                                                 | 48              | 32                           | 64              |
| Type of fuses                          | gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA                                                                                                       |                 |                              |                 |
| Maximum DC voltage                     | 1,500 Vdc                                                                                                                          |                 |                              |                 |
| Cable inlet                            | M40 cable glands (n.4 cables entry diameter: 6 to 10 mm for each cable gland)                                                      |                 |                              |                 |
| Inlet connections                      | Direct connection to fuse holders or distribution bar, wiring gauge 1.5 to 16 mm <sup>2</sup>                                      |                 |                              |                 |
| <b>Output</b>                          |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Rated total current (A) <sup>(1)</sup> | 288                                                                                                                                | 288             | 384                          | 384             |
| Cable outlet                           | Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 27 to 35 mm)                                                                    |                 |                              |                 |
| Outlet connections                     | Direct connection on copper plates, wiring gauge up to 2 x 240 mm <sup>2</sup> per pole                                            |                 |                              |                 |
| DC switch disconnect rating (A)        | 400                                                                                                                                | 400             | 400                          | 400             |
| <b>SPD</b>                             |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Type                                   | Type 1 (optional: Type 1+2)                                                                                                        |                 |                              |                 |
| Grounding connection                   | M20 cable gland (cable diameter: 7 to 13 mm, wiring gauge 2.5 to 35 mm <sup>2</sup> )                                              |                 |                              |                 |
| <b>Communication</b>                   |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Type                                   | RS485, 3 wires (A, B and GND)                                                                                                      |                 |                              |                 |
| Protocol                               | Modbus RTU                                                                                                                         |                 |                              |                 |
| Connection                             | 2 x M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                      |                 |                              |                 |
| <b>Others</b>                          |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Digital inputs                         | Two digital inputs already linked to the auxiliary contact of DC isolating switch and to the surge protection device fault contact |                 |                              |                 |
| Analogue inputs                        | One analog input for one external RTD, precision: higher than 1.5%                                                                 |                 |                              |                 |
| Analogue inputs connection             | M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm, wiring gauge 0.34 to 2.5 mm <sup>2</sup> )                                          |                 |                              |                 |
| Current measurement sensors            | One sensor for each input, maximum 25 A, accuracy 0.3%                                                                             |                 |                              |                 |
| On-board sensor                        | One on-board sensor for internal box temperature measurement                                                                       |                 |                              |                 |
| <b>General Information</b>             |                                                                                                                                    |                 |                              |                 |
| Enclosure type                         | Outdoor use, insulating cabinet (polyester reinforced with fiberglass)                                                             |                 |                              |                 |
| Protection rating                      | IP65                                                                                                                               |                 |                              |                 |
| Impact strength                        | IK10                                                                                                                               |                 |                              |                 |
| Operating temperature range            | -20 °C to +55 °C                                                                                                                   |                 |                              |                 |
| Relative humidity (non-condensing)     | 0 to 95%                                                                                                                           |                 |                              |                 |
| Maximum altitude <sup>(2)</sup>        | 2,000 m a.s.l.                                                                                                                     |                 |                              |                 |
| DC switch handle                       | Internal, lockable in open position                                                                                                |                 |                              |                 |
| Consumption (W)                        | 9.5                                                                                                                                |                 | 10.5                         |                 |
| Size (mm)                              | 1000 x 750 x 320 (W x H x D)                                                                                                       |                 | 1250 x 750 x 320 (W x H x D) |                 |
| Weight (kg)                            | 42                                                                                                                                 | 52              | 50                           | 55              |
| Marking                                | CE                                                                                                                                 |                 |                              |                 |
| EMC and Safety standards               | EN 61000-6-4, EN 61000-6-2, IEC 60364-7-712                                                                                        |                 |                              |                 |
| LV Switchgear standards                | IEC 61439-1, IEC 61439-2, AS/NZS 61439-2, AS/NZS 5033                                                                              |                 |                              |                 |
| Electric shock protection              | Class II equipment                                                                                                                 |                 |                              |                 |

Notes: <sup>(1)</sup> Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55 °C. <sup>(2)</sup> Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

**Size** (mm)



- M 24**  
42 kg.
- M 24B**  
52 kg.
- M 32**  
50 kg.
- M 32B**  
55 kg.

**INVERSOR  
SOLAR CON UNA  
ESTABILIDAD  
TÉRMICA SUPERIOR  
Y UNA MAYOR  
DENSIDAD DE  
POTENCIA**

## Hasta 3,8 MVA con tecnología de 1.500 V

### Mayor densidad de potencia

Este inversor solar, único en su categoría, alcanza una densidad de potencia de 492 kVA/m<sup>3</sup>, proporcionando hasta 3.825 kVA en un único bloque de potencia.

### Electrónica de potencia de última generación

El INGECON® SUN 3Power serie C presenta una novedosa unidad de control que despliega un control del inversor más sofisticado y eficiente, gracias al uso de un procesador de señales digitales de última generación.

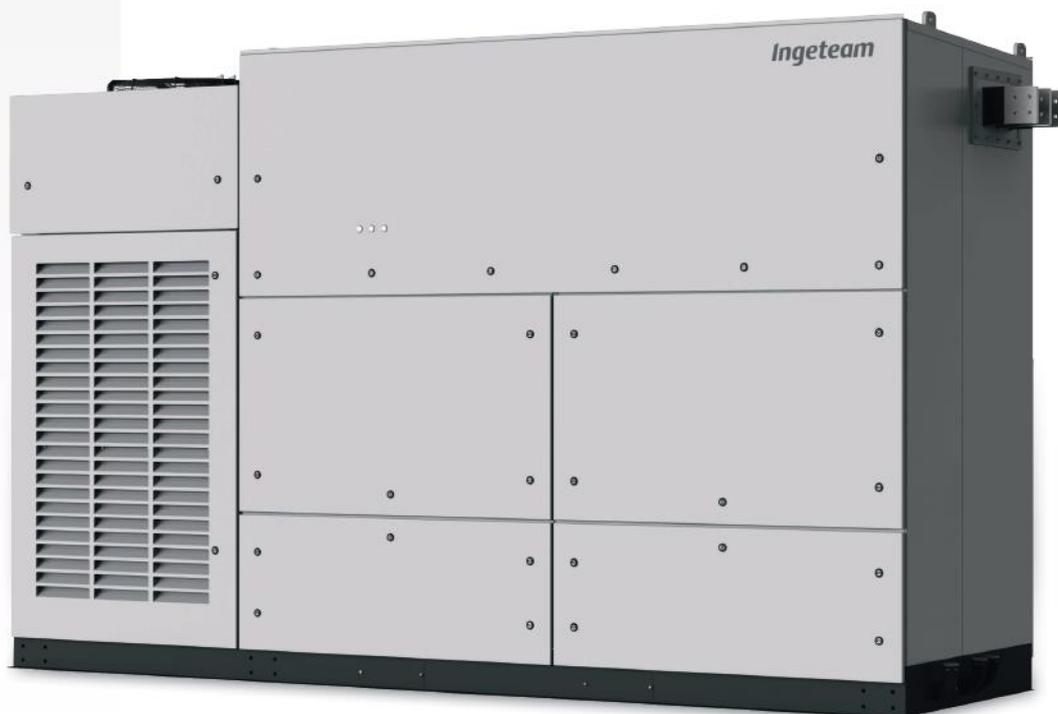
### Liquid Cooling System (LCS)

Ingeteam ha suministrado en todo el mundo +52 GW de convertidores eólicos refrigerados por agua. Este sistema ofrece una estabilidad térmica superior y un uso de componentes más optimizado. El LCS ha sido diseñado para refrigerar los IGBTs, las fases y el compartimento IP65. Tiene menores componentes móviles, así que consume una menor cantidad de energía y necesita menos mantenimiento.

El LCS es un circuito cerrado suministrado totalmente lleno y purgado, equipado con conectores rápidos y un sistema anti-goteo, eliminando todo riesgo al ingreso de partículas. Ha sido diseñado para evitar sifones de forma que sea fácil de purgar en caso necesario. El líquido refrigerante es una mezcla de agua y glicol biodegradable. No es necesario vaciar el sistema de refrigeración LCS para cambiar las fases ni los sensores.

### Protección IP65

La mayor parte del inversor tiene un grado de protección IP65. El aire de dicho compartimento se refrigera mediante un segundo sistema de refrigeración por agua con su propio intercambiador aire-agua. Este compartimento contiene la electrónica de potencia y de control, los fusibles DC, las protecciones DC y AC, las fases y las pletinas.



**Monitorización y comunicación**

Integra una entrada dual de Ethernet para comunicarse con el SCADA y el control de planta (PPC: power plant controller). Además, presenta comunicación Wi-Fi como punto de acceso para comunicarse con el inversor durante las tareas de puesta en marcha y O&M. Los sistemas de monitorización avanzada de Ingeteam INGECON® SUN Manager e INGECON® SUN Monitor también están disponibles sin coste adicional. La aplicación móvil del INGECON® SUN Monitor (disponible en la App Store y en Play Store) convierte la monitorización de la planta FV en una experiencia más cómoda y sencilla para el usuario.

**Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años.**

**Soporte de red avanzado**



Low Voltage Ride Through



Fast Frequency Regulation



Reactive Power at Night



Voltage Droop Control



Active Power Reserve Without Batteries



Grid Following & Grid Forming



Black Start Capability



Automatic Voltage Regulation

**PROTECCIONES**

- Polarización inversa DC.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Vigilante de aislamiento DC.
- Hasta 24 pares de porta-fusibles.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC y AC, tipo II.
- Interruptor DC motorizado para desconectar el inversor del campo FV.
- Seccionador magneto-térmico AC motorizado.
- Protección del hardware vía firmware.
- Protección adicional para la electrónica de potencia, gracias a un circuito cerrado de ventilación.

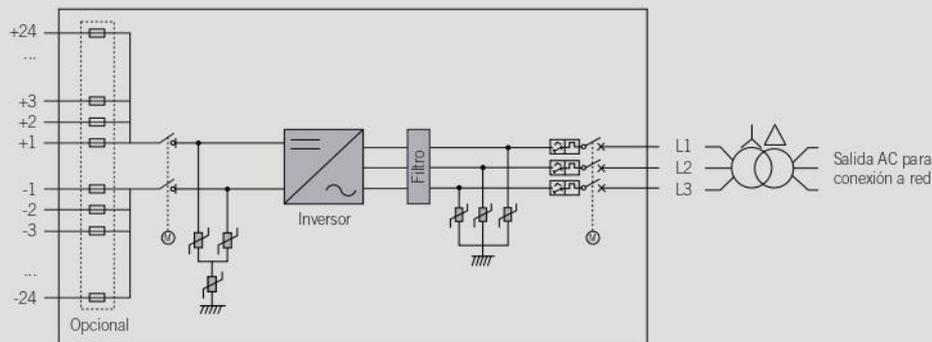
**ACCESORIOS OPCIONALES**

- Kit para alimentar servicios auxiliares.
- Kit de puesta a tierra.
- Kit para trabajar hasta -30 °C de temperatura ambiente.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas DC, tipo I+II.
- Descargadores de sobretensiones atmosféricas AC, tipo I+II.
- Fusibles DC.
- Monitorización de las corrientes de agrupación de la entrada DC.
- Kit despolarizador nocturno (previene el PID: Potential Induced Degradation).

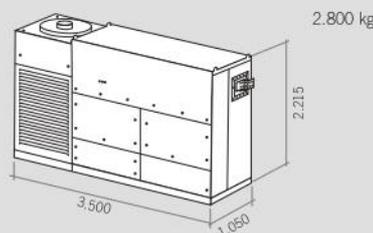
**LIQUID COOLING SYSTEM**

- LCS para refrigerar los IGBTs.
- Uso de componentes más optimizado: mayor estabilidad térmica.
- Menos componentes móviles: menor consumo de potencia y menor mantenimiento.
- No hay riesgo de entrada de partículas.
- Índice anti-corrosión C5H con componentes de acero inoxidable.
- El LCS es usado en múltiples sectores. Es muy fiable y sus componentes se someten a muchos tests de validación.
- Conectores rápidos con sistema anti-goteo.
- Líquido refrigerante con glicol biodegradable.
- No es preciso vaciar el LCS para cambiar las fases ni los sensores.

**INGECON® SUN 3825TL**



**Dimensiones y peso (mm y kg)**



| INGECON® SUN 3825TL                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                | C600                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | C615                  | C630                  | C645                  | C660                  | C675                  | C690                  |
| <b>Valores de Entrada (DC)</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Rango pot. campo FV recomendado <sup>(1)</sup> | 3.144 - 4.188 kWp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3.222 - 4.293 kWp     | 3.301 - 4.398 kWp     | 3.379 - 4.502 kWp     | 3.458 - 4.607 kWp     | 3.537 - 4.712 kWp     | 3.615 - 4.816 kWp     |
| Rango de tensión MPP <sup>(2)</sup>            | 853 - 1.300 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 874 - 1.300 V         | 895 - 1.300 V         | 916 - 1.300 V         | 937 - 1.300 V         | 958 - 1.300 V         | 979 - 1.300 V         |
| Tensión máxima <sup>(3)</sup>                  | 1.500 V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Corriente máxima                               | 3.965 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Nº entradas con porta-fusibles                 | Hasta 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Dimensiones de los fusibles                    | Hasta 630 A / 1.500 V / gPV / 100 kA (L/R 5mS) (opcional)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Tipo de conexión                               | Conexión a las barras de cobre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Bloques de potencia                            | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| MPPT                                           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>Protecciones de Entrada</b>                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Protecciones de sobretensión                   | Descargadores de sobretensiones atmosféricas tipo II (opcional tipo I+II)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Interruptor DC                                 | Seccionador en carga DC motorizado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Otras protecciones                             | Hasta 24 pares de fusibles DC (opcional) / Monitorización de aislamiento / Protección anti-isla                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>Valores de salida (AC)</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Potencia @35 °C / @50 °C                       | 3.326 kVA / 2.858 kVA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3.409 kVA / 2.929 kVA | 3.492 kVA / 3.001 kVA | 3.575 kVA / 3.072 kVA | 3.658 kVA / 3.144 kVA | 3.741 kVA / 3.215 kVA | 3.824 kVA / 3.287 kVA |
| Corriente @35 °C / @50 °C                      | 3.200 A / 2.750 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Tensión nominal <sup>(4)</sup>                 | 600 V Sistema IT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 615 V IT System       | 630 V Sistema IT      | 645 V Sistema IT      | 660 V Sistema IT      | 675 V Sistema IT      | 690 V Sistema IT      |
| Frecuencia nominal                             | 50 / 60 Hz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Factor de Potencia <sup>(5)</sup>              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Factor de Potencia ajustable                   | Sí, 0-1 (leading / lagging)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| THD (Distorsión Armónica Total) <sup>(6)</sup> | <3 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>Protecciones de Salida</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Protecciones de sobretensión                   | Descargadores de sobretensiones atmosféricas tipo II (opcional tipo I+II)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Interruptor AC                                 | Seccionador magneto-térmico AC con mando a puerta y disparo remoto o motorizado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Protección anti-isla                           | Sí, con desconexión automática                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Otras protecciones                             | Cortocircuitos y sobrecargas AC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>Prestaciones</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Eficiencia máxima                              | 98,9 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Euroeficiencia                                 | 98,5 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Máx. consumo servicios aux.                    | 7.600 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Consumo nocturno o en stand-by <sup>(7)</sup>  | 185 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Consumo medio diario                           | 2.500 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>Datos Generales</b>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Temperatura de funcionamiento                  | -20 °C a +60 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Humedad relativa (sin condensación)            | 0-100 % (Outdoor)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Grado de protección                            | IP65 <sup>(8)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Protección anti-corrosión                      | Protegido contra la corrosión externa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Altitud máxima                                 | 4.500 m (para instalaciones por encima de 1.000 m, contacten con el departamento comercial solar de Ingeteam)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Sistema de refrigeración                       | Sistema de refrigeración líquida y ventilación forzada con control térmico (suministro de 400V 3 fases + neutro, 50/60 Hz)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Rango de caudal de aire                        | 0 - 18.000 m³/h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Caudal de aire promedio                        | 12.000 m³/h                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Emisión acústica (100 % / 50 % carga)          | 57 dB(A) a 10m / 49,7 dB(A) a 10m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Marcado                                        | CE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Normativa EMC y de seguridad                   | IEC 62920, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4, IEC 61000-3-11, IEC 61000-3-12, IEC 62109-1, IEC 62109-2, EN 50178, FCC Part 15, AS3100                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| Normativa de conexión a red                    | IEC 62116, EN 50530, IEC 61683, EU 631/2016 (EN 50549-2, P.O.12.2, CEI 0-16, VDE AR N 4120 ...), G99, South African Grid code, Mexican Grid Code, Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, DEWA (Dubai) Grid code, Abu Dhabi Grid Code, Jordan Grid Code, Egyptian Grid Code, Saudi Arabia Grid Code, RETIE Colombia, Australian Grid Code |                       |                       |                       |                       |                       |                       |

**Notas:** <sup>(1)</sup> Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. Datos para condiciones STC <sup>(2)</sup> V<sub>mp</sub>.min es para condicionales nominales (V<sub>ac</sub>=1 p.u. y Factor de Potencia=1) y sistemas flotantes <sup>(3)</sup> Considerar el aumento de tensión de los paneles 'V<sub>oc</sub>' a bajas temperaturas <sup>(4)</sup> Otras tensiones y potencias AC disponibles <sup>(5)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25 % de la potencia <sup>(6)</sup> Para P<sub>AC</sub>>25 % de la potencia nominal y tensión según IEC 61000-3-4 <sup>(7)</sup> Consumo desde el campo fotovoltaico cuando hay potencia FV disponible <sup>(8)</sup> Excepto por el filtro LC y el intercambiador de calor aire-agua, que son IP54.



# Ingeteam

**Ingeteam Power Technology, S.A.**  
Avda. Ciudad de la Innovación, 13  
31621 Sarriguren (Navarra) - España  
Tel.: +34 948 288 000  
Fax: +34 948 288 001  
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam S.r.l.**  
Via Emilia Ponente, 232  
48014 Castel Bolognese (RA) - Italia  
Tel.: +39 0546 651 490  
Fax: +39 054 665 5391  
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

**Ingeteam SAS**  
La Naurouze B - 140 rue Carmin  
31670 Labège - Francia  
Tel.: +33 (0)5 61 25 00 00  
Fax: +33 (0)5 61 25 00 11  
e-mail: france@ingeteam.com

**Ingeteam INC.**  
3550 W. Canal St.  
Milwaukee, WI 53208 - EEUU  
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190  
Fax: +1 (414) 342 0736  
e-mail: solar.us@ingeteam.com

**Ingeteam, a.s.**  
Technologická 371/1  
70800 Ostrava - Pustkovec  
República Checa  
Tel.: +420 59 747 6800  
Fax: +420 59 732 6899  
e-mail: czech@ingeteam.com

**Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.**  
Shanghai Trade Square, 1105  
188 Si Ping Road  
200086 Shanghai - China  
Tel.: +86 21 65 07 76 36  
Fax: +86 21 65 07 76 38  
e-mail: shanghai@ingeteam.com

**Ingeteam, S.A. de C.V.**  
Leibnitz Ext 13 Int 1102, Colonia Anzures  
11590 - Miguel Hidalgo  
Ciudad de México - México  
Tel.: +52 81 8311 4858  
Fax: +52 81 8311 4859  
e-mail: northamerica@ingeteam.com

**Ingeteam Ltda.**  
Rua Estácio de Sá, 560  
Jd. Santa Genebra  
13080-010 Campinas/SP - Brasil  
Tel.: +55 19 3037 3773  
e-mail: brazil@ingeteam.com

**Ingeteam Pty Ltd.**  
Unit 2 Alphen Square South  
16th Road, Randjiespark  
Midrand 1682 - Sudáfrica  
Tel.: +2711 314 3190  
Fax: +2711 314 2420  
e-mail: southafrica@ingeteam.com

**Ingeteam SpA**  
Los militares 5890, Torre A, oficina 401  
7560742 - Las Condes  
Santiago de Chile - Chile  
Tel.: +56 2 29574531  
e-mail: chile@ingeteam.com

**Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.**  
2nd Floor, 431  
Udyog Vihar, Phase III  
122016 Gurgaon (Haryana) - India  
Tel.: +91 124 420 6491-5  
Fax: +91 124 420 6493  
e-mail: india@ingeteam.com

**Ingeteam Sp. z o.o.**  
Ul. Koszykowa 60/62 m 39  
00-673 Warszawa - Polonia  
Tel.: +48 22 821 9930  
Fax: +48 22 821 9931  
e-mail: polska@ingeteam.com

**Ingeteam Australia Pty Ltd.**  
iAccelerate Centre, Building 239  
Innovation Campus, Squires Way  
North Wollongong, NSW 2500 - Australia  
Tel.: +61 429 111 190  
e-mail: australia@ingeteam.com

**Ingeteam Panama S.A.**  
Av. Manuel Espinosa Batista,  
Ed. Torre Internacional  
Business Center, Apto./Local 407  
Urb. C45 Bella Vista  
Bella Vista - Panamá  
Tel.: +50 761 329 467

**Ingeteam Service S.R.L.**  
Bucuresti, Sector 2,  
Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7  
Cladirea Hermes Business  
Campus 1, Birou 236, Etaj 2  
Rumanía  
Tel.: +40 728 993 202

**Ingeteam Philippines Inc.**  
Office 2, Unit 330, Milelong Bldg.  
Amorsolo St. corner Rufino St.  
1230 Makati  
Gran Manila - Filipinas  
Tel.: +63 0917 677 6039

**Ingeteam Power Technology, S.A.**  
Level 1, Al Bateen Tower C6 Bainunah  
ADIB Building, Street 34  
PO BOX 30010 - Abu Dhabi  
Emiratos Árabes Unidos  
Tel.: +971 50 125 8244

**Ingeteam Vietnam Ltd.**  
Spaces - 28A Tran Hung Dao Street  
Phan Chu Trinh Ward  
Hoan Kiem District  
Ha Noi City - Vietnam  
Tel.: +84 24 71014057  
e-mail: vietnam@ingeteam.com

**Ingeteam Uruguay, S.A.**  
Avenida 18 de Julio, 1474, Piso 12  
11200, Montevideo - Uruguay  
Tel.: +598 934 92064

**POWER STATION DE  
MEDIA TENSIÓN,  
PERSONALIZADA  
HASTA 7,65 MVA,  
CON TODOS LOS  
COMPONENTES  
SUMINISTRADOS  
SOBRE UNA BASE  
FULL SKID**

## Desde 2.500 hasta 7.650 kVA

Esta nueva solución de media tensión integra todos los elementos necesarios para desarrollar una planta solar multi-megavatio.

