



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Barrachina Miranda, María Jesús

Tutor/a: Abellán García, Antonio

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para cubrir las necesidades energéticas de una vivienda aislada de la red eléctrica. El proyecto incluye el análisis de la demanda energética de la vivienda, el dimensionamiento de los paneles solares y los componentes eléctricos necesarios, como inversores. Además, se realizará un estudio de la irradiación solar en la ubicación seleccionada para optimizar la producción energética y se presentará el esquema unifilar de la instalación. Por último, se evaluará la viabilidad técnica, económica y ambiental del sistema propuesto, destacando su contribución a la sostenibilidad energética y a la reducción de emisiones de CO₂.

The purpose of this project is to design and implement a stand-alone photovoltaic system to meet the energy needs of a household not connected to the electricity grid. The work includes an analysis of the home's energy demand, the sizing of the solar panels, and the selection of the required electrical components, such as inverters. In addition, a study of solar irradiation at the chosen location will be carried out to optimize energy production, and the single-line diagram of the installation will be presented. Finally, the technical, economic, and environmental feasibility of the proposed system will be assessed, highlighting its contribution to energy sustainability and the reduction of CO₂ emissions.

Energía fotovoltaica; Instalaciones autónomas; Paneles solares; Vivienda aislada; Sostenibilidad energética; Autonomía energética; Irradiación solar; Eficiencia energética; Reducción de emisiones; Inversores fotovoltaicos.

Photovoltaic energy; Stand-alone installations; Solar panels; Off-grid household; Energy sustainability; Energy autonomy; Solar irradiation; Energy efficiency; Emission reduction; Photovoltaic inverters.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica
autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda.

Trabajo Fin de Grado en

Ingeniería Eléctrica

ÍNDICE

- 1