### **Maximice su inversión con el mínimo esfuerzo**

La power station FSK de Ingeteam es una solución compacta, flexible y personalizable, que puede ser configurada para adaptarse a cualquier tipo de necesidad técnica. Se suministra con hasta dos inversores fotovoltaicos centrales. Todos sus elementos están pensados para facilitar su inmediata instalación a la intemperie, gracias a lo cual se puede prescindir de envoltentes del tipo contenedor.

### **Mayor adaptabilidad y densidad de potencia**

Esta solución tipo power station es más versátil, ya que presenta una plataforma metálica o skid que integra todos los componentes de BT y MT, incluidos los inversores FV. Además, presenta una de las mayores densidades de potencia del mercado.

### **Tecnología Plug & Play**

Esta solución en media tensión integra los equipos de conversión de potencia (hasta 7,65 MVA), transformador de aceite hermé-

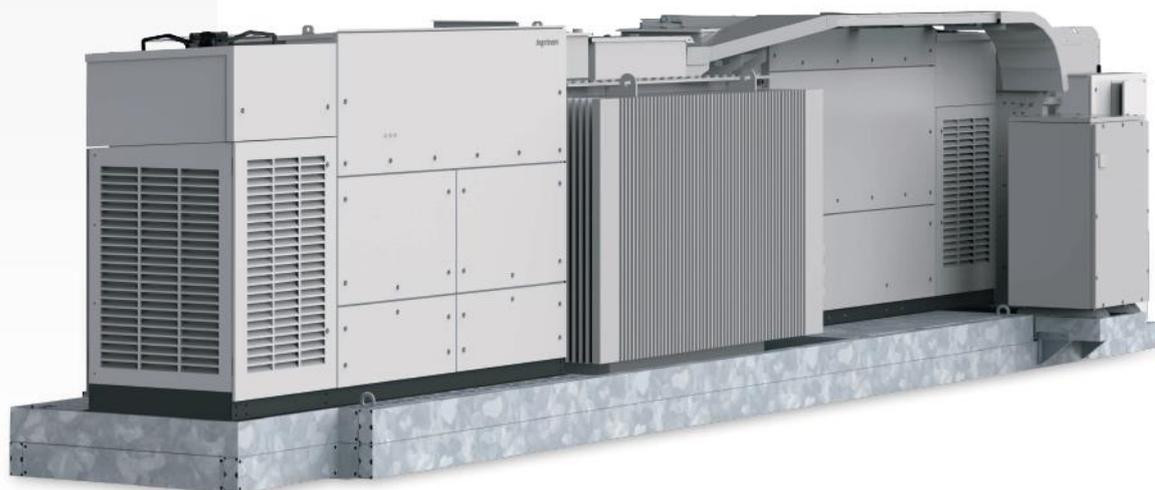
ticamente sellado hasta 38 kV y toda la armadura de baja tensión. Una plataforma metálica o skid integra todos los elementos previamente ensamblados para una rápida conexión en campo, con uno o dos inversores solares de la familia INGECON® SUN 3Power Serie C.

### **Accesibilidad total**

Gracias al uso de equipos de intemperie, el acceso a los inversores y al transformador se hace de forma directa. Además, el diseño de los inversores 3Power Serie C ha sido pensado para facilitar las tareas de mantenimiento y reparación.

### **Protección máxima**

Los inversores 3Power Serie C tienen un grado de protección IP65 para su stack de potencia, que está refrigerado tanto por agua como por aire, optimizando la temperatura de trabajo de la electrónica de potencia. Además, los inversores despliegan funciones de soporte de red, como la inyección de potencia reactiva, soporte de huecos de tensión o el control de la potencia activa inyectada.



CONSTRUCCIÓN

- Plataforma metálica.
- Apta para ser colocada sobre losa o pilares.
- Diseño compacto que minimiza los costes logísticos.
- Mínimos trabajos de instalación en campo.

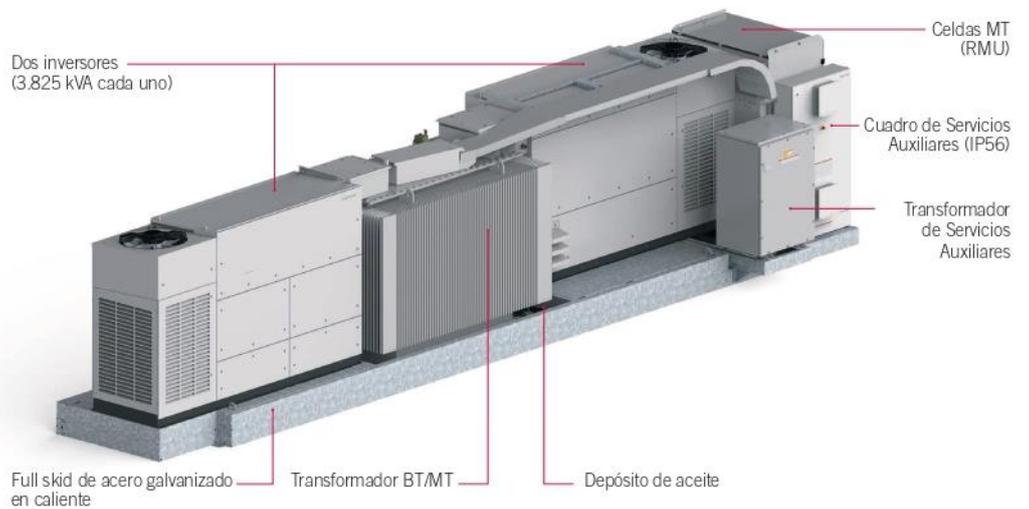
ACCESORIOS OPCIONALES

- Transformador de servicios auxiliares (hasta 60 kVA, Dyn11).
- Autoválvulas / descargadores de sobretensión en MT.
- Cuadro de servicios auxiliares (IP56).
- Puesta en marcha de la planta.
- Sistema de comunicación de alta velocidad por Ethernet o fibra óptica, para una conexión Plug & Play con el SCADA o el control de planta.
- INGECON® SUN StringBox con 16, 24 o 32 strings de entrada. Cajas de strings inteligentes o pasivas.
- Medición de la energía consumida por los servicios auxiliares y de la energía producida.
- Relé de monitorización del aislamiento para sistemas IT.
- Regulación de la potencia reactiva cuando no hay potencia fotovoltaica.
- Puesta a tierra del campo FV.

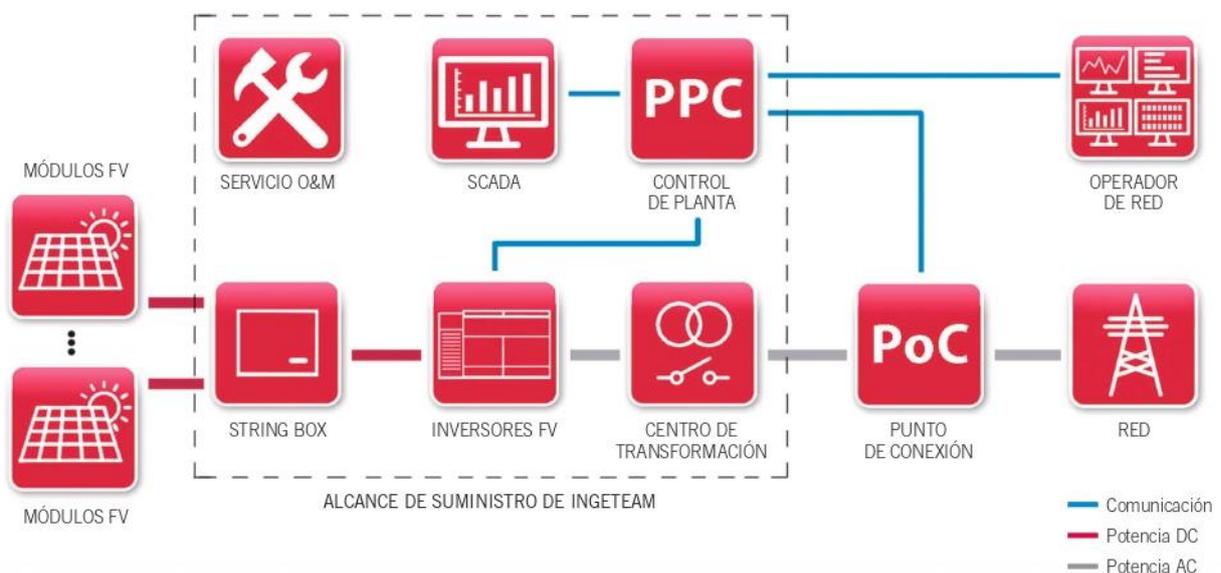
ELEMENTOS ESTÁNDAR

- Uno o dos inversores con una potencia de salida de hasta 7,65 MVA.
- Transformador BT/MT de aceite herméticamente sellado hasta 38 kV.
- Celdas MT 111A (2L1A opcional).
- Depósito de aceite.
- Perfiliería metálica para instalar equipos en BT.

COMPONENTES



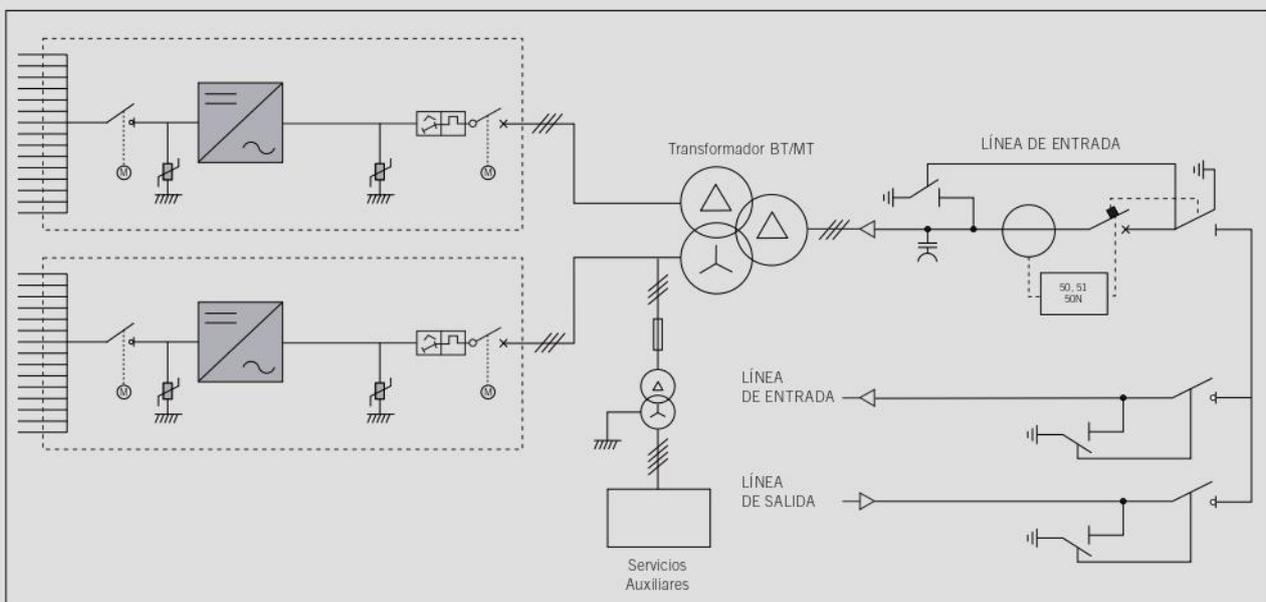
CONFIGURACIÓN DE PLANTA



|                                                   | 3825 FSK Serie C                                           | 7650 FSK Serie C          |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Información general</b>                        |                                                            |                           |
| Número de inversores                              | 1                                                          | 2                         |
| Potencia máx. @35 °C / 95 °F <sup>(1)</sup>       | 3.824 kVA                                                  | 7.648 kVA                 |
| Rango de temperatura                              | desde -5 °C hasta +50 °C                                   |                           |
| Humedad relativa (sin condensación)               | 0 - 100 %                                                  |                           |
| Altitud máxima                                    | 3.000 msnm (limitación de potencia a partir de 1.000 msnm) |                           |
| <b>Transformador BT / MT</b>                      |                                                            |                           |
| Media tensión                                     | Desde 20 kV hasta 36 kV, 50-60 Hz                          |                           |
| Sistema de refrigeración                          | ONAN (KNAN opcional)                                       |                           |
| Mínimo PEI (Peak Efficiency Index) <sup>(2)</sup> | 99,50 %                                                    |                           |
| Grado de protección                               | IP54                                                       |                           |
| <b>Celdas MT</b>                                  |                                                            |                           |
| Media tensión                                     | 24 kV / 36 kV / 40,5 kV                                    |                           |
| Corriente nominal                                 | 630 A                                                      |                           |
| Sistema de refrigeración                          | Ventilación natural                                        |                           |
| Grado de protección                               | IP54 (IP55 opcional)                                       |                           |
| <b>Equipación</b>                                 |                                                            |                           |
| Cuadro de servicios auxiliares                    | Versión estándar (sistema de monitorización opcional)      |                           |
| Transformador BT/MT                               | Transformador inmerso en aceite herméticamente sellado     |                           |
| Celdas MT                                         | Celdas 1L1A (2L1A opcional)                                |                           |
| <b>Información mecánica</b>                       |                                                            |                           |
| Tipo de estructura                                | Skid de acero galvanizado                                  |                           |
| Dimensiones Full Skid (largo x ancho x alto)      | 9.500 x 2.600 x 2.620 mm                                   | 11.390 x 2.600 x 2.620 mm |
| Full Skid                                         | 16 T                                                       | 25 T                      |
| Normativa                                         | IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1       |                           |

**Notas:** <sup>(1)</sup> Potencia máxima calculada con el modelo de inversor INGECON® SUN 3825TL C690. Para otros modelos de inversor, contacte con el departamento comercial del área Solar de Ingeteam.  
<sup>(2)</sup> Para instalaciones en Europa, diseño ECO según la norma EU 548/2014 y EU 2019/1783.

**Configuración con dos inversores solares de la serie C**





# Ingeteam

**Ingeteam Power Technology, S.A.**  
Avda. Ciudad de la Innovación, 13  
31621 Sarriguren (Navarra) - España  
Tel.: +34 948 288 000  
Fax: +34 948 288 001  
e-mail: solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam S.r.l.**  
Via Emilia Ponente, 232  
48014 Castel Bolognese (RA) - Italia  
Tel.: +39 0546 651 490  
Fax: +39 054 665 5391  
e-mail: italia.energy@ingeteam.com

**Ingeteam SAS**  
La Naurouze B - 140 rue Carmin  
31670 Labège - Francia  
Tel.: +33 (0)5 61 25 00 00  
Fax: +33 (0)5 61 25 00 11  
e-mail: france@ingeteam.com

**Ingeteam INC.**  
3550 W. Canal St.  
Milwaukee, WI 53208 - EEUU  
Tel.: +1 (414) 934 4100 / +1 (855) 821 7190  
Fax: +1 (414) 342 0736  
e-mail: solar.us@ingeteam.com

**Ingeteam, a.s.**  
Technologická 371/1  
70800 Ostrava - Pustkovec  
República Checa  
Tel.: +420 59 747 6800  
Fax: +420 59 732 6899  
e-mail: czech@ingeteam.com

**Ingeteam Shanghai, Co. Ltd.**  
Shanghai Trade Square, 1105  
188 Si Ping Road  
200086 Shanghai - China  
Tel.: +86 21 65 07 76 36  
Fax: +86 21 65 07 76 38  
e-mail: shanghai@ingeteam.com

**Ingeteam, S.A. de C.V.**  
Leibnitz Ext 13 Int 1102, Colonia Anzures  
11590 - Miguel Hidalgo  
Ciudad de México - México  
Tel.: +52 81 8311 4858  
Fax: +52 81 8311 4859  
e-mail: northamerica@ingeteam.com

**Ingeteam Ltda.**  
Rua Estácio de Sá, 560  
Jd. Santa Genebra  
13080-010 Campinas/SP - Brasil  
Tel.: +55 19 3037 3773  
e-mail: brazil@ingeteam.com

**Ingeteam Pty Ltd.**  
Unit 2 Alphen Square South  
16th Road, Randjiespark  
Midrand 1682 - Sudáfrica  
Tel.: +2711 314 3190  
Fax: +2711 314 2420  
e-mail: southafrica@ingeteam.com

**Ingeteam SpA**  
Los militares 5890, Torre A, oficina 401  
7560742 - Las Condes  
Santiago de Chile - Chile  
Tel.: +56 2 29574531  
e-mail: chile@ingeteam.com

**Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.**  
2nd Floor, 431  
Udyog Vihar, Phase III  
122016 Gurgaon (Haryana) - India  
Tel.: +91 124 420 6491-5  
Fax: +91 124 420 6493  
e-mail: india@ingeteam.com

**Ingeteam Sp. z o.o.**  
Ul. Koszykowa 60/62 m 39  
00-673 Warszawa - Polonia  
Tel.: +48 22 821 9930  
Fax: +48 22 821 9931  
e-mail: polska@ingeteam.com

**Ingeteam Australia Pty Ltd.**  
iAccelerate Centre, Building 239  
Innovation Campus, Squires Way  
North Wollongong, NSW 2500 - Australia  
Tel.: +61 429 111 190  
e-mail: australia@ingeteam.com

**Ingeteam Panama S.A.**  
Av. Manuel Espinosa Batista,  
Ed. Torre Internacional  
Business Center, Apto./Local 407  
Urb. C45 Bella Vista  
Bella Vista - Panamá  
Tel.: +50 761 329 467

**Ingeteam Service S.R.L.**  
Bucuresti, Sector 2,  
Bulevardul Dimitrie Pompeiu Nr 5-7  
Cladirea Hermes Business  
Campus 1, Birou 236, Etaj 2  
Rumanía  
Tel.: +40 728 993 202

**Ingeteam Philippines Inc.**  
Office 2, Unit 330, Mililong Bldg.  
Amorsolo St. corner Rufino St.  
1230 Makati  
Gran Manila - Filipinas  
Tel.: +63 0917 677 6039

**Ingeteam Power Technology, S.A.**  
Level 1, Al Bateen Tower C6 Bainunah  
ADIB Building, Street 34  
PO BOX 30010 - Abu Dhabi  
Emiratos Árabes Unidos  
Tel.: +971 50 125 8244

**Ingeteam Vietnam Ltd.**  
Spaces - 28A Tran Hung Dao Street  
Phan Chu Trinh Ward  
Hoan Kiem District  
Ha Noi City - Vietnam  
Tel.: +84 24 71014057  
e-mail: vietnam@ingeteam.com

**Ingeteam Uruguay, S.A.**  
Avenida 18 de Julio, 1474, Piso 12  
11200, Montevideo - Uruguay  
Tel.: +598 934 92064

# Ficha técnica

## Soporte inclinado para terreno para 2 filas de módulos. Hincado

# 35V



- Soporte inclinado de 2 filas de módulos para terreno.
- Anclaje hincado.
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Inclinación estándar 30°.
- Inclinaciones disponibles bajo pedido: 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.
- Hincas incluidas solo en los kits.

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

**Materiales:** Perfilaría de aluminio EN AW 6005A T6  
Tornillería de acero inoxidable A2-70  
Hinca de acero S275 galvanizado en caliente por inmersión.

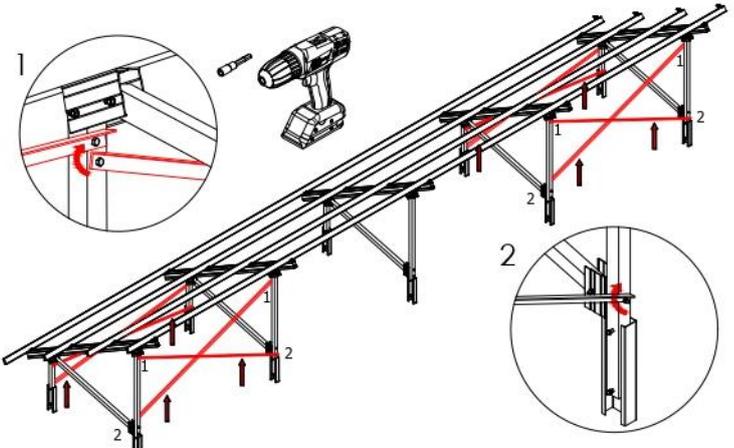
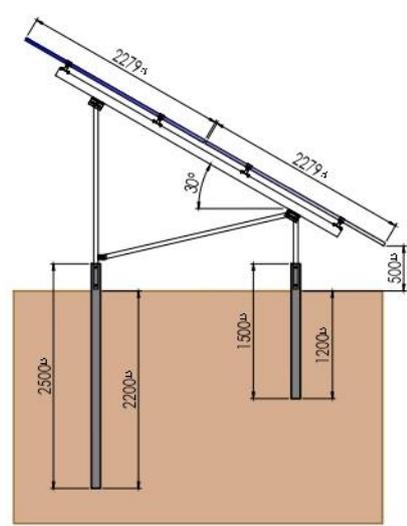
*Comprobar el buen estado y la capacidad portante del terreno antes de cualquier instalación.*

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

Para módulos de hasta **2279x1150** - Sistema Kit

2279x1150

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



**Par de apriete:**

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

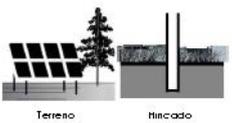
Herramientas necesarias:



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. Hincado

**35V**  
Sistema kit

 **SUNFER**



- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 3 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ACERO" EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

|  Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento |     |     |     |     |     |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
| Tamaño del módulo                                | 4   | 6   | 8   | 10  | 12  | n° de módulos            |
| 2279x1150                                                                                                                           | 150 | 150 | 110 | 150 | 130 | Velocidad de viento km/h |

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.

**ANEJO N°9:  
EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                 | 5 |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                    | 1 |
| 2. MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y EQUIPOS DE SEGURIDAD ..... | 1 |
| 3. ACTIVIDADES Y TAREAS DE OBRA.....                    | 4 |
| 4. DIAGRAMA DE GANTT .....                              | 9 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                      |   |
|------------------------------------------------------|---|
| Figura 1. Excavadora .....                           | 1 |
| Figura 2. Dumper .....                               | 2 |
| Figura 3. Compactadora de rodillos vibratorios ..... | 2 |
| Figura 4. Máquina hincadora.....                     | 3 |
| Figura 5. Grúa telescópica .....                     | 3 |
| Figura 6. Herramientas.....                          | 3 |
| Figura 7. Equipos de seguridad.....                  | 4 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Tabla 1. Diagrama de GANTT ..... | 9 |
|----------------------------------|---|

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se pretende planificar el proceso de construcción y montaje de la instalación, de modo que tras finalizar este periodo, el funcionamiento del parque sea el óptimo, tal y como describen los anteriores documentos.

Para ello se van a exponer el conjunto de maquinaria necesaria en las obras así como las distintas actividades de construcción.

Por último se verá representado en un diagrama de Gantt el conjunto de actividades, detallando su orden y sus respectivos plazos de ejecución expresados en semanas.

# 2. MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y EQUIPOS DE SEGURIDAD

En este apartado se expondrán las distintas maquinarias, herramientas y equipos de seguridad que se requieren en la construcción del parque fotovoltaico.

## Excavadora

- Se utilizarán para limpiar y nivelar el terreno donde se instalaran los paneles solares. Eliminará obstáculos como arbustos o rocas, y nivelará el terreno para facilitar la construcción.
- Se utilizarán para excavar zanjas para la instalación del cableado soterrado, que conectará las cajas de combinación con los inversores, y estos con el centro de control.
- Se utilizará para mover las cantidades de tierra y escombros procedentes de la limpieza y nivelado del área de la instalación.



**Figura 1. Excavadora**  
Fuente: Wikipedia

## Dumper

- Se utilizarán para la carga y transporte de tierra, arena, grava, piedras y escombros resultante del movimiento realizado por las máquinas excavadoras.
- Se encargarán de recoger y eliminar residuos generados durante la construcción, asegurando un entorno de trabajo seguro y ordenado.
- También se encargarán del transporte de maquinaria pesada necesaria para la construcción del parque, como grúas o excavadoras.



**Figura 2. Dumper**  
Fuente: Hermanos Otero

## Compactadoras de rodillos vibratorios

- Máquinas que cuentan con un tambor pesado que vibra rápidamente, lo que ayuda a compactar el suelo. Aplicarán presión sobre el suelo, reduciendo el espacio vacío entre las partículas aumentando su densidad.
- Dicho trabajo garantizará una base sólida y estable para las estructuras de montaje de los paneles solares.



**Figura 3. Compactadora de rodillos vibratorios**  
Fuente: Geancar

## Máquina hincadora

- Su principal función será hincar los postes pertenecientes a la estructura de los paneles, de modo que estos actúen como cimientos profundos que proporcionen estabilidad y resistencia. Estas máquinas combinarán la fuerza, la

presión y la vibración para penetrar el suelo y alcanzar la profundidad requerida.

- A demás, dichas máquinas están equipadas con tecnología que permite una colocación precisa de los postes.



**Figura 4. Máquina hincadora**  
Fuente: Grupo Armivan

Grúa telescópica

- Se utilizarán para la carga y descarga de los distintos equipos que formarán el parque solar, como paneles, estructuras, inversores, rollos de cableado, vallado perimetral,...)



**Figura 5. Grúa telescópica**  
Fuente: Manitowoc Company

Equipos de montaje de los elementos que forman el parque

- Se incluirán taladros, llaves y herramientas para ensamblar las estructuras de soporte de los paneles, como marcos metálicos y estructuras de montaje.
- También serán necesarias los equipos de conexión y cableado, como pelacables, alicates, llaves, etc, para realizar las conexiones eléctricas de los equipos.



**Figura 6. Herramientas**  
Fuente: Distribidor Truper

## Equipos de seguridad

- Equipos de protección personal como cascos, guantes, gafas de seguridad, protectores auditivos y ropa de protección.
- Arnés de seguridad y líneas de vida para cuando sean necesarios los trabajos de altura.
- Barreras de seguridad para delimitar las áreas de trabajo peligrosas y restringir el acceso a zonas de riesgo. Se incluirán también cintas de señalización.
- Equipos de primeros auxilios utilizados para realizar una respuesta rápida en caso de lesiones o emergencia médicas.



**Figura 7. Equipos de seguridad**  
Fuente: INSST

## 3. ACTIVIDADES Y TAREAS DE OBRA

Para llevar a cabo la correcta realización de las obras es necesario conocer el orden de las acciones que hay que llevar a cabo. A continuación se nombrarán y describirán cada una de las actividades que se requieren para una correcta construcción del parque fotovoltaico.

- Obtención de permisos y licencias

Para la obtención de permisos y licencias será necesario solicitarlas al ayuntamiento de Valtajeros. Si dicho ayuntamiento no posee los permisos pertinentes será necesario pedirlos al Ayuntamiento de Soria, o en su defecto al organismo competente de la comunidad autónoma de Castilla y León.

Estas licencias serán las siguientes:

- Permiso del uso del suelo.
- Permiso de construcción.
- Permiso ambiental.
- Licencia de generación de energía.
- Licencia de operación.

- Adquisición y arrendamiento de terrenos

El arrendamiento de terreno implica alquilar el terreno por un periodo de tiempo específico para la construcción y operación del parque.

- Replanteo

Este proceso es crucial que implica marcar y posicionar correctamente los componentes del parque en el terreno de acuerdo con los planos y diseños del proyecto. Para el replanteo se realizarán las siguientes acciones:

- Revisión de plano y diseños.
- Establecimiento de puntos de referencia mediante herramientas topográficas.
- Marcado de ubicaciones de los componentes.
- Verificación de distancias y espacios.
- Verificación de la documentación y registros.

- Creación del camino

Para la construcción de un nuevo camino habrá que seguir los siguientes pasos:

- Despeje del terreno, eliminando la masa vegetativa.
- Excavación y nivelación mediante el uso de excavadoras.
- Construcción de la base del suelo para proporcionar estabilidad y soporte.
- Colocación de la capa superficial, conocida como capa de rodadura.
- Compactación con la maquina compactadora para darle densidad al suelo.
- Señalización del nuevo camino.

- Desbroce de vegetación

Se eliminará la vegetación mediante el uso de maquinaria de desbroce y será retirada del terreno para facilitar las labores de preparación el terreno.

- Preparación del terreno

La preparación del suelo será necesaria para la correcta instalación de los componentes del parque fotovoltaico. Para ello habrá que realizar las siguientes labores:

- Nivelación del terreno, mediante el uso de excavadoras.
- Compactación del terreno, mediante máquinas compactadoras.

- Adquisición y entrega de equipos

La adquisición y entrega de equipos implica varios pasos y consideraciones:

- Identificación de equipos necesarios.
- Evaluación de proveedores, en función de su experiencia, trayectoria, capacidad de suministro,...
- Negociación y contratación para fijar los términos y condiciones de suministro, como precio, plazos de entrega, garantías, servicios postventa y cláusulas de penalización por incumplimiento.
- Seguimiento de la producción y envío.
- Recepción y control de calidad, para asegurar que los equipos entregados cumplen con las especificaciones y estándares de calidad establecidos.
- Almacenamiento y gestión de inventario.

- Zanjas para cableado

Para enterrar el cableado y garantizar una conexión segura y ordenada se realizarán diversas zanjas. Para llevar a cabo esta actividad se llevará a cabo:

- Planificación precisa, teniendo en cuenta la posición de los equipos.
- Marcado del trazado.
- Excavación de las zanjas utilizando maquinaria de excavación.

- Cimentación para la estación de mw

Las estaciones de MW son la única infraestructura del parque que necesitará de cimentación, para ello se realizará una cimentación de losa de hormigón.

Para ello habrá que construir una losa de hormigón con el espesor adecuado en el terreno nivelado con la horizontal. La losa se reforzará con barras de acero para proporcionar una resistencia adicional, y así crear una base sólida.

- Montaje de estructuras solares

El hincado de las estructuras fotovoltaicas es un proceso importante en la construcción, que garantiza la correcta fijación y estabilidad de los paneles solares. Para ello hay que realizar las siguientes actividades

- Marcaje de ubicación, para el hincado preciso de los postes
- Hincado de los postes, mediante la máquina hincadora.
- Nivelación y alineación de los postes, para asegurar que estén verticales y alineados correctamente.

- Tras el hincado hay que montar los distintos componentes de la estructura para darle rigidez y superficie.
- Instalación de paneles solares

La instalación de paneles solares sobre la estructura implica fijar los paneles de manera segura y así, garantizar su funcionamiento óptimo. Para ello se llevará a cabo:

- Colocación de los paneles solares siguiendo el diseño y la distribución predeterminada para asegurar una alineación adecuada.
  - Una vez colocados los paneles se procede a fijarlos a la estructura mediante pernos para asegurar su resistencia ante condiciones climáticas adversas y vibraciones.
- Tendido de cableado

El tendido de cableado es fundamental para la correcta conexión eléctrica entre las cajas de combinación y los inversores, y la conexión de los inversores con el transformador del centro de control. Para ello se realizarán las siguientes actividades:

- Preparación del cableado teniendo en cuenta su longitud y tipo de conexión requerida.
  - Tendido de los cables a lo largo de las canalizaciones subterráneas siguiendo la ruta preestablecida.
- Cierre de zanjas de cableado

Tras el tendido de cables por las zanjas, será necesario cerrarlas para garantizar la protección y el correcto funcionamiento. Por ello habrá que seguir una serie de actividades:

- Protección del cableado para evitar daños sobre este en el cierre de la zanja.
  - Relleno de las zanjas utilizando los materiales adecuados.
  - Compactación de la zanja ya cerrada para evitar hundimientos posteriores.
  - Marcado y señalización de la ubicación de los cables enterrados para facilitar intervenciones y mantenimientos futuros.
- Conexionado de todos los dispositivos

Una vez instalados todos los componentes del sistema fotovoltaico será necesaria la interconexión de todos ellos. Habrá que realizar las siguientes conexiones:

- Conexionado entre paneles de un mismo string.
- Conexionado de los string con las cajas de combinación.
- Conexionado de las cajas de combinación con sus respectivos inversores.

- Conexionado de los inversores con el transformador.
  - Conexionado del transformador con el embarrado de conexión a red
- Pruebas y puesta en marcha

Esta etapa es crucial para verificar el correcto funcionamiento del sistema y asegurar su rendimiento óptimo. Para ello hay que realizar un conjunto de pasos involucrados en la prueba y puesta en marcha del proyecto:

- Inspección preliminar, llevada a cabo mediante un reconocimiento visual de todo el sistema para verificar que los componentes estén instalados y conectados correctamente y no haya daños o defectos evidentes
- Pruebas eléctricas, para verificar el rendimiento del sistema. Incluye la medición de la corriente y el voltaje en diferentes puntos del sistema, de modo que ayuden a detectar posibles problemas de conexión, pérdidas de energía u otros fallos.
- Pruebas de funcionamiento en los inversores y equipos auxiliares para asegurar que están operando correctamente
- Puesta en marcha del sistema una vez se han completado las pruebas y verificado el correcto funcionamiento del sistema.
- Monitoreo del rendimiento del sistema durante este proceso para asegurarse que esté operando de manera óptima.

## 4. DIAGRAMA DE GANTT

A continuación se exponen todas las actividades anteriormente descritas en un diagrama de Gantt, donde se expresa el orden y la periodicidad de cada una de ellas.

Las tareas y actividades de obra durarán 20 semanas, tal y como muestra el diagrama.

| ACTIVIDAD                               | Duración estimada en semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                         | 1                            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Obtención de permisos y licencias       | ■                            | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Adquisición y arrendamiento de terrenos |                              |   | ■ | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Replanteo                               |                              |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Creación del camino                     |                              |   |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Desbroce de la vegetación               |                              |   |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Preparación del terreno                 |                              |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Adquisición y entrega de equipos        |                              |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■  | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Zanjas para cableado                    |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Cimentación para estación de MW         |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ■  |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Montaje de las estructuras solares      |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |
| Instalación de paneles solares          |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |
| Tendido de cableado                     |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |    |
| Cierre de zanjas de cableado            |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |
| Conexión de todos los dispositivos      |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |
| Pruebas y puesta en marcha              |                              |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ■  |

**Tabla 1. Diagrama de GANTT**  
Fuente: Elaboración propia

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

**ANEJO N°10:**  
**IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                 | 1 |
| 2. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN .....     | 1 |
| 3. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN.....       | 4 |
| 4. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE DESMANTELAMIENTO ..... | 6 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                          |   |
|------------------------------------------|---|
| Tabla 1. Impactos medioambientales ..... | 8 |
|------------------------------------------|---|

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

Como todo proyecto, este también tendrá un influencia en el entorno, por ello se van a repasar los parámetros más importantes en cuanto a la evaluación de impacto ambiental.

Cabe destacar 3 fases de impactos potenciales sobre los distintos factores ambientales:

- Impactos ambientales durante la fase de construcción
- Impactos ambientales durante la fase de explotación
- Impactos ambientales durante la fase de desmantelamiento

A continuación se expondrán los distintos impactos, en los que se tendrá en cuenta la calidad atmosférica, la geomorfología, geología y suelos, la hidrología, la vegetación la fauna, las figuras de protección medioambiental, el medio socioeconómico y el paisaje.

## 2. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

### 1. CALIDAD ATMOSFÉRICA

#### - Contaminación acústica

Generalmente, las afecciones por el incremento de los niveles de ruido constituyen una de las principales causas del malestar social y rechazo de las actividades.

No obstante, teniendo en cuenta la localización del proyecto, se considera que no se producirán este tipo de molestias a gran escala que puedan afectar a las poblaciones cercanas.

En este caso las infraestructuras se ubicarán a 2 km de distancia de la población más cercana (Valtajeros) por lo que no se espera que el ruido provocado por la construcción del proyecto no afecte de manera significativa.

#### - Emisión de gases y partículas

Durante la fase de implantación de los paneles solares, red eléctrica, etc, se producirá una disminución de la calidad del aire debido a al aumento de las partículas en suspensión y contaminantes de combustión causadas por el uso de maquinaria y tareas de excavación, movimiento de tierra y transporte.

Estas afecciones se prolongarán mientras dure la fase de construcción, cesando con su finalización.

## 2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS

### - **Movimiento de tierras**

Los principales efectos sobre la geología vienen dados por los movimientos de tierra necesarios para llevar a cabo el acondicionamiento del terreno para la implantación del campo solar y de la infraestructura de evacuación.

### - **Ocupación del suelo:**

La magnitud de dichos movimientos de tierra dependen del área de ocupación de la infraestructura, suponiendo pérdida de suelo útil para llevar a cabo otro tipo de actividades.

En este caso la central ocupa una superficie perimetral de ha.

## 3. HIDROLOGÍA

### - **Alteración de la escorrentía superficial**

Durante la fase de construcción del parque solar se llevarán a cabo los movimientos de tierras, además del desbroce de la vegetación, lo que dará lugar a un cambio en las condiciones de escorrentía.

Las instalaciones contarán con distintos puntos de evacuación de agua para épocas de lluvia temporal. Se prevé que drenaje superficial tras la compactación y transformación del terreno mantenga las condiciones de drenaje que posee actualmente.

### - **Contaminación de aguas:**

El vertido o derrame accidental de líquidos procedente de vehículos de construcción o acciones de mantenimiento podrían suponer una contaminación de las aguas. Los vehículos circularán por las vías de acceso ya existentes en el parque eólico por lo que el impacto esperado es muy reducido.

En el caso de derrame accidental, se descartan afecciones significativas a aguas subterráneas debido a la dificultad para alcanzar a estas.

## 4. VEGETACIÓN

### - **Daños directos a la vegetación**

Como se ha indicado anteriormente, la construcción del parque solar requiere del desbroce y levantamiento de la vegetación natural actual.

#### - **Daños indirectos sobre la vegetación**

Durante los movimientos de tierra de la superficie del parque se producirá degradación de la vegetación circundante debido a la emisión de partículas en suspensión, que se depositarán en las masas de vegetación cercanas.

### **5. FAUNA**

Durante la construcción se producirán molestias a la fauna cercana debido a la destrucción directa de hábitats provocando temporalmente el alejamiento de las especies más sensibles hacia zonas más tranquilas y funcionales

Las especies con mayor capacidad de desplazamiento serán menos afectados por dichos procesos, mientras que insectos y reptiles podrán ser los más afectados si no son capaces de restablecer sus dominios vitales.

De este modo se producirán cambios en el uso del territorio por parte de las especies

### **6. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

Debido a la lejanía del parque solar fotovoltaico a espacios de Red Natura 2000, el impacto se considera compatible.

### **7. MEDIO SOCIOECONÓMICO**

Se prevé un impacto positivo en la economía de la comarca, incrementando el número de puestos de trabajo

### **8. PAISAJE**

El paisaje, lógicamente, se verá alterado por la intrusión de nuevos elementos ajenos al éste. A pesar de esto, la orientación Sur de la instalación, en el punto más alto, evita que sea visible desde la carreteras de acceso SO-615 y SO-630. Si se verá de forma inevitable desde los caminos de acceso a la instalación.

## **3. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN**

### **1. CALIDAD ATMOSFÉRICA**

#### **- Contaminación acústica**

Durante la fase de explotación, el incremento acústico será causado por las labores de mantenimiento y reparación de los módulos fotovoltaicos y por el tránsito de vehículos y presencia de operarios para realizar las actuaciones anteriores.

#### **- Emisión de gases y partículas**

La energía producida por el parque fotovoltaico reducirá los niveles de emisión de gases contaminantes ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ) procedentes de combustibles fósiles. Inevitablemente se producirán emisiones y levantamiento de partículas en las labores de mantenimiento del parque, debido al acceso y tránsito de vehículos a la instalación. No obstante estas actuaciones serán puntuales, cuando se requiera reparación o revisión y no afectarán a las poblaciones más cercanas.

### **2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS**

#### **- Ocupación del suelo**

La ocupación del suelo constituye la principal afección que supone la fase de explotación, ya que el conjunto de componentes e infraestructuras han modificado los usos existentes previamente.

### **3. HIDROLOGÍA**

#### **- Alteración de la escorrentía superficial**

Durante la fase de explotación, no se prevé una alteración significativa en la escorrentía superficial, dado que no será necesario el tránsito por zonas no acondicionadas en la fase de construcción.

#### **- Contaminación de aguas**

El vertido o derrame accidental de líquidos procedente de vehículos o acciones de mantenimiento podrían suponer una contaminación de las aguas. Como ya se ha comentado anteriormente, los vehículos circularán por las vías de acceso ya existentes en el parque eólico por lo que el impacto esperado es muy reducido.

En el caso de derrame accidental, se descartan afecciones significativas a aguas subterráneas debido a la dificultad para alcanzar a estas.

#### **4. VEGETACIÓN**

##### **- Daños indirectos sobre la vegetación**

Teniendo en cuenta el tránsito temporal de los vehículos de operación y mantenimiento no se consideran afecciones de gran importancia sobre la vegetación.

#### **5. FAUNA**

##### **- Alteración de hábitats**

La creación de un nuevo obstáculo para la fauna, producirá un cambio en las zonas de campeo y alimentación de la fauna local.

El impacto será similar a la fase de construcción, ya que el terreno modificado tendrá la misma extensión.

No obstante, exceptuando a grandes mamíferos, será posible el tránsito de los pequeños y medianos mamíferos.

Teniendo en cuenta la existencia del parque eólico, se puede suponer que los distintos animales concentrados en la zona están habituados a la presencia humana.

##### **- Colisión de avifauna**

El vallado perimetral de la instalación puede suponer la colisión de aquellas aves que realicen vuelos bajos.

#### **6. MEDIO SOCIOECONÓMICO**

La provincia de Soria ha experimentado una disminución muy acusada de su población a lo largo del último siglo, originada por el éxodo rural hacia las grandes ciudades en busca de mejores oportunidades laborales.

Como se ha dicho anteriormente se generará un beneficio en la economía de la zona además de puestos de trabajo vinculados directamente a las operaciones de mantenimiento.

## 7. PAISAJE

La presencia de módulos fotovoltaicos supone la introducción de elementos artificiales, por lo que cambiará la estética del paisaje durante la fase de explotación. No se espera un alto impacto visual, ya que estará ubicado en una zona recogida entre un sistema montañoso, pero si podrá verse desde Valtajeros, el núcleo urbano más cercano a la instalación.

## 4. IMPACTOS DURANTE LA FASE DE DESMANTELAMIENTO

### 1. CALIDAD ATMOSFÉRICA

#### - **Contaminación acústica**

Durante la fase de desmantelamiento del parque se producirá un incremento del nivel sonoro presente en el entorno por la presencia de la maquinaria necesaria para el desmantelamiento de la instalación. Teniendo en cuenta la distancia a los núcleos más cercanos de población no se prevén molestias acústicas significativas por las obras.

#### - **Emisión de gases y partículas**

Durante esta etapa se producirá una pérdida de la calidad del aire como consecuencia del aumento de partículas en suspensión y emisión de partículas contaminantes procedentes de la maquinaria de obra y del tránsito de maquinaria por las vías de acceso.

### 2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS

#### - **Movimientos de tierra y compactación**

Se producirán movimientos de tierra correspondiente a la excavación de zanjas para la retirada de la red eléctrica subterránea y de las cimentaciones de los módulos fotovoltaicos. Posteriormente se procederá a la restitución de los terrenos a su situación original.

### **3. HIDROLOGÍA**

#### **- Contaminación de las aguas**

Igual que en la fase de construcción, el derrame accidental de aguas o residuos procedentes de vehículos, pueden incrementar la posibilidad de contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

### **4. VEGETACIÓN**

#### **- Daños indirectos sobre la vegetación circundante**

Durante las tareas de desmantelamiento y el movimiento de maquinaria se producirá el levantamiento de polvo en suspensión, que se depositará en la vegetación circundante, produciendo una disminución en los procesos de fotosíntesis.

### **5. FAUNA**

#### **- Molestias producidas durante las obras**

Como se ha comentado anteriormente, se producirá contaminación acústica que afectara a la fauna cercana a la instalación, provocando la huida a zonas más tranquilas. Las molestias serán temporales por lo que la situación volverá a la normalidad cuando las obras cesen.

### **6. MEDIO SOCIOECONÓMICO**

Durante la fase de desmantelamiento se necesitará maquinaria y material de obra, siendo necesaria la mano de obra. La gran mayoría del trabajo de desmantelamiento se realizará por personal cualificado existente en la zona.

### **7. PAISAJE**

El desmantelamiento supondrá la reversión del paisaje a la situación original. Por ello este trabajo producirá un impacto beneficioso sobre el paisaje.

Una vez descritos los impactos, se va valorar la influencia de cada uno de ellos en las distintas fases anteriormente descritas. Para ello se exponen en la siguiente tabla si el impacto es leve, moderado elevado o positivo.

| LEYENDA          |  |
|------------------|--|
| SIN IMPACTO      |  |
| IMPACTO LEVE     |  |
| IMPACTO MODERADO |  |
| IMPACTO ELEVADO  |  |
| IMPACTO POSITIVO |  |

|                                  |                                          | FASE DE CONSTRUCCIÓN | FASE DE EXPLOTACIÓN | FASE DE DESMANTELAMIENTO |
|----------------------------------|------------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| CALIDAD ATMOSFÉRICA              | Contaminación acústica                   |                      |                     |                          |
|                                  | Emisión de gases y partículas            |                      |                     |                          |
| GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS | Movimientos de tierras                   |                      |                     |                          |
|                                  | Ocupación del suelo                      |                      |                     |                          |
| HIDROLOGÍA                       | Alteración de la escorrentía superficial |                      |                     |                          |
|                                  | Contaminación de aguas                   |                      |                     |                          |
| VEGETACIÓN                       | Daños directos sobre la vegetación       |                      |                     |                          |
|                                  | Daños indirectos sobre la vegetación     |                      |                     |                          |
| FAUNA                            | Alteración de hábitats                   |                      |                     |                          |
|                                  | Colisión de avifauna                     |                      |                     |                          |
| MEDIO SOCIOECONÓMICO             |                                          |                      |                     |                          |
| PAISAJE                          |                                          |                      |                     |                          |

**Tabla 1. Impactos medioambientales**  
Fuente: Elaboración propia

**ANEJO N°11:  
VIABILIDAD ECONÓMICA**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                       |   |
|-------------------------------------------------------|---|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                  | 1 |
| 2. PRESUPUESTO.....                                   | 1 |
| 3. INGRESOS ESPERADOS.....                            | 2 |
| 3.1. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA.....                       | 2 |
| 3.2. PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA .....              | 3 |
| 3.3. CÁLCULO DE LOS INGRESOS ESPERADOS .....          | 4 |
| 4. COSTES DE EXPLOTACIÓN.....                         | 4 |
| 5. MÉTODOS DINÁMICOS .....                            | 5 |
| 5.1. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO .....              | 5 |
| 5.2. CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RENTABILIDAD ..... | 6 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                           |   |
|-------------------------------------------|---|
| Figura 1. Resumen de Presupuestos .....   | 1 |
| Figura 2. Datos de producción solar ..... | 2 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Tabla 1. Precios medios del MWh ..... | 3 |
| Tabla 2. Costes de explotación .....  | 5 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| Gráfica 1. Precios medios del MWh ..... | 3 |
|-----------------------------------------|---|

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a determinar la viabilidad económica del proyecto mediante el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad. Para llevar a cabo este proceso, es necesario conocer una serie de datos:

- Presupuesto del proyecto, es decir, el coste inicial.
- Ingresos esperados que generará el proyecto cada año. Estos se determinarán en función de:
  - La producción anual energética.
  - Precio de la energía.
- Costes de explotación anuales del parque fotovoltaico.

# 2. PRESUPUESTO

Para obtener la rentabilidad económica del proyecto es necesario conocer el desembolso inicial, el cual se ha calculado en el Documento 4 “Presupuestos”. A continuación se representará en la siguiente tabla el resumen de presupuestos obtenido tras la elaboración de dicho documento:

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                         | Capítulo                           | Total €             |
|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| C01                                            | Estudios previos                   | 7.500,00            |
| C02                                            | Preparación del terreno            | 539.994,40          |
| C03                                            | Sistema de montaje                 | 1.494.898,74        |
| C04                                            | Sistema eléctrico de baja tensión  | 5.100.614,69        |
| C05                                            | Montaje de la estación de MW       | 640.141,24          |
| C06                                            | Sistema eléctrico de media tensión | 26.301,02           |
| C07                                            | Elementos de seguridad             | 21.029,45           |
| C08                                            | Seguridad y salud                  | 30.000,00           |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. ....</b> |                                    | <b>7.860.479,54</b> |

**Figura 1. Resumen de Presupuestos**  
Fuente: Elaboración propia

El coste inicial del proyecto será de 7.860.479,54 €.

### 3. INGRESOS ESPERADOS

Otro elemento fundamental para el cálculo de la viabilidad económica son los ingresos que se esperan obtener tras la puesta en marcha de la instalación fotovoltaica. Para ello son necesarios los datos de producción y el precio de venta de la energía.

#### 3.1. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA

La producción energética ha sido calculada mediante el programa de simulación PVGIS, teniendo en cuenta la potencia de la instalación (13,8 MWh), las pérdidas del sistema (12%), y el ángulo de montaje 36°.

Los datos de producción de la instalación que se han calculado en el Anejo 5, son los siguientes:

| Entradas proporcionadas : |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Ubicación [Lat/Lon] :     | 41.950,-2.236      |
| horizonte :               | Calculado          |
| Base de datos utilizada : | PVGIS-SARAH2       |
| tecnología fotovoltaica : | silicio cristalino |
| FV instalada [kWp]:       | 13800              |
| Pérdida del sistema [%]:  | 12                 |

| Salidas de simulación :                              |             |
|------------------------------------------------------|-------------|
| Ángulo de inclinación [°]:                           | 36          |
| Ángulo de acimut [°]:                                | 0           |
| Producción anual de energía fotovoltaica [kWh]:      | 21966384.66 |
| Irradiación anual en el plano [kWh/m <sup>2</sup> ]: | 1918.62     |
| Variabilidad interanual [kWh]:                       | 743220.80   |
| Cambios en la producción debido a :                  |             |
| Ángulo de incidencia [%]:                            | -2.72       |
| Efectos espectrales [%]:                             | 0,96        |
| Temperatura y baja irradiancia [%]:                  | -4.01       |
| Pérdida total [%]:                                   | -17.04      |

**Figura 2. Datos de producción solar**  
Fuente: PVGIS

Observando la figura anterior se puede determinar que la producción energética anual de la instalación serán 21.966.384,66 kWh, o lo que es lo mismo 21.966,38 MWh.

### 3.2. PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA

El precio de la energía es necesario para el cálculo de los ingresos del sistema fotovoltaico, ya que es el que dará valor a cada MW producido por la instalación.

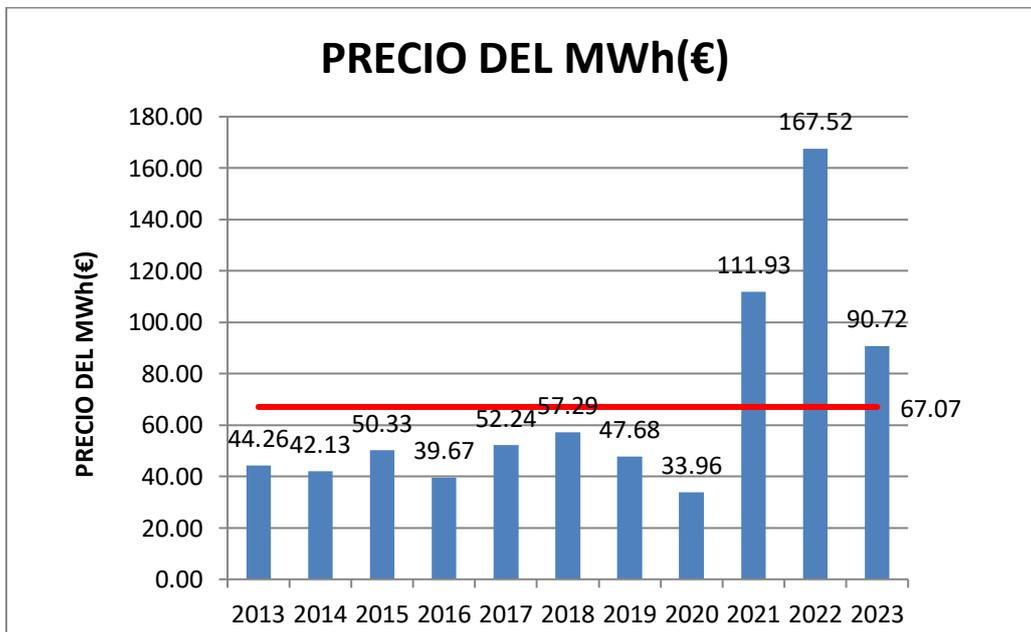
Para conocer el precio de venta de la electricidad se han solicitado los datos de precio del MWh horario de los últimos 10 años al OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía). Dicha organización ha facilitado los datos horarios tanto de España como de Portugal, siendo los primeros, los elegidos para el estudio de precios.

Para ello se han realizado las medias anuales del precio de la energía, de modo que se ha obtenido la siguiente tabla de precios:

| AÑO               | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021   | 2022   | 2023  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| PRECIO DEL MWh(€) | 44,26 | 42,13 | 50,33 | 39,67 | 52,24 | 57,29 | 47,68 | 33,95 | 111,93 | 167,52 | 90,72 |

Tabla 1. Precios medios del MWh  
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se ven representados los datos anteriores gráficamente:



Gráfica 1. Precios medios del MWh  
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se pueden observar los precios medios anuales del MWh en euros, representados encima de cada columna y también queda reflejada el precio medio de los últimos 10 años, siendo 67,07 € el MWh.

### 3.3. CÁLCULO DE LOS INGRESOS ESPERADOS

Tras conocer los datos de producción media anual y los datos de precios medios del MWh, se pueden determinar los ingresos anuales esperados.

Para ello se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{Ingresos anuales} = \text{Energía anual producida} \cdot \text{Precio de venta medio}$$

$$\text{Ingresos anuales} = 21.966,38 \text{ MWh} \cdot 67,07 \text{ €} = 1.473.285,10 \text{ € anuales}$$

## 4. COSTES DE EXPLOTACIÓN

Los costes de explotación de un parque fotovoltaico se refieren a los gastos recurrentes y necesarios para mantener y operar la planta durante su vida útil. Es por eso que hay que contar con estos gastos para realizar una viabilidad económica completa. Los costes de explotación son diversos, y se explican a continuación:

- Costes de mantenimiento: incluyen la limpieza regular de los paneles solares para eliminar el polvo y la suciedad que puedan afectar al rendimiento. A demás se incluyen los costes de reparaciones y reemplazo de componentes en caso de fallos o averías en los equipos.  
El coste de mantenimiento será de 18.000 € por MW, lo que nos da un total de 148.400 € anuales.
- Costes de operación y supervisión: incluyen el personal necesario para operar y supervisar la planta fotovoltaica, realizar inspecciones regulares, gestionar la monitorización de la producción de energía y realizar registros e informes.  
Los costes de operación y supervisión se estiman en 17.000 € anuales.
- Costes de seguros: los seguros son necesarios para cubrir posibles daños a la planta fotovoltaica, responsabilidad civil, robo, daños causados por eventos climáticos u otros incidentes imprevistos.  
El coste de los seguros se estima que serán 18.000 € anuales
- Costes administrativos y legales: incluyen los costes asociados a la gestión de permisos, licencias, trámites legales y regulaciones específicas.  
El coste administrativo se estima en 5.000 € anuales

En la siguiente tabla se verán representados los valores anteriormente descritos, obteniendo el total de dicha inversión:

| COSTES DE EXPLOTACIÓN |           |
|-----------------------|-----------|
| Mantenimiento         | 248.400 € |
| Operación             | 17.000 €  |
| Seguros               | 18.000 €  |
| Administrativos       | 5.000 €   |
| TOTAL                 | 288.400 € |

Tabla 2. Costes de explotación  
Fuente: Elaboración propia

Se destinarán un total de 288.400 € anuales en costes de explotación

## 5. MÉTODOS DINÁMICOS

### 5.1. CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta utilizada para determinar la rentabilidad de un proyecto. representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo generados por el proyecto y el valor presente de los desembolsos o inversiones requeridas.

El cálculo del VAN se realiza mediante la aplicación de una tasa de descuento, que refleja el costo de oportunidad de los fondos invertidos. La tasa de descuento tiene en cuenta factores como el riesgo del proyecto, las tasas de interés y la inflación.

Si el VAN es positivo indica que el proyecto es rentable y puede generar un retorno adecuado para los inversionistas. Si el VAN es negativo indica que el proyecto no es rentable y se espera que genere pérdidas.

El proceso para realizar dicho cálculo es el siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Siendo:

- $I_0$  : Inversión inicial
- $F$  : Flujos de caja en cada periodo
- $n$  : número de periodos
- $k$  : tipo de interés exigido

Suponiendo una tasa de interés del 1,5%, el VAN resultante tras una vida útil de 25 años, 16.689.879,05 €

## 5.2. CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RENTABILIDAD

La Tasa Interna de Rentabilidad indica la rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión.

Está relacionada con el Valor Actual Neto. La TIR se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

Si la  $TIR > k$ , el proyecto de inversión será aceptado.

Si la  $TIR = k$ , el proyecto podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si la  $TIR < k$ , el proyecto debe rechazarse

El proceso para realizar dicho cálculo es el siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Siendo:

- $I_0$  : Inversión inicial
- $F$  : Flujos de caja en cada periodo
- $n$  : número de periodos

Tras realizar dicho cálculo se obtiene una TIR del 15%.

En conclusión, el proyecto es viable, ya que VAN es mayor a 0 y por lo tanto el conjunto de los flujos de caja actualizados supera el valor actual de la inversión inicial, y la TIR supera el porcentaje del interés exigido

**DOCUMENTO N°2:**  
**PLANOS**



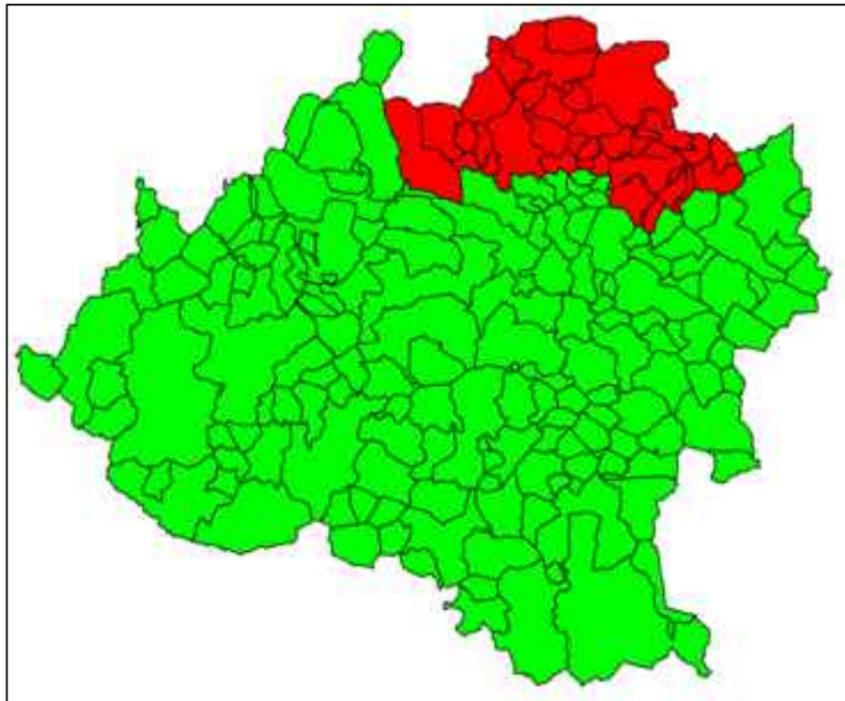
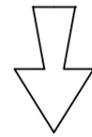
## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO N°1: PLANO DE SITUACIÓN
- PLANO N°2: ACCESOS Y UBICACIÓN
- PLANO N°3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN
- PLANO N°4: DISPOSITIVOS
- PLANO N°5: VALLADO PERIMETRAL
- PLANO N°6: CÁMARAS DE VIGILANCIA
- PLANO N°7: ESQUEMA UNIFILAR

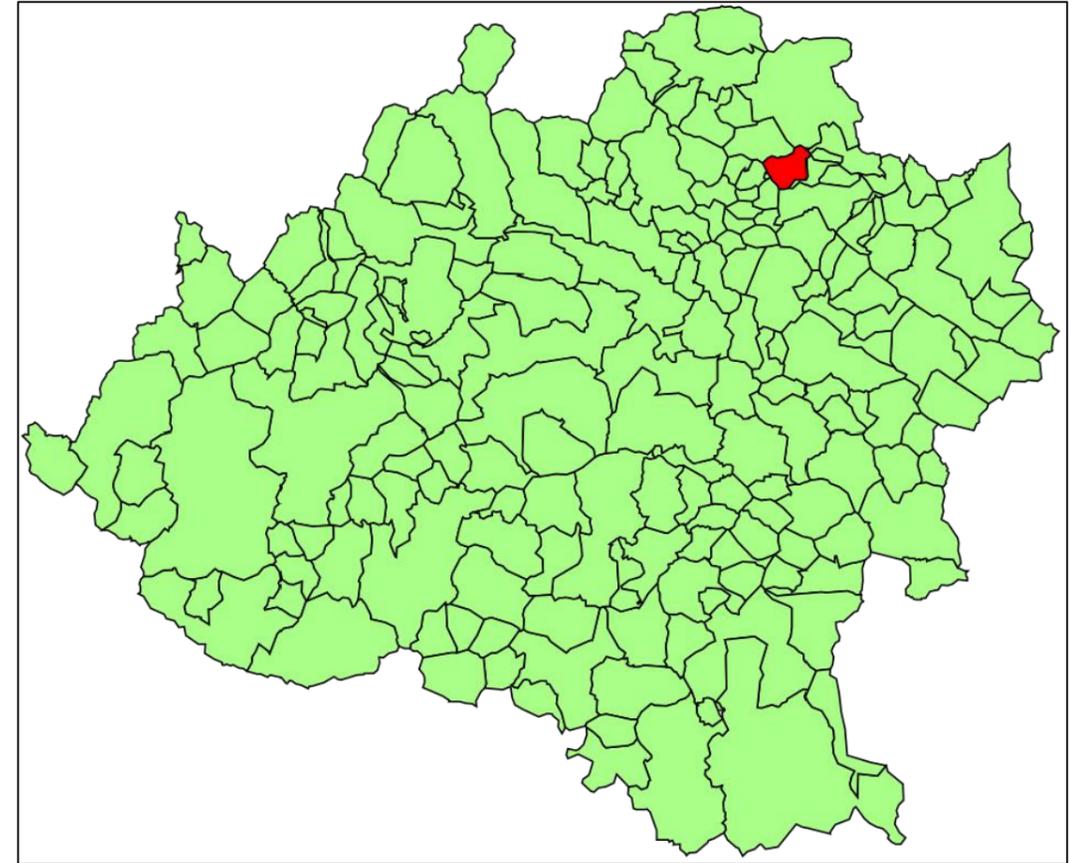
Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)



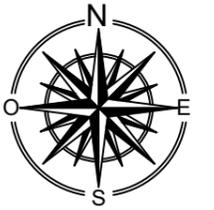
SORIA, CASTILLA Y LEÓN, ESPAÑA



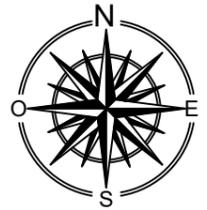
COMARCA DE TIERRAS ALTAS



TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS



|                                                                                                                                                                                                     |                                            |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  U.V.A.–E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br>PROMOTOR: |                                            |  |
| <b>TÍTULO:</b><br>PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                               |                                            |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                     | <b>ESCALA:</b><br>SIN ESCALA               |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>PLANO DE SITUACIÓN | <b>PLANO Nº:</b><br>1                                                                 |



COORDENADAS DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO 41,949746 , -2,236073



ESCALA 1:40000

ENTRADA SO-615



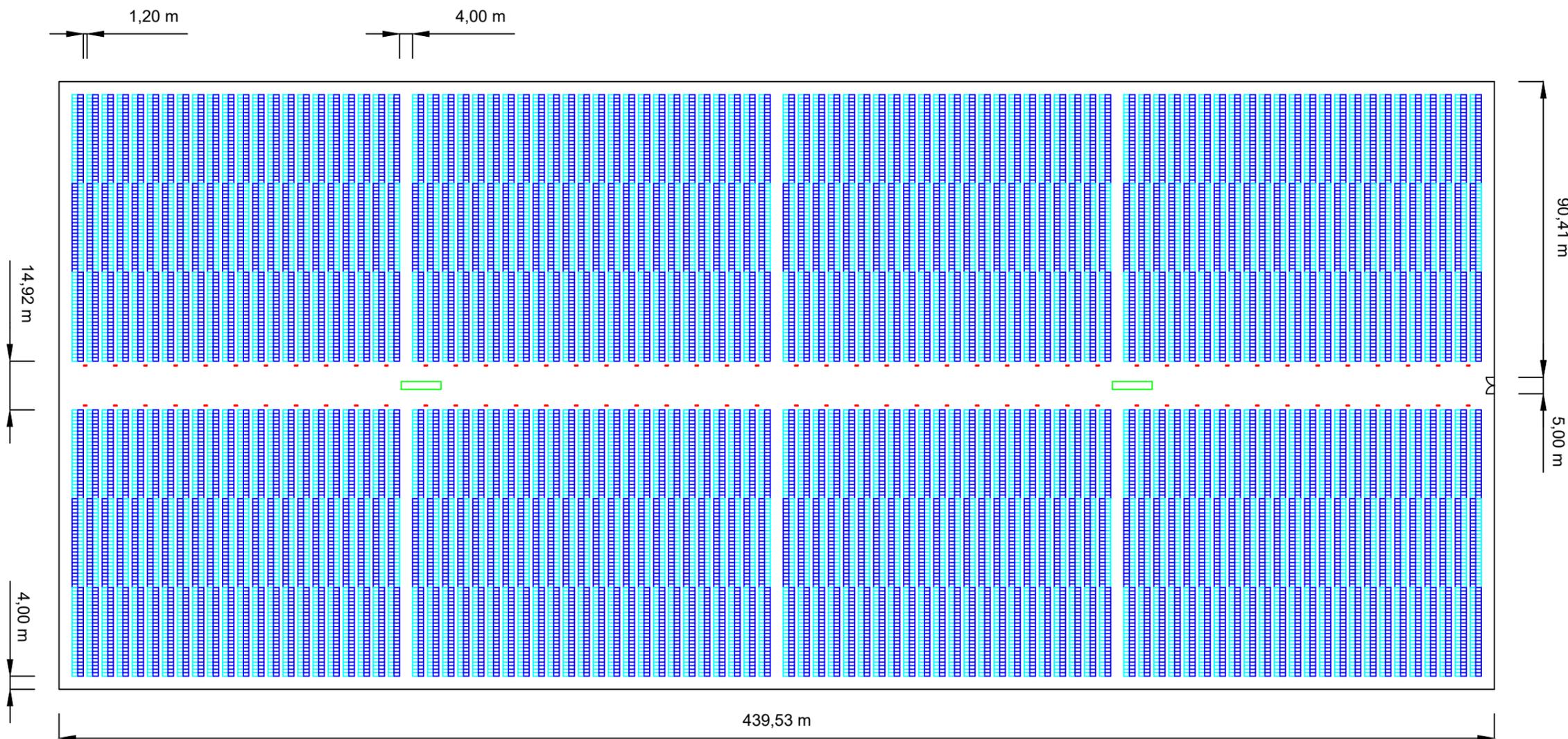
ESCALA 1:20000

ENTRADA SO-630



ESCALA 1:20000

|                                                                                                                                                                                                     |                                             |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  U.V.A.–E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br>PROMOTOR: |                                             |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                                  |                                             |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                     | <b>ESCALA:</b><br>VARIAS                    |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>ACCESOS Y UBICACIÓN | <b>PLANO Nº:</b><br>2                                                                 |

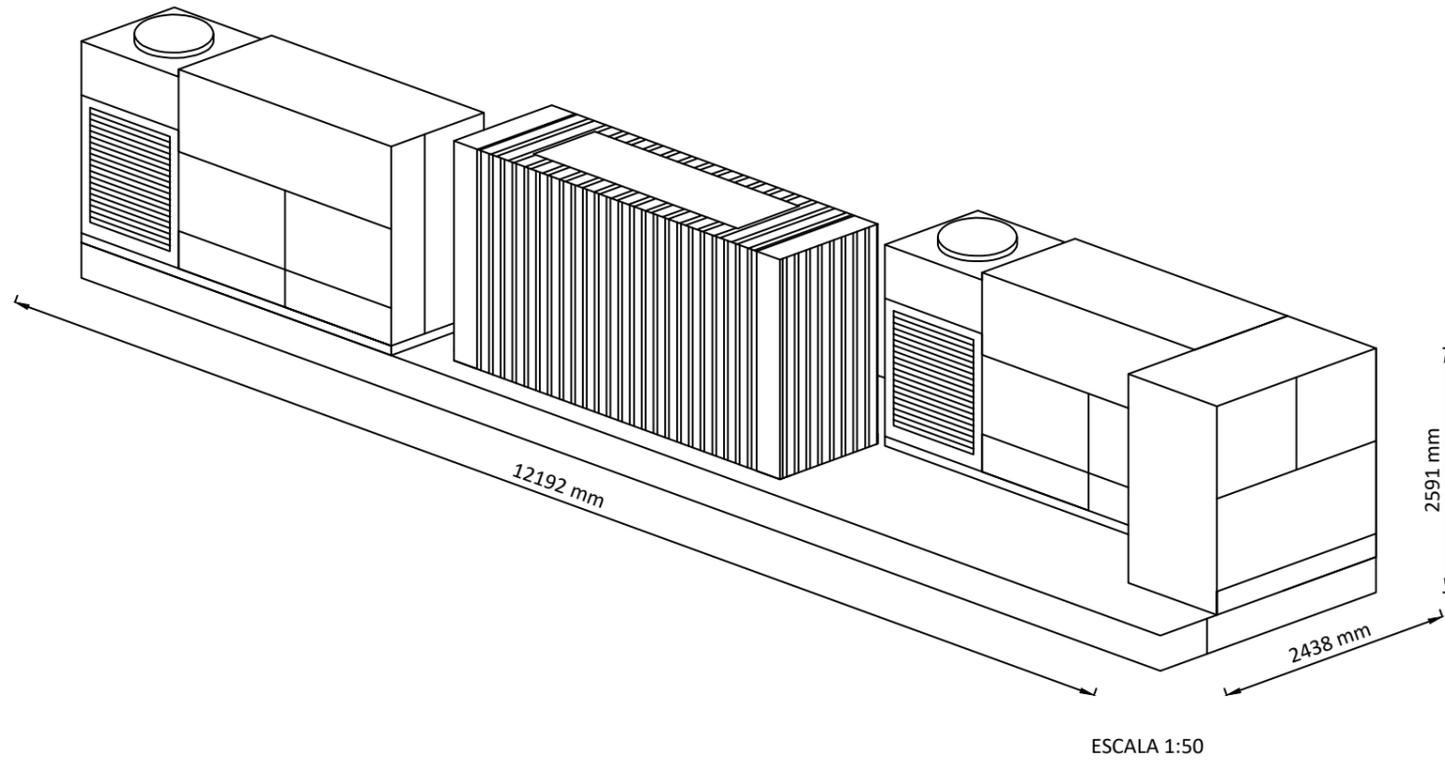


| 1 |   | 2       |  | Coordenadas                       |
|---|---|---------|--|-----------------------------------|
| 3 | 4 |         |  |                                   |
|   |   | Punto 1 |  | X: 563176,0364<br>Y: 4644583,8800 |
|   |   | Punto 2 |  | X: 563361,8675<br>Y: 4644583,8800 |
|   |   | Punto 3 |  | X: 563176,0364<br>Y: 4644144,3500 |
|   |   | Punto 4 |  | X: 563361,8675<br>Y: 4644144,3500 |

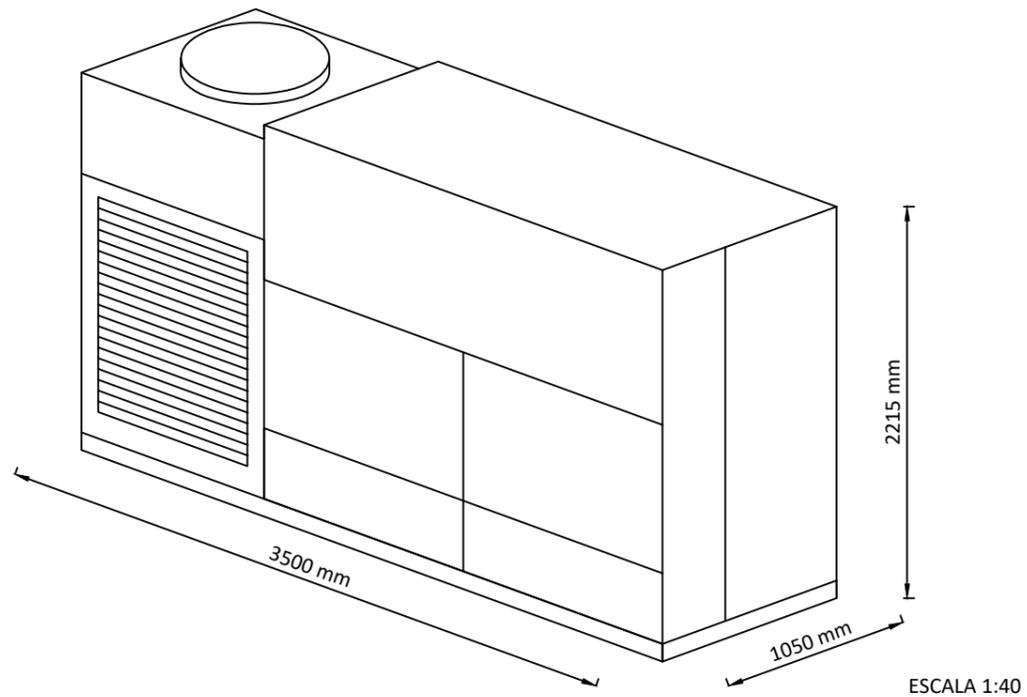
| LEYENDA |                                                 |
|---------|-------------------------------------------------|
|         | String (conjunto de 25 paneles en serie)(x1104) |
|         | Estación de MW (x2)                             |
|         | Cajas de combinación (x92)                      |

|                                                                                                                                                                                                                     |                                                  |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>U.V.A. – E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA</b><br><b>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA</b><br>PROMOTOR: |                                                  |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                                                  |                                                  |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                                     | <b>ESCALA:</b><br>1:1500                         |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>DISEÑO DE LA INSTALACIÓN | <b>PLANO Nº:</b><br>3                                                                 |

**ESTACIÓN DE MW (x2)**  
INGECON SUN FSK C Series

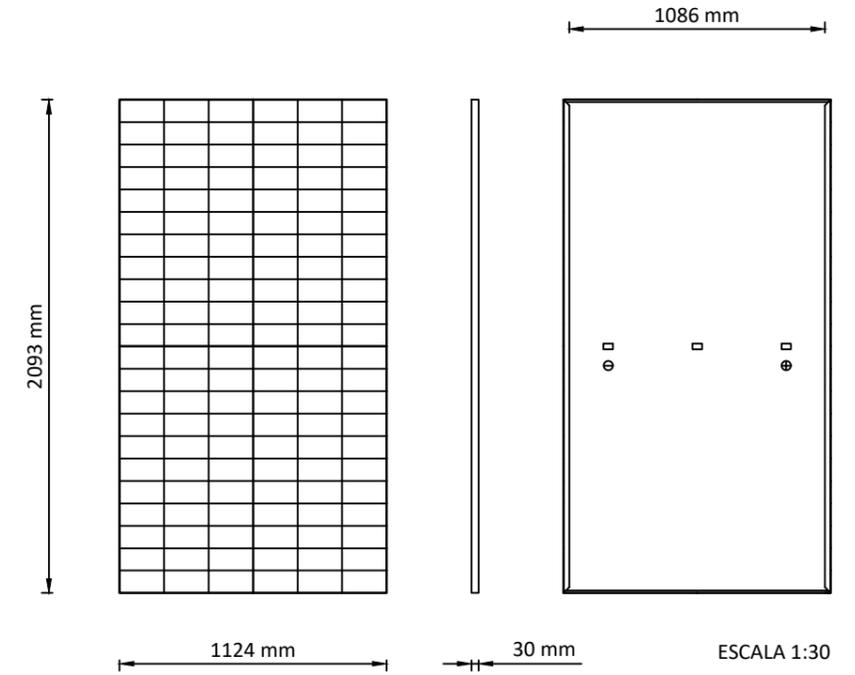


**INVERSOR (x4)**  
INGECON SUN 3825TL C600



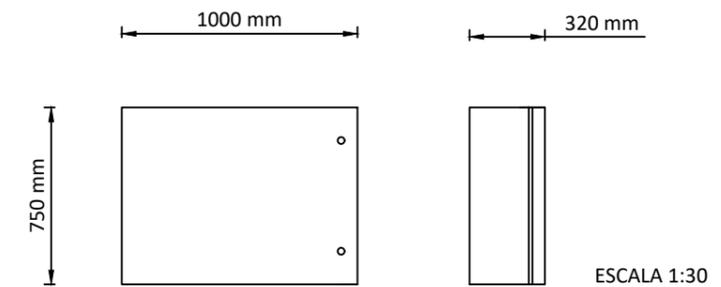
**MÓDULOS FOTOVOLTAICOS (x27600)**

JA SOLAR JAM66S30-500/MR

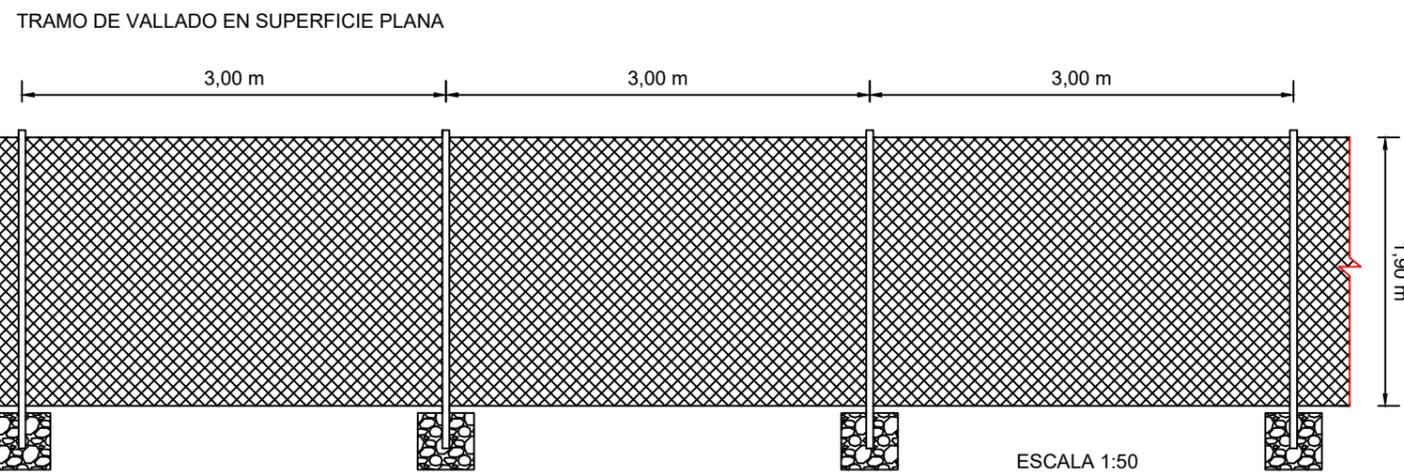
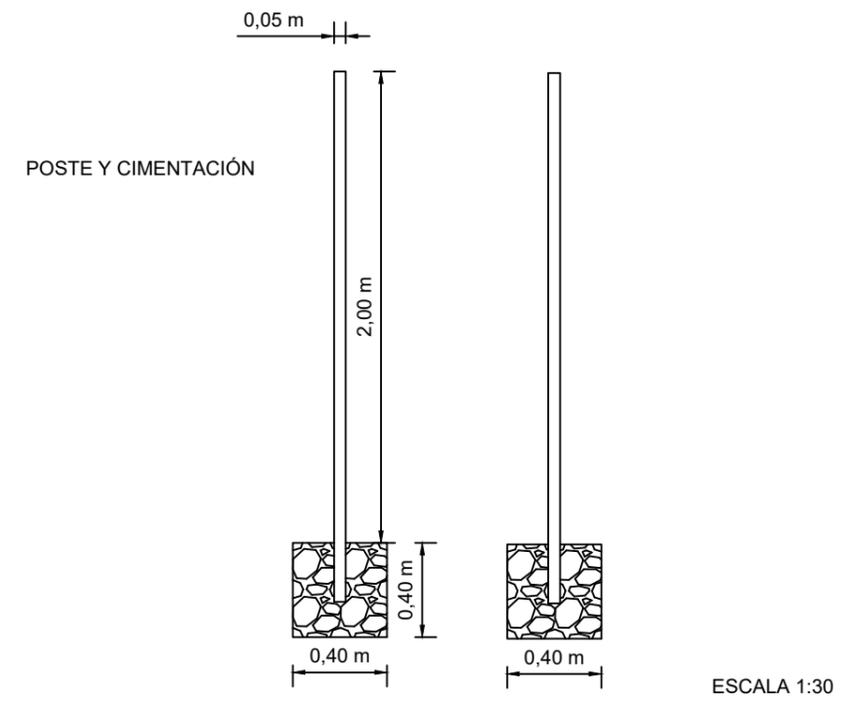
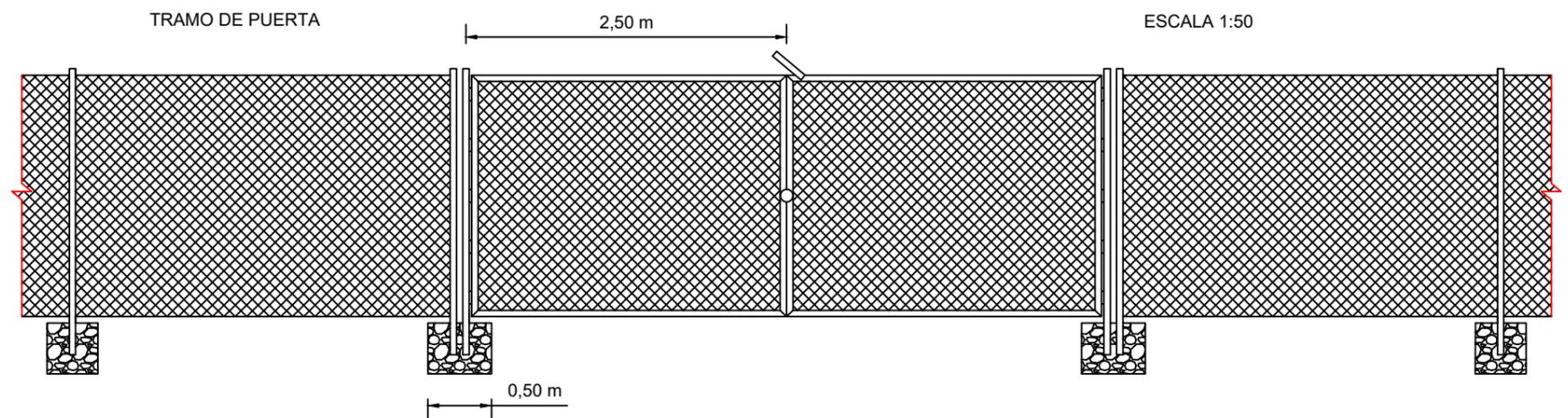
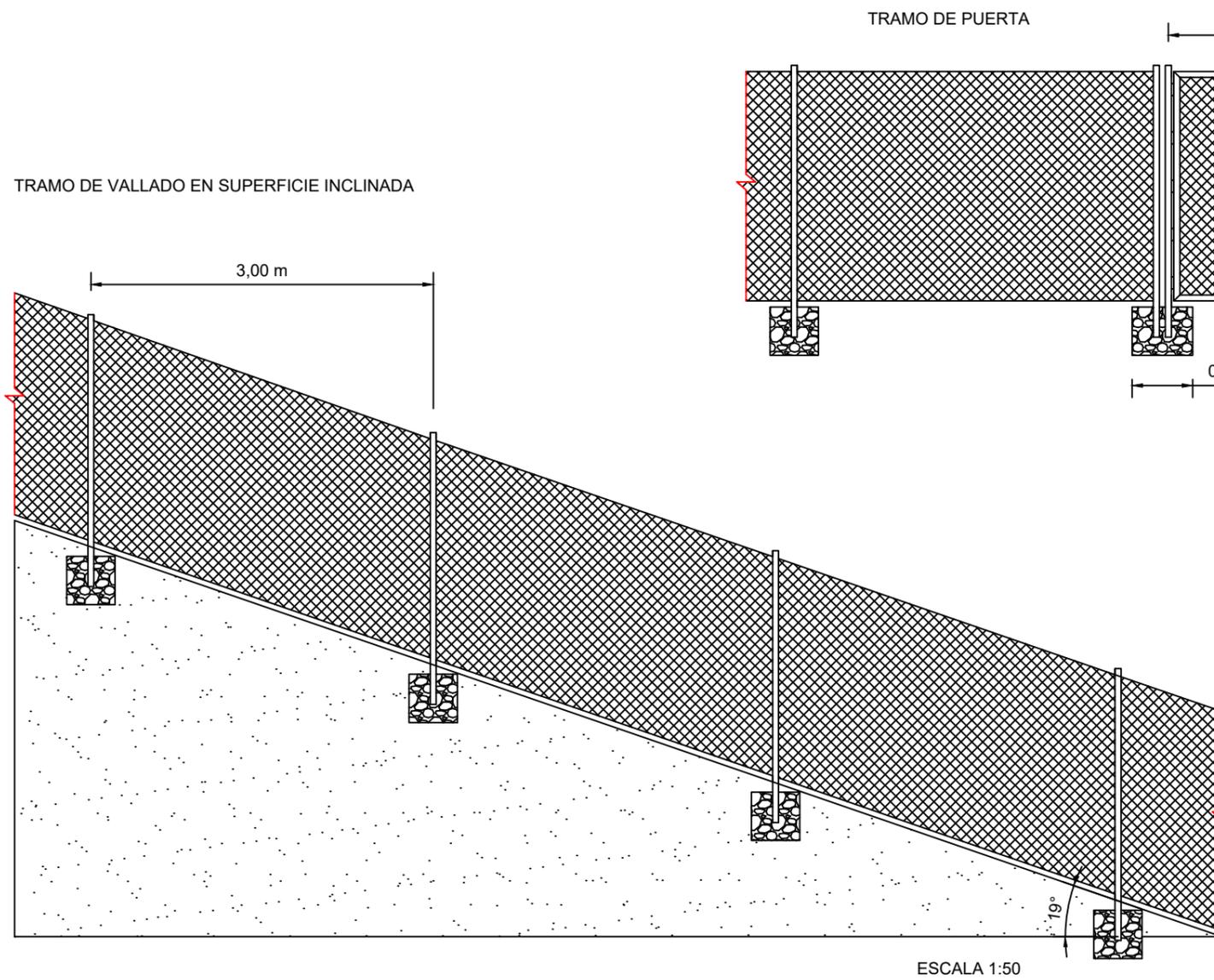


**CAJAS DE COMBINACIÓN (x92)**

INGECON SUN String Box M12



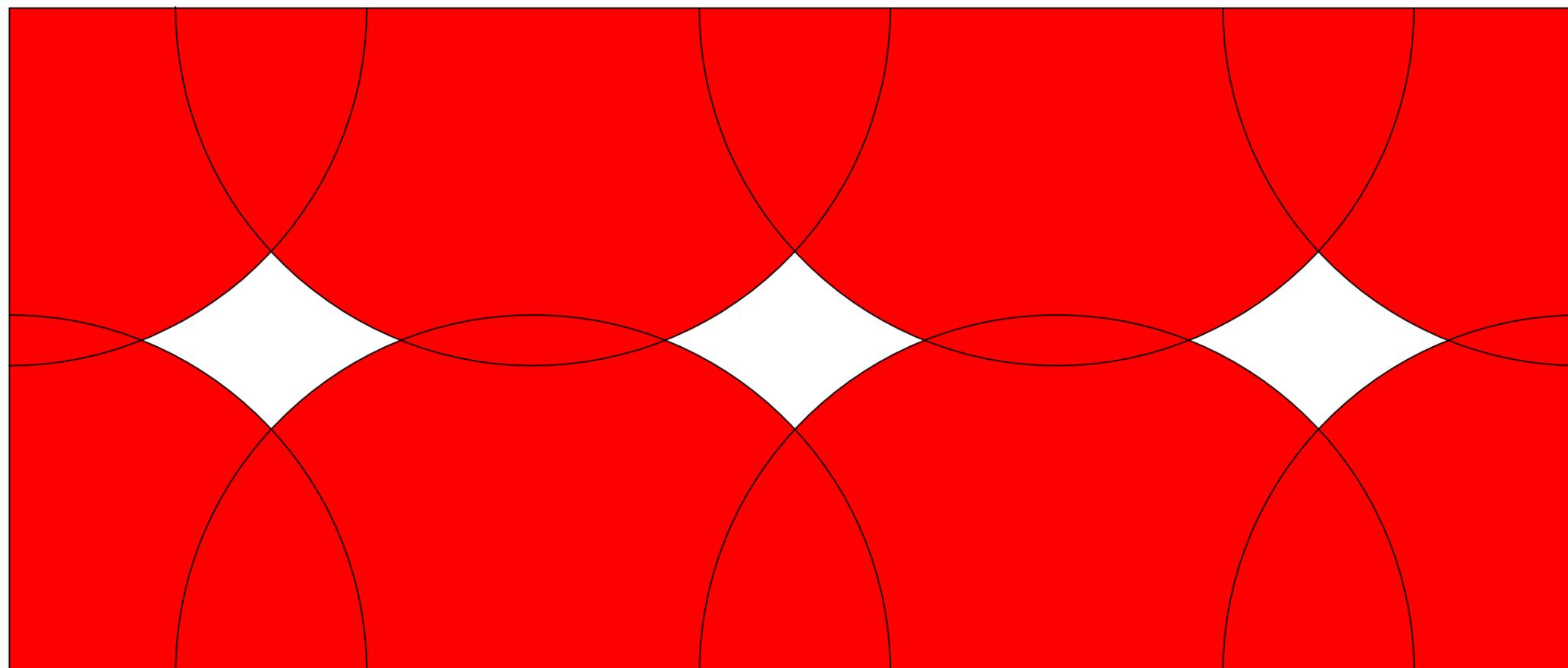
|                                                                                                                                                                                                     |                                      |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  U.V.A.–E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br>PROMOTOR: |                                      |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                                  |                                      |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                     | <b>ESCALA:</b><br>VARIAS             |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>DISPOSITIVOS | <b>PLANO N°:</b><br>4                                                                 |



|                                                                                                                                                                                                     |                                            |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  U.V.A.–E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br>PROMOTOR: |                                            |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                                  |                                            |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                     | <b>ESCALA:</b><br>VARIAS                   |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>VALLADO PERIMETRAL | <b>PLANO Nº:</b><br>5                                                                 |

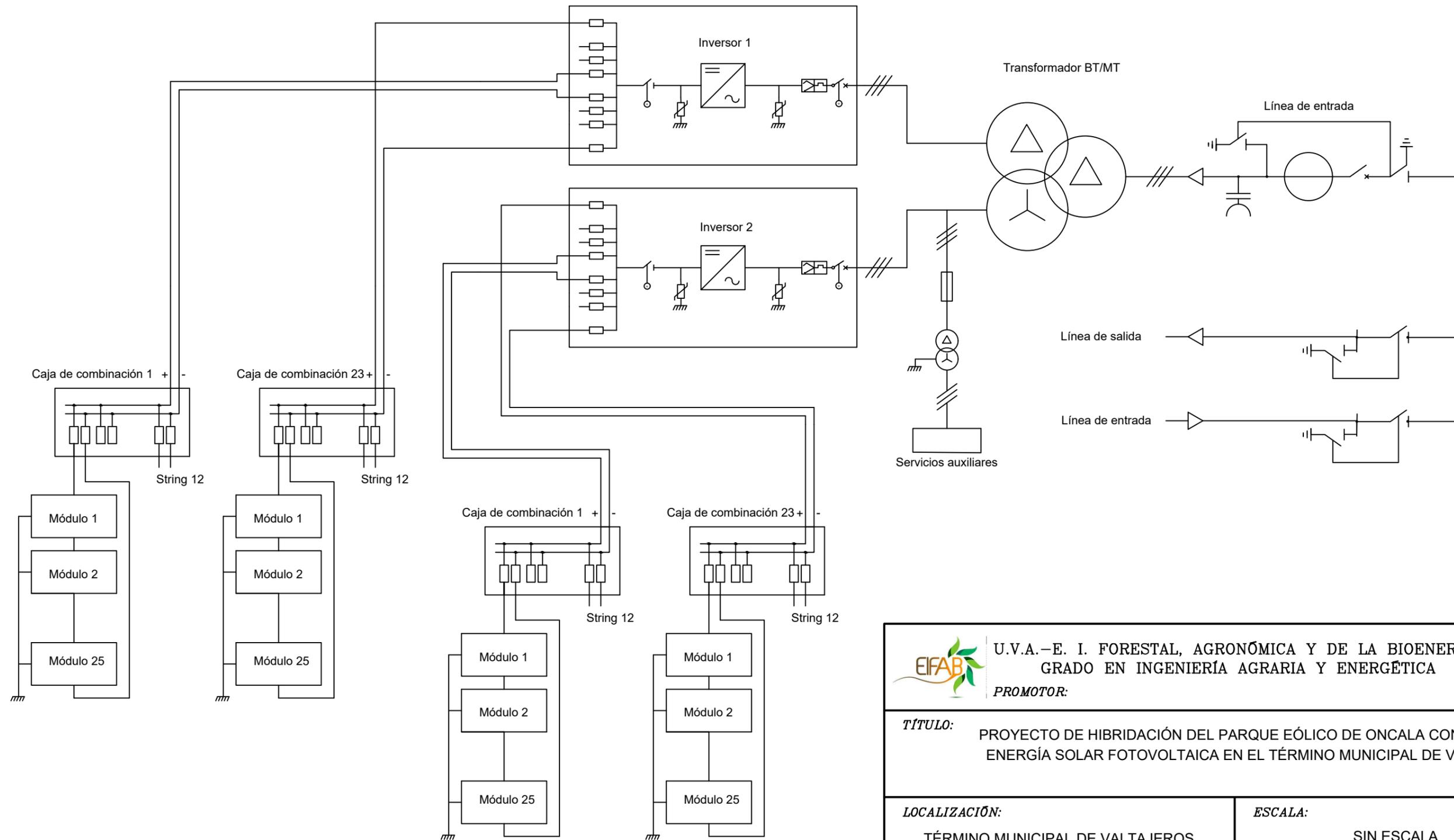
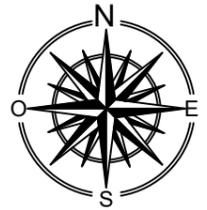


146,50 m



|                      |                              |                               |                |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|
| <br>Puerta de acceso | <br>Cámara de vigilancia 90° | <br>Cámara de vigilancia 180° | <b>Leyenda</b> |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                      |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | U.V.A.-E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br><i>PROMOTOR:</i> |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS |                                                                                                                      |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                    | <b>ESCALA:</b><br>1:1500                                                                                             |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                   | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>CÁMARAS DE VIGILANCIA                                                                        | <b>PLANO N°:</b><br>6                                                                 |



|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  U.V.A. – E. I. FORESTAL, AGRONÓMICA Y DE LA BIOENERGÍA<br>GRADO EN INGENIERÍA AGRARIA Y ENERGÉTICA<br>PROMOTOR: |                                                                                |  |
| <b>TÍTULO:</b> PROYECTO DE HIBRIDACIÓN DEL PARQUE EÓLICO DE ONCALA CON 13,8 MW DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS                                                    |                                                                                |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>TÉRMINO MUNICIPAL DE VALTAJEROS (SORIA)                                                                                                                                       | <b>ESCALA:</b><br>SIN ESCALA                                                   |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> 25/06/2023<br><b>FIRMA:</b><br>Daniel Andrés Ayuso                                                                                                                                      | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>ESQUEMA UNIFILAR CORRESPONDIENTE A CADA ESTACIÓN DE MW | <b>PLANO N°:</b><br>7                                                                 |

**DOCUMENTO N°3:  
PLIEGO DE CONDICIONES**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO .....                   | 1  |
| 2. UBICACIÓN .....                                     | 1  |
| 3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA .....       | 1  |
| 3.1. OBRA CIVIL .....                                  | 1  |
| 3.2. INSTALACIONES, MAQUINARIA Y EQUIPOS .....         | 3  |
| 4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA .....   | 5  |
| 4.1. DEFINICIÓN Y ATRIBUCIONES .....                   | 5  |
| 4.2. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO ..... | 7  |
| 4.3. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN .....         | 7  |
| 5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....     | 7  |
| 5.1. GARANTÍAS .....                                   | 7  |
| 5.2. FIANZA PROVISIONAL Y DEFINITIVA .....             | 8  |
| 5.3. DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA .....                     | 8  |
| 6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL .....         | 8  |
| 6.1. PERMISOS Y LICENCIAS .....                        | 8  |
| 6.2. CUMPLIMIENTO NORMATIVO .....                      | 9  |
| 6.3. DERECHOS DE CONEXIÓN Y ACCESO A RED .....         | 10 |
| 6.4. NORMATIVAS MEDIOAMBIENTALES .....                 | 10 |
| 6.5. CUMPLIMIENTO TRIBUTARIO Y FISCAL .....            | 10 |
| 6.6. SEGUROS Y RESPONSABILIDAD CIVIL .....             | 11 |

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

# 1. OBJETO Y ALCANCE DEL PLIEGO

Son objeto de este pliego todos los trabajos de los diferentes oficios necesarios para la realización del proyecto, incluidos los materiales, así como la normativa legal a la que están sujetos todos los procesos y personas que intervienen en la obra.

Este pliego junto con los documentos de la memoria, planos y presupuestos son los documentos que han de servir de base para la realización de las obras.

## 2. UBICACIÓN

El proyecto se ubicará en el Término municipal de Valtajeros tal y como se indica en la memoria y los planos. Tomando como referencias las coordenadas proporcionadas y respetando las fincas según indica la información catastral.

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

Este pliego se centrará en cuestiones relacionadas con la forma de realizar los trabajos, tipos de materiales y de maquinaria a utilizar.

### 3.1. OBRA CIVIL

- Preparación del terreno y movimientos de tierra
- La preparación y el movimiento de tierras se realizarán para adecuar el terreno donde se instalarán los paneles solares y otros componentes del sistema fotovoltaico. A continuación se describirán brevemente los principales pasos involucrados en la preparación del terreno:
- Despeje del terreno. Tras una evaluación del terreno, se retirarán los obstáculos y vegetación existente en el área donde se instalarán los paneles. Esto incluirá arbustos, maleza y otros elementos que interfieren con el espacio requerido.
- Nivelación del terreno. Se realizará la nivelación del terreno para asegurar una base uniforme y estable. Se emplearán técnicas de excavación y relleno para alcanzar la nivelación requerida.

- Compactación del suelo. se realizará la compactación del suelo para asegurar una base firme y estable para el anclaje de las estructuras de soporte de los paneles solares. Se utilizarán equipos de compactación como rodillos vibrantes o compactadoras, de modo que se logre la densidad de suelo deseada.
  - Excavación de zanjas y canales. Se llevará a cabo dicha excavación para el tendido del cableado eléctrico y las conexiones subterráneas entre los paneles solares, inversores y transformador.
  - Manejo de residuos y protección ambiental. Durante todas las etapas anteriormente descritas, se deben seguir prácticas adecuadas de manejo de residuos y protección ambiental. Esto implica la disposición adecuada de los desechos generados y la implementación de medidas para prevenir la erosión del suelo y minimizar los impactos en los ecosistemas circundantes.
- Cimentación y estructuras de soporte

Las estructuras de sujeción de los paneles irán ancladas directamente al suelo sin necesidad de ningún tipo de cimentación, mediante una estructura biposte hincada 1,2 metros.

Por otro lado, si será necesaria la cimentación de la superficie que ocuparán los inversores y las casetas prefabricadas.

- Sistema de drenaje y control de agua

La inclinación de la superficie del parque fotovoltaico ayudará al drenaje del agua.. Aun así serán necesarios sistemas de canalización adicionales, que evacúen en caso de acumulación del agua por altos niveles de precipitación y así proteger el sistema fotovoltaico.

Por otro lado se deberá de permeabilizar los componentes de interés, así como el control de la vegetación que pueda ocasionar obstrucciones en los desagües y canalizaciones.

- Caminos de acceso y áreas de trabajo

En cuanto a los caminos de acceso, será necesaria la ampliación del camino que da acceso a la finca.

En cuanto al interior del sistema fotovoltaico, se facilitarán distintas vías para el acceso de vehículo y personal de mantenimiento tal y como se muestra en los planos.

- Instalaciones auxiliares

Las instalaciones auxiliares del sistema fotovoltaico serán pequeñas construcciones prefabricadas que alberguen herramientas básicas para los personales de construcción del mismo, así como vestuarios.

- Gestión de residuos

Para una correcta gestión de residuos se identificarán todos los materiales a utilizar y estimar la cantidad de residuos generados para su tratamiento y deposición. Por ello existirán áreas de almacenamiento adecuadas para separar los distintos tipos de residuos generados durante la construcción, facilitando el posterior tratamiento y reciclaje.

### **3.2. INSTALACIONES, MAQUINARIA Y EQUIPOS**

- Paneles solares.

Los paneles solares serán de silicio monocristalino y con 500W de potencia unitaria, como se ha mencionado en la memoria.

Todos los módulos serán del mismo modelo nombrado en la memoria, o en su defecto, deben garantizar las mismas características y prestaciones para que sean totalmente compatibles entre ellos y con el resto de la instalación. Deberán cumplir con las especificaciones UNE-EN 62215, así como estar cualificados por un laboratorio reconocido.

Se deberá tener en cuenta la inclinación y orientación de los paneles tal y como se han descrito en el Anejo Diseño de la instalación fotovoltaica, de modo que se eviten las proyecciones de sombras entre módulos y filas y evitar así pérdidas de producción.

- Estructura de montaje

La estructura de montaje será una estructura biposte, hincada directamente sobre el terreno acondicionado. Igualmente deberán cumplir las especificaciones de este apartado. Estará formada por perfiles de acero laminado en frío.

Dicha estructura será capaz de soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos tales como el viento, la nieve,...

- Inversores

Debe de ser capaz de extraer en todo momento la máxima potencia que el campo fotovoltaico genere a lo largo del día.

Los inversores deberán cumplir con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y tendrán la señalización correspondiente para su correcta operación y manejo. A demás tendrán que ser compatibles con la estación de potencia.

Los inversores deberán trabajar a temperaturas entre 0° y 45° C y niveles de humedad relativa entre 0% y 85%.

- Transformador

Será el predeterminado por la estación de mw, capaz de elevar la tensión a 30 000V, con potencia suficiente para admitir la energía convertida por los inversores.

- Cableado

Los conductores serán de cobre o aluminio según indica los documentos de la memoria y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos, tal y como se han calculado en el Anejo 5: Diseño de la instalación fotovoltaica.

Deberán tener una sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior a 1,5% en la parte de corriente continua, e inferior a 3% en la parte de corriente alterna.

- Protecciones y puesta a tierra

Todas las instalaciones se adecuarán al Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el cual se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, de la parte de continua como de alterna, sestarán conectadas a tierra.

- Maquinaria a utilizar

Excavadora: se utilizarán en los trabajos de nivelación del terreno y para excavar zanjas para el tendido de cables subterráneos.

Camión volquete: se empleará para el transporte de grava, tierra y arena, que se utilizarán para la creación y acondicionamiento del nuevo camino.

Grúa: necesarias para la correcta carga y descarga de los camiones de transporte de material. También serán utilizadas para instalar los inversores y los paneles solares.

Máquina hincadora: utilizada para hincar los postes que formarán los soportes de la estructura.

Herramienta forestal: utilizada para el desbroce y retirada de la masa vegetal que habita la instalación.

Equipos de seguridad: también se requerirá de andamios, escaleras, arneses, cascos, y otros equipos de protección persona

Toda la maquinaria estará en perfectas condiciones, y los equipos de seguridad estarán certificados.

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

La interpretación del Proyecto es una tarea que le corresponde al Director de Obra, a quien el contratista debe obedecer en todo momento durante la ejecución de las obras. En caso de desacuerdo entre estos dos cargos, la decisión del Director de Obra tiene mayor peso y se ha de considerar esa interpretación.

Existirán lugares de reunión dentro de la instalación para decidir temas, dar órdenes y consultar los planos. En dicha oficina el contratista tendrá una copia de todos los documentos que forman el proyecto, facilitados por el Director de Obra, así como el Libro de Órdenes, que advierte de los posibles accidentes en los trabajadores, viandantes, fincas colindantes, etc, y que incluye las medidas necesarias para evitar en gran medida todos estos contratiempos.

### **4.1. DEFINICIÓN Y ATRIBUCIONES**

A los efectos de este pliego y demás documentos del Proyectos se fijan las siguientes definiciones, teniendo en cuenta las atribuciones principales de cada uno de ellos.

- Dirección Facultativa

Le corresponde realizar la interpretación técnica, económica y estética del Proyecto, así como indicar los pasos necesarios para el desarrollo completo del trabajo. De este modo establecerá los detalles, adaptaciones y modificaciones precisas para la correcta realización de la obra.

Los documentos que integran el proyecto deberán ser entregados por la dirección facultativa, para disponer del desarrollo completo de las obras y de las soluciones detalladas.

- Contratista

Es toda persona física, jurídica, pública o privada que de acuerdo con la legislación vigente se ocupa de la realización material de la obra o de una parte de ella por encargo directo de la propiedad.

No se considerarán como tales los que hayan podido ser subcontratados, por ello la responsabilidad en las posibles deficiencias o incumplimientos del proyecto será del contratista.

Está obligado a conocer la reglamentación y cumplirla estrictamente en todos sus aspectos.

El contratista dispondrá de un representante, el cual recibirá órdenes de la Dirección, y le comunicando estas órdenes.

El contratista será responsable ante los Tribunales de los accidentes que por impericia o descuido sobrevengan en la ejecución de la obra o afecten a terceros, por no cumplir la reglamentación.

- Propiedad o promotor

Persona física o jurídica, pública o privada que se propone ejecutar, con planteamientos legales, una obra.

Podrá exigir a la Dirección Técnica que desarrolle las iniciativas adecuadas para la ejecución de la obra.

El Promotor está obligado a suministrar los recursos necesarios para su buena ejecución.

Está obligado a entregar una copia del contrato al Director Técnico, para certificar los pactos.

- Coordinador de seguridad

Al frente de la seguridad de la obra estará un titulado de nivel superior en prevención de riesgos laborales. Dicho cargo será el máximo responsable en los aspectos relativos a la seguridad, destacando las siguientes funciones:

- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud de cada contratista
- Análisis de todos los accidentes
- Elección de medios de protección
- Comunicación con los servicios sanitarios

- Inspección de medios
- Aprobación de métodos de trabajo
- Inspección del cumplimiento de las normas
- Capacidad de paralización de las obras por incumplimiento del plan de seguridad.

## **4.2. VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Antes del comienzo de las obras, el contratista comprobará que la documentación aportada resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada. En el caso de existir documentación insuficiente, será necesario solicitar las aclaraciones pertinentes.

Para la realización de las obras, el contratista quedará sujeto a las leyes y reglamentos vigentes.

## **4.3. ANÁLISIS DE RIESGOS Y SU PREVENCIÓN**

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, es necesario redactar un Plan de Seguridad y Salud, donde se dividirán los trabajos de las obras por especialidades o unidades de construcción. En dicho documento se expondrán los posibles riesgos o accidentes de cada trabajo, con sus respectivas soluciones, es decir, buenos métodos de trabajo y medios auxiliares que asegurarán las obras, como medios de protección adecuados.

# **5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

## **5.1. GARANTÍAS**

La instalación será reparada si ha sufrido alguna avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre y cuando haya sido manipulada de forma correcta con lo establecido en el manual.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, por lo que se deberá justificar mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

## **5.2. FIANZA PROVISIONAL Y DEFINITIVA**

La fianza provisional es un conjunto de garantías que deberá presentar el contratista al inicio del proyecto como respaldo para cubrir posibles incumplimientos o incumplimientos parciales durante la ejecución del contrato. De esta forma se protegerá al cliente y al promotor del proyecto en caso de que el contratista no cumpla con sus obligaciones, como podrían ser retrasos, deficiencias en la calidad o incumplimientos contractuales.

Tendrá un porcentaje del valor total del contrato y estará vigente durante la fase de construcción. En caso de que se produzcan incumplimientos, el promotor podrá reclamar a la compañía de seguros que emitió la fianza para recibir una compensación financiera.

La fianza definitiva o garantía de cumplimiento se presentará al finalizar el proyecto y garantizará que el contratista ha cumplido con todas las obligaciones contractuales establecidas en los términos del contrato.

Esta fianza estará vigente durante un periodo de dos años después de la finalización del proyecto. Durante este periodo el cliente podrá presentar una reclamación para obtener compensación financiera.

Con la existencia de estas fianzas se garantizarán los intereses de todas las partes del proyecto.

## **5.3. DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA**

La devolución de la fianza se realizará tras el vencimiento del periodo de fianza presente en el contrato, es decir, si el contratista recibirá la fianza al final del periodo de validez después de la finalización del contrato, si no se han presentado reclamaciones o constan defectos.

# **6. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL**

## **6.1. PERMISOS Y LICENCIAS**

El contratista tendrá en su posesión los permisos, licencias y dictámenes necesarios para llevar a cabo la ejecución de las obras. Estos serán necesarios para la obtención de la aprobación y autorización de puesta en servicio. Dichos permisos serán:

Permiso de construcción: solicitado al Ayuntamiento de Valtajeros, muestra la conformidad con la construcción e instalación de la infraestructura (estructuras, paneles fotovoltaicos, inversores, líneas de transmisión, ...), además de las vías de acceso a la finca y su perímetro.

Licencia de actividad: para operar el parque híbrido se necesitará obtener esta licencia para autorizar la producción y venta de electricidad. Se solicitará ante la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Autorización administrativa previa: útil para la puesta en marcha del proyecto. Autorización emitida por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Dicha autorización verifica la viabilidad técnica económica y legal del proyecto.

## **6.2. CUMPLIMIENTO NORMATIVO**

Para la ejecución del proyecto híbrido será necesario cumplir una serie de normativas y regulaciones específicas. A continuación se definirán aquellas que han sido necesarias:

- Normativas de energía renovable: el proyecto cumplirá con la normativa establecida en la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, que promueve el uso de energías renovables y establece los requisitos para la generación y la conexión eléctrica.
- Ley de evaluación ambiental: el proyecto estará sujeto a la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, que establece los procedimientos y requisitos para la evaluación de impacto ambiental y protección del entorno natural.
- Normas técnicas: el diseño y la construcción del parque cumplirán con las normas técnicas y estándares establecidos por los organismos competentes, como la Asociación Española de Normalización (UNE).
- Normativas de seguridad y salud laboral: el proyecto cumplirá con las normativas de seguridad y salud laboral establecidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y otras regulaciones aplicables para garantizar un entorno de trabajo seguro.
- Normas de interconexión: el proyecto cumplirá con las normas y requisitos técnicos establecidos por el operador de la red eléctrica para garantizar una correcta interconexión y operación segura del sistema eléctrico.

### **6.3. DERECHOS DE CONEXIÓN Y ACCESO A RED**

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el 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.

Todos estos trámites de conexión a red se encuentran resueltos, debido a la existencia del punto de vertido del Parque de Oncala, ya existente.

### **6.4. NORMATIVAS MEDIOAMBIENTALES**

El proyecto deberá contemplar un estudio que contemple los impactos asociados durante las fases de construcción, explotación y desmantelamiento.

Los impactos de la fase de construcción y los impactos de la fase de desmantelamiento son del mismo tipo debido a que los procesos de obra son muy similares. Con la diferencia que, la fase de desmantelamiento incluirá las labores de restitución de terrenos y accesos y la recuperación de usos tradicionales del suelo, o que generará principalmente impactos positivos.

Como ya se ha visto en el Anejo 10: Impactos Medioambientales, los puntos a observar durante las tres fases anteriormente mencionadas son:

- Calidad atmosférica
- Geología, geomorfología y suelo
- Hidrología
- Vegetación
- Fauna
- Paisaje
- Figuras de protección ambiental
- Medios socioeconómico

Dichos impactos cumplen están dentro de la normativa medioambiental.

Hay que precisar que el Estudio de Impacto Medioambiental será el mismo que se redactó para la construcción del parque eólico, ya que van a compartir la misma zona de explotación, por lo que no será necesario volver a elaborarlo.

### **6.5. CUMPLIMIENTO TRIBUTARIO Y FISCAL**

Para asegurar que el proyecto cumpla con todas las obligaciones fiscales y tributarias aplicables se realizarán los siguientes procesos:

- Impuestos sobre la renta: el proyecto estará sujeto al impuesto sobre la renta o impuesto de sociedades, que grava los beneficios obtenidos por la actividad empresarial. Las ganancias generadas por la venta de electricidad y otros ingresos relacionados con el proyecto estarán sujetos a este impuesto.
- Impuestos sobre el valor agregado (IVA): la venta de electricidad generada por el proyecto está sujeta al IVA u otro impuesto similar sobre el consumo.
- Impuestos locales y tasas: es importante considerar los impuestos locales y tasas que puedan aplicarse al proyecto de hibridación. Estos incluirán impuestos sobre la propiedad, tasas de licencias o permisos, y otras obligaciones fiscales específicas de la ubicación
- Obligaciones de presentación de informes: dicho proyecto estará sujeto a requisitos de presentación de informes fiscales y contables. Esto implica el cumplimiento de los plazos de presentación de declaraciones de impuestos, informes financieros y otros requisitos establecidos por las autoridades fiscales.

## 6.6. SEGUROS Y RESPONSABILIDAD CIVIL

Se solicitarán todos los seguros necesarios para el buen devenir del proyecto. A continuación se nombran y definen los seguros que hay que obtener:

- Seguros de construcción: cubre los riesgos durante la fase de construcción del proyecto, como daños materiales, robo, incendio, vandalismo,... También se incluirán los seguros de responsabilidad civil de contratistas y subcontratistas que trabajan en la construcción.
- Seguro de operación y mantenimiento: en la fase de explotación, se requerirá de un seguro de operación y mantenimiento para cubrir los riesgos relacionados con el mantenimiento regular, la reparación y el funcionamiento continuo de las instalaciones. Incluirá la responsabilidad civil por daños a terceros y propiedad, así como la cobertura para fallos en equipos.
- Seguro de responsabilidad civil general: proporcionará cobertura para reclamaciones por lesiones corporales o daños a la propiedad de terceros que puedan surgir durante la construcción o la operación de las instalaciones. Cubre los costos legales y las indemnizaciones por lesiones o daños causados a terceros.
- Seguro de responsabilidad civil medioambiental: dado que el proyecto implica el uso de energía, puede tener un impacto en el medio ambiente. Por ello es importante contar con este seguro, que cubrirá los daños como la

contaminación del suelo o agua, e incluirá la limpieza y remediación de los daños causados.

- Daños de interrupción de negocio: cubrirá las pérdidas económicas y los gastos adicionales en caso de interrupción del negocio debido a imprevistos, como daños a la infraestructura, fallos técnicos o eventos climáticos extremos. Dicho seguro ayudará a mitigar las pérdidas financieras durante el tiempo de inactividad y facilitará la recuperación del proyecto.

**DOCUMENTO N°4:  
PRESUPUESTOS**



## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

1. CUADRO DE MANO DE OBRA
2. CUADRO DE MAQUINARIA
3. CUADRO DE MATERIALES
4. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS
5. CUADRO DE PRECIOS EN LETRA
6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO
7. RESUMEN DE PRECIOS

Proyecto de hibridación del Parque Eólico de Oncala con 13,8 MW de energía solar fotovoltaica en el Término Municipal de Valtajeros (Soria)

## Cuadro de mano de obra

| U01      | Designación                                                                                               | Importe           |                |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|------------|
|          |                                                                                                           | Cantidad empleada | Precio (euros) | Total      |
| U01AA005 | Hr Encargado                                                                                              | 763,50            | 18,08          | 13.804,08  |
| U01AA010 | Hr Peón especializado                                                                                     | 2.727,52          | 14,56          | 39.712,69  |
| U01AA011 | Hr Peón suelto                                                                                            | 5.164,05          | 14,41          | 74.413,90  |
| U01AA015 | Hr Maquinista o conductor                                                                                 | 4.582,42          | 14,80          | 67.819,85  |
| U01AA027 | Hr Peón espec. inst. electrónica                                                                          | 540,00            | 13,20          | 7.128,00   |
| U01FA201 | Hr Oficial 1ª ferralla                                                                                    | 33,29             | 18,00          | 599,18     |
| U01FA204 | Hr Ayudante ferralla                                                                                      | 33,29             | 16,50          | 549,25     |
| U01FY630 | Hr Oficial primera electricista                                                                           | 54,30             | 16,50          | 895,95     |
| U01FY635 | Hr Ayudante electricista                                                                                  | 89,30             | 13,90          | 1.241,27   |
|          |                                                                                                           |                   | Total:         | 206.164,17 |
|          | <p>Soria, 25/06/2023<br/> Graduado en Ingeniería Agraria<br/> y Energética</p> <p>Daniel Andrés Ayuso</p> |                   |                |            |

## Cuadro de maquinaria

| U01      | Designación                                                                                               | Importe           |                |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|------------|
|          |                                                                                                           | Cantidad empleada | Precio (euros) | Total      |
| U02FK001 | Hr Retroexcavadora                                                                                        | 374,92            | 28,00          | 10.497,82  |
| U02FK012 | Hr Retro-giro 20 T cazo 1,50 m3                                                                           | 1.875,60          | 55,00          | 103.158,00 |
| U02FN005 | Hr Motoniveladora media 110 CV                                                                            | 571,76            | 30,00          | 17.152,80  |
| U02FP010 | Hr Apisonadora vibrante 6 Tm                                                                              | 3.512,24          | 13,40          | 47.064,02  |
| U02JA001 | Hr Camión 6 T. basculante                                                                                 | 816,80            | 27,00          | 22.053,60  |
| U02QA001 | Hr Equipo mecánico pilotos                                                                                | 120,00            | 76,53          | 9.183,60   |
| U39AF004 | Hr Grua autopropulsada de 25 T                                                                            | 3,50              | 74,00          | 259,00     |
| U02SW001 | Lt Gasóleo A                                                                                              | 62.781,08         | 1,06           | 66.547,94  |
|          |                                                                                                           |                   | Total:         | 275.915,18 |
|          | <p>Soria, 25/06/2023<br/> Graduado en Ingeniería Agraria<br/> y Energética</p> <p>Daniel Andrés Ayuso</p> |                   |                |            |

## Cuadro de materiales

| N° | Designación                                                                                                                                                                                     | Importe        |                   |              |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|--------------|
|    |                                                                                                                                                                                                 | Precio (euros) | Cantidad empleada | Total        |
| 1  | Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA SOLAR modelo JAM66S30-500/MR. Dimensiones 2093 x 1124 x 30 mm <sup>2</sup> .                                                                                  | 170,97         | 27.600,00 ud.     | 4.718.772,00 |
| 2  | KIT Soporte inclinado para terreno 2 filas en vertical anclaje incado 35V. Diseñado para soportar 25 paneles en 2V.                                                                             | 1.300,00       | 1104,00 ud.       | 1.435.200,00 |
| 3  | Caja de combinación INGECON SUN String Box M12. Cuenta con 12 entradas con sus respectivos fusibles cada una. Dimensiones 1000 x 750 x320 mm <sup>2</sup> .                                     | 1.028,00       | 92,00 ud.         | 94.576,00    |
| 4  | Inversor INGECON SUN 3 Power Serie C 3825TL C600. Potencia máxima de 1500V y rango de tensión 853-1.300V.                                                                                       | 102.000,00     | 4,00 ud.          | 408.000,00   |
| 5  | Estación de MW Full Skid INGECON SUN FSK. Cuenta con espacio para 2 inversores de la Serie C, un transformador BT/MT, cuadro de servicios auxiliares y sus respectivas protecciones eléctricas. | 99.900,00      | 2,00 ud.          | 199.800,00   |
| 6  | Trasnformador de servicios auxiliares                                                                                                                                                           | 7.200,00       | 1,00 ud.          | 7.200,00     |
| 7  | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (6mm <sup>2</sup> ). Instalación a la intemperie. Conductor de cobre y aislamiento de PVC.                                                                | 0,42           | 52.992,00 m.      | 22.256,64    |
| 8  | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (4mm <sup>2</sup> ). Instalación a la intemperie. Conductor de cobre y aislamiento de PVC                                                                 | 0,35           | 33.120,00 m.      | 11.592,00    |
| 9  | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (2,5mm <sup>2</sup> ). Instalación a la intemperie. Conductor de cobre y aislamiento de PVC.                                                              | 0,30           | 13.248,00 m.      | 3.974,40     |
| 10 | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (120 mm <sup>2</sup> ). Instalación a la intemperie. Conductor de cobre y aislamiento de PVC.                                                             | 3,40           | 4.800,00 m.       | 16.320,00    |

## Cuadro de materiales

| Nº | Designación                                                                                                                              | Importe        |                   |           |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-----------|
|    |                                                                                                                                          | Precio (euros) | Cantidad empleada | Total     |
| 12 | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (95mm <sup>2</sup> ).<br>Instalación a la intemperie.<br>Conductor de cobre y aislamiento de PVC.  | 3,07           | 2.480,00 m.       | 7.613,60  |
| 13 | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (70mm <sup>2</sup> ).<br>Instalación a la intemperie.<br>Conductor de cobre y aislamiento de PVC.  | 2,80           | 2.640,00 m.       | 7.392,00  |
| 14 | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (50 mm <sup>2</sup> ).<br>Instalación a la intemperie.<br>Conductor de cobre y aislamiento de PVC. | 2,55           | 1.040 m.          | 2.652,00  |
| 15 | Cable PV H1z2z2-k 1,5/1,5 (1,8) Kv DC (25mm <sup>2</sup> ).<br>Instalación a la intemperie.<br>Conductor de cobre y aislamiento de PVC.  | 3,37           | 384,00 m.         | 910,08    |
| 16 | Cable X-VOLT RHZ1 18/30 KV (50mm <sup>2</sup> ). Conductor de media tensión de aluminio con aislamiento XLPE.                            | 3,75           | 1.190,00 m        | 4.462,50  |
| 17 | Cámara de vigilancia DAHNA IPC HFW8241E-Z5 2Megapixel/Lente monitorizada                                                                 | 696,36         | 4,00 ud.          | 2.785,44  |
|    | Cámara IKITU PTZ 180° FULL HD Exterior 6 LEDS IR100 Zomm x25                                                                             | 487,63         | 4,00 ud.          | 1.950,52  |
| 18 | Soporte para las cámaras.<br>Poste galvanizado 2,25 m para torsión. Incluida la tapa que cerrará el poste por la parte superior          | 14,99          | 8,00 ud.          | 119,92    |
|    |                                                                                                                                          | 6,51           | 418,00 ud.        | 2.721,18  |
| 19 | Malla de torsión para vallado de 2 m de altura.                                                                                          | 82,49          | 50,00 ud.         | 4.124,5   |
| 20 | Sistema SCADA de monitorización                                                                                                          | 2300           | 2,00 ud.          | 4.600,00  |
| 21 | Puerta Vehicular simple torsión 5x2 m de alto galvanizado                                                                                | 395,99         | 1 ud.             | 395,99    |
| 22 | Tierra                                                                                                                                   | 3,20           | 24.504,00 m3      | 78.412,80 |
| 23 | Hormigón HA-25/P/40/11a central                                                                                                          | 99,07          | 55,48 m3          | 5.496,40  |
| 24 | Agua                                                                                                                                     | 1,44           | 24.504,00 m3      | 35.285,76 |
| 25 | Alambre atar 1,3 mm                                                                                                                      | 1,13           | 11,10 Kg          | 12,54     |
| 26 | Acero corrugado B 500-S                                                                                                                  | 0,80           | 2.330,16 kg       | 1.864,13  |

## Cuadro de materiales

| Nº | Designación                                                                                   | Importe        |                   |              |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|--------------|
|    |                                                                                               | Precio (euros) | Cantidad empleada | Total        |
|    | Soria 25/06/2023<br>Graduado en Ingeniería Agraria<br>y Energética<br><br>Daniel Andrés Ayuso |                | Total:            | 7.078.490,40 |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C01 Estudios previos

|       |       |  |                     |                         |          |
|-------|-------|--|---------------------|-------------------------|----------|
| 1.001 | 01.01 |  | Estudio del terreno |                         |          |
|       |       |  |                     | TOTAL PARTIDA . . . . . | 3.500,00 |
| 1.002 | 01.02 |  | Marcaje topográfico |                         |          |
|       |       |  |                     | TOTAL PARTIDA . . . . . | 4.000,00 |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C02 Preparación del terreno

#### 2.001 02.01

#### Creación del camino

|                                |         |    |                               |      |                 |
|--------------------------------|---------|----|-------------------------------|------|-----------------|
| D02EP250                       | 280,000 | M3 | EXCAV. MECÁNICA TERRENO DURO  | 3,51 | 982,80          |
| D02EF201                       | 280,000 | M2 | EXPLANACIÓN TERRENO A MÁQUINA | 0,43 | 120,40          |
| D02TK251                       | 280,000 | M2 | COMPACTADO TIERRA CON APORTE  | 4,39 | 1.229,20        |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |         |    |                               |      | <b>2.332,40</b> |

#### 2.002 02.02

#### Acondicionamiento del terreno

|                                |            |    |                               |      |                   |
|--------------------------------|------------|----|-------------------------------|------|-------------------|
| D02EP250                       | 41.400,000 | M3 | EXCAV. MECÁNICA TERRENO DURO  | 3,51 | 145.314,00        |
| D02EF201                       | 81.400,000 | M2 | EXPLANACIÓN TERRENO A MÁQUINA | 0,43 | 35.002,00         |
| D02TK251                       | 81.400,000 | M2 | COMPACTADO TIERRA CON APORTE  | 4,39 | 357.346,00        |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |            |    |                               |      | <b>537.662,00</b> |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C03 Sistema de montaje

3.001 03.01

#### Hincado de postes y montaje de estructura

|                                |            |    |                                               |          |                     |
|--------------------------------|------------|----|-----------------------------------------------|----------|---------------------|
| U01AA005                       | 160,000    | Hr | Encargado                                     | 18,08    | 2.892,80            |
| U01AA011                       | 160,000    | Hr | Peón suelto                                   | 14,41    | 2.305,60            |
| U01AA015                       | 120,000    | Hr | Maquinista o conductor                        | 14,80    | 1.776,00            |
| U02QA001                       | 120,000    | Hr | Equipo mecánico pilotes                       | 76,53    | 9.183,60            |
| MAT01021                       | 1.104,000  | Ud | Kit de estructura (incluye postes de hincado) | 1.300,00 | 1.435.200,00        |
| %CI                            | 14.513,580 | %  | Costes indirectos..(s/total)                  | 3,00     | 43.540,74           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |            |    |                                               |          | <b>1.494.898,74</b> |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C04 Sistema eléctrico de baja tensión

|              |              |    |                                                  |          |                     |
|--------------|--------------|----|--------------------------------------------------|----------|---------------------|
| <b>4.001</b> | <b>04.01</b> |    | <b>Instalación de módulos fotovoltaicos</b>      |          |                     |
| U01AA005     | 460,000      | Hr | Encargado                                        | 18,08    | 8.316,80            |
| U01AA027     | 460,000      | Hr | Peón espec. inst. electrónica                    | 13,20    | 6.072,00            |
| U01AA011     | 460,000      | Hr | Peón suelto                                      | 14,41    | 6.628,60            |
| MAT01011     | 27.600,000   | ud | Panel JA SOLAR JAM66S30-500 MR                   | 170,97   | 4.718.772,00        |
| %45GL900     | 47.397,894   | %  | Pequeño material eléctrico                       | 0,50     | 23.698,95           |
| %CI          | 47.634,884   | %  | Costes indirectos..(s/total)                     | 3,00     | 142.904,65          |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                       |          | <b>4.906.393,00</b> |
| <b>4.002</b> | <b>04.02</b> |    | <b>Instalación de cajas de combinación</b>       |          |                     |
| U01AA005     | 80,000       | Hr | Encargado                                        | 18,08    | 1.446,40            |
| U01AA027     | 80,000       | Hr | Peón espec. inst. electrónica                    | 13,20    | 1.056,00            |
| U01AA011     | 20,000       | Hr | Peón suelto                                      | 14,41    | 288,20              |
| MAT01012     | 92,000       | ud | Caja de combinación Ingeteam M12                 | 1.028,00 | 94.576,00           |
| %45GL900     | 973,666      | %  | Pequeño material eléctrico                       | 0,50     | 486,83              |
| %CI          | 978,534      | %  | Costes indirectos..(s/total)                     | 3,00     | 2.935,60            |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                       |          | <b>100.789,03</b>   |
| <b>4.003</b> | <b>04.03</b> |    | <b>Cableado paneles - cajas de combinación</b>   |          |                     |
| U01FY630     | 15,000       | Hr | Oficial primera electricista                     | 16,50    | 247,50              |
| U01FY635     | 30,000       | Hr | Ayudante electricista                            | 13,90    | 417,00              |
| U01AA011     | 20,000       | Hr | Peón suelto                                      | 14,41    | 288,20              |
| MAT01013     | 53.000,000   | m  | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (6 mm2)       | 0,42     | 22.260,00           |
| MAT01014     | 33.120,000   | m  | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (4 mm2)       | 0,35     | 11.592,00           |
| MAT01015     | 13.248,000   | m  | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (2,5 mm2)     | 0,30     | 3.974,40            |
| %45GL900     | 387,791      | %  | Pequeño material eléctrico                       | 0,50     | 193,90              |
| %CI          | 389,730      | %  | Costes indirectos..(s/total)                     | 3,00     | 1.169,19            |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                       |          | <b>40.142,19</b>    |
| <b>4.004</b> | <b>04.04</b> |    | <b>Cableado cajas de cobinación - inversores</b> |          |                     |
| U01FY630     | 15,000       | Hr | Oficial primera electricista                     | 16,50    | 247,50              |
| U01FY635     | 30,000       | Hr | Ayudante electricista                            | 13,90    | 417,00              |
| U01AA011     | 30,000       | Hr | Peón suelto                                      | 14,41    | 432,30              |
| MAT01016     | 4.800,000    | Ud | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (120 mm2)     | 3,40     | 16.320,00           |
| MAT01017     | 2.480,000    | Ud | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (95 mm2)      | 3,07     | 7.613,60            |
| MAT01018     | 2.640,000    | Ud | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (70 mm2)      | 2,80     | 7.392,00            |
| MAT01019     | 1.040,000    | Ud | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (50 mm2)      | 2,55     | 2.652,00            |
| MAT01020     | 384,000      | Ud | Cable PV H1Z2Z2-K 1,5/1,5 (1,8) KV (25 mm2)      | 2,37     | 910,08              |
| D02HF201     | 876,000      | M3 | EXCAV. MECÁN. ZANJAS T. DURO                     | 17,69    | 15.496,44           |
| %45GL900     | 514,809      | %  | Pequeño material eléctrico                       | 0,50     | 257,40              |
| %CI          | 517,383      | %  | Costes indirectos..(s/total)                     | 3,00     | 1.552,15            |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                       |          | <b>53.290,47</b>    |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C05 Montaje de la estación de MW

|              |              |    |                                         |            |                   |
|--------------|--------------|----|-----------------------------------------|------------|-------------------|
| <b>5.001</b> | <b>05.01</b> |    | <b>Cimentación</b>                      |            |                   |
| D04IC403     | 28,800       | M3 | HORM. HA-25/B/40/ Ila ZAP. V. BOMBA     | 185,63     | 5.346,14          |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>          |            | <b>5.346,14</b>   |
| <b>5.002</b> | <b>05.02</b> |    | <b>Instalación de la estación de MW</b> |            |                   |
| U01AA005     | 1,500        | Hr | Encargado                               | 18,08      | 27,12             |
| U01FY630     | 3,500        | Hr | Oficial primera electricista            | 16,50      | 57,75             |
| U01FY635     | 3,500        | Hr | Ayudante electricista                   | 13,90      | 48,65             |
| U01AA011     | 2,000        | Hr | Peón suelto                             | 14,41      | 28,82             |
| U01AA015     | 1,500        | Hr | Maquinista o conductor                  | 14,80      | 22,20             |
| U39AF004     | 1,500        | Hr | Grúa autopropulsada de 25 T             | 74,00      | 111,00            |
| MAT01022     | 2,000        | Ud | Estación de MW Ingeteam FSK SERIE C     | 99.990,00  | 199.980,00        |
| MAT01032     | 2,000        | Ud | Sistema SCADA de monitorización         | 2.300,00   | 4.600,00          |
| %45GL900     | 2.048,755    | %  | Pequeño material eléctrico              | 0,50       | 1.024,38          |
| %CI          | 2.058,999    | %  | Costes indirectos..(s/total)            | 3,00       | 6.177,00          |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>          |            | <b>212.076,92</b> |
| <b>5.003</b> | <b>05.03</b> |    | <b>Instalación de los inversores</b>    |            |                   |
| U01AA005     | 2,000        | Hr | Encargado                               | 18,08      | 36,16             |
| U01FY630     | 4,000        | Hr | Oficial primera electricista            | 16,50      | 66,00             |
| U01FY635     | 4,000        | Hr | Ayudante electricista                   | 13,90      | 55,60             |
| U01AA011     | 2,000        | Hr | Peón suelto                             | 14,41      | 28,82             |
| U01AA015     | 2,000        | Hr | Maquinista o conductor                  | 14,80      | 29,60             |
| U39AF004     | 2,000        | Hr | Grúa autopropulsada de 25 T             | 74,00      | 148,00            |
| MAT01023     | 4,000        | Ud | Inversor Ingeteam Serie C 3825TL C600   | 102.000,00 | 408.000,00        |
| %45GL900     | 4.083,642    | %  | Pequeño material eléctrico              | 0,50       | 2.041,82          |
| %CI          | 4.104,060    | %  | Costes indirectos..(s/total)            | 3,00       | 12.312,18         |
|              |              |    | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>          |            | <b>422.718,18</b> |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C06 Sistema eléctrico de media tensión

**6.001 06.01**

**Instalación de línea de media tensión**

|                                |           |    |                                      |       |                  |
|--------------------------------|-----------|----|--------------------------------------|-------|------------------|
| U01AA005                       | 40,000    | Hr | Encargado                            | 18,08 | 723,20           |
| U01FY630                       | 15,000    | Hr | Oficial primera electricista         | 16,50 | 247,50           |
| U01FY635                       | 20,000    | Hr | Ayudante electricista                | 13,90 | 278,00           |
| U01AA011                       | 40,000    | Hr | Peón suelto                          | 14,41 | 576,40           |
| D02HF201                       | 892,500   | M3 | EXCAV. MECÁN. ZANJAS T. DURO         | 17,69 | 15.788,33        |
| MAT01024                       | 1.190,000 | m  | Cable X VOLT HR5Z1 18/30 KV (50 mm2) | 6,55  | 7.794,50         |
| %45GL900                       | 254,079   | %  | Pequeño material eléctrico           | 0,50  | 127,04           |
| %CI                            | 255,350   | %  | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00  | 766,05           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |           |    |                                      |       | <b>26.301,02</b> |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C07 Elementos de seguridad

#### 7.001 07.01

#### Vallado perimetral

|          |         |    |                                       |                                |                  |
|----------|---------|----|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| U01AA005 | 20,000  | Hr | Encargado                             | 18,08                          | 361,60           |
| U01AA010 | 60,000  | Hr | Peón especializado                    | 14,56                          | 873,60           |
| U01AA011 | 60,000  | Hr | Peón suelto                           | 14,41                          | 864,60           |
| D04IC403 | 26,680  | M3 | HORM. HA-25/B/40/ Ila ZAP. V. BOMBA   | 185,63                         | 4.952,61         |
| MAT01025 | 418,000 | Ud | Poste de acero 2,25 m                 | 6,51                           | 2.721,18         |
| MAT01026 | 50,000  | Ud | Malla de torsión 2 m de altura x 25 m | 82,49                          | 4.124,50         |
| MAT01027 | 1,000   | Ud | Puerta vehicular simple               | 395,99                         | 395,99           |
| %CI      | 142,941 | %  | Costes indirectos..(s/total)          | 3,00                           | 428,82           |
|          |         |    |                                       | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>14.722,90</b> |

#### 7.002 07.02

#### Cámaras de vigilancia

|          |           |    |                               |                                |                 |
|----------|-----------|----|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| U01FY630 | 1,800     | Hr | Oficial primera electricista  | 16,50                          | 29,70           |
| U01FY635 | 1,800     | Hr | Ayudante electricista         | 13,90                          | 25,02           |
| MAT01028 | 2.474,000 | m  | Cable de comunicaciones       | 0,49                           | 1.212,26        |
| MAT01029 | 4,000     | Ud | Cámara DAHA IPC HFW2841E-Z5   | 696,36                         | 2.785,44        |
| MAT01030 | 4,000     | Ud | Cámara IKITU PTZ 180° FULL HD | 487,63                         | 1.950,52        |
| MAT01031 | 8,000     | Ud | Soporte para cámaras          | 14,99                          | 119,92          |
| %CI      | 61,229    | %  | Costes indirectos..(s/total)  | 3,00                           | 183,69          |
|          |           |    |                               | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>6.306,55</b> |

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|--------|---------|

## PRECIOS DESCOMPUESTOS

### CAPÍTULO C08 Seguridad y salud

8.001 08.01

Plan de seguridad y salud

TOTAL PARTIDA . . . . .

30.000,00

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C01 Estudios previos**

|                                                  |                            |  |  |  |  |  |      |          |                 |
|--------------------------------------------------|----------------------------|--|--|--|--|--|------|----------|-----------------|
| <b>01.01</b><br>1.001                            | <b>Estudio del terreno</b> |  |  |  |  |  | 1,00 | 3.500,00 | 3.500,00        |
| <b>01.02</b><br>1.002                            | <b>Marcaje topográfico</b> |  |  |  |  |  | 1,00 | 4.000,00 | 4.000,00        |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C01 Estudios previos. ....</b> |                            |  |  |  |  |  |      |          | <b>7.500,00</b> |

| Código                                                  | Descripción                          | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio     | Presupuesto       |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|------------|-------------------|
| <b>CAPÍTULO C02 Preparación del terreno</b>             |                                      |      |          |         |        |           |          |            |                   |
| <b>02.01</b><br>2.001                                   | <b>Creación del camino</b>           |      |          |         |        |           | 1,00     | 2.332,40   | 2.332,40          |
| <b>02.02</b><br>2.002                                   | <b>Acondicionamiento del terreno</b> |      |          |         |        |           | 1,00     | 537.662,00 | 537.662,00        |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C02 Preparación del terreno. ....</b> |                                      |      |          |         |        |           |          |            | <b>539.994,40</b> |

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C03 Sistema de montaje**

|              |                                                  |  |  |  |  |  |      |             |             |
|--------------|--------------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|-------------|-------------|
| <b>03.01</b> | <b>Hincado de postes y montaje de estructura</b> |  |  |  |  |  |      |             |             |
| 3.001        |                                                  |  |  |  |  |  | 1,00 | .494.898,74 | .494.898,74 |

**TOTAL CAPÍTULO C03 Sistema de montaje. ....** **1.494.898,74**

---

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C04 Sistema eléctrico de baja tensión**

|                       |                                                  |  |  |  |  |  |      |             |             |
|-----------------------|--------------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|-------------|-------------|
| <b>04.01</b><br>4.001 | <b>Instalación de módulos fotovoltaicos</b>      |  |  |  |  |  | 1,00 | .906.393,00 | .906.393,00 |
| <b>04.02</b><br>4.002 | <b>Instalación de cajas de combinación</b>       |  |  |  |  |  | 1,00 | 100.789,03  | 100.789,03  |
| <b>04.03</b><br>4.003 | <b>Cableado paneles - cajas de combinación</b>   |  |  |  |  |  | 1,00 | 40.142,19   | 40.142,19   |
| <b>04.04</b><br>4.004 | <b>Cableado cajas de cobinación - inversores</b> |  |  |  |  |  | 1,00 | 53.290,47   | 53.290,47   |

**TOTAL CAPÍTULO C04 Sistema eléctrico de baja tensión. . . . . 5.100.614,69**

---

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C05 Montaje de la estación de MW**

|              |                    |  |  |  |  |  |      |          |          |
|--------------|--------------------|--|--|--|--|--|------|----------|----------|
| <b>05.01</b> | <b>Cimentación</b> |  |  |  |  |  |      |          |          |
| 5.001        |                    |  |  |  |  |  | 1,00 | 5.346,14 | 5.346,14 |

|              |                                         |  |  |  |  |  |      |            |            |
|--------------|-----------------------------------------|--|--|--|--|--|------|------------|------------|
| <b>05.02</b> | <b>Instalación de la estación de MW</b> |  |  |  |  |  |      |            |            |
| 5.002        |                                         |  |  |  |  |  | 1,00 | 212.076,92 | 212.076,92 |

|              |                                      |  |  |  |  |  |      |            |            |
|--------------|--------------------------------------|--|--|--|--|--|------|------------|------------|
| <b>05.03</b> | <b>Instalación de los inversores</b> |  |  |  |  |  |      |            |            |
| 5.003        |                                      |  |  |  |  |  | 1,00 | 422.718,18 | 422.718,18 |

**TOTAL CAPÍTULO C05 Montaje de la estación de MW. .... 640.141,24**

---

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C06 Sistema eléctrico de media tensión**

|              |                                              |  |  |  |  |  |      |           |           |
|--------------|----------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|-----------|-----------|
| <b>06.01</b> | <b>Instalación de línea de media tensión</b> |  |  |  |  |  |      |           |           |
| 6.001        |                                              |  |  |  |  |  | 1,00 | 26.301,02 | 26.301,02 |

**TOTAL CAPÍTULO C06 Sistema eléctrico de media tensión. .... 26.301,02**

---

| Código                                                 | Descripción                  | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio    | Presupuesto      |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|-----------|------------------|
| <b>CAPÍTULO C07 Elementos de seguridad</b>             |                              |      |          |         |        |           |          |           |                  |
| <b>07.01</b><br>7.001                                  | <b>Vallado perimetral</b>    |      |          |         |        |           | 1,00     | 14.722,90 | 14.722,90        |
| <b>07.02</b><br>7.002                                  | <b>Cámaras de vigilancia</b> |      |          |         |        |           | 1,00     | 6.306,55  | 6.306,55         |
| <b>TOTAL CAPÍTULO C07 Elementos de seguridad. ....</b> |                              |      |          |         |        |           |          |           | <b>21.029,45</b> |

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|--------|-------------|

**CAPÍTULO C08 Seguridad y salud**

|              |                                  |  |  |  |  |  |      |           |           |
|--------------|----------------------------------|--|--|--|--|--|------|-----------|-----------|
| <b>08.01</b> | <b>Plan de seguridad y salud</b> |  |  |  |  |  |      |           |           |
| 8.001        |                                  |  |  |  |  |  | 1,00 | 30.000,00 | 30.000,00 |

**TOTAL CAPÍTULO C08 Seguridad y salud. .... 30.000,00**

---

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                            | Capítulo                           | Total €             |
|---------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| C01                                               | Estudios previos                   | 7.500,00            |
| C02                                               | Preparación del terreno            | 539.994,40          |
| C03                                               | Sistema de montaje                 | 1.494.898,74        |
| C04                                               | Sistema eléctrico de baja tensión  | 5.100.614,69        |
| C05                                               | Montaje de la estación de MW       | 640.141,24          |
| C06                                               | Sistema eléctrico de media tensión | 26.301,02           |
| C07                                               | Elementos de seguridad             | 21.029,45           |
| C08                                               | Seguridad y salud                  | 30.000,00           |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. . . . .</b> |                                    | <b>7.860.479,54</b> |

=====

25 de Junio de 2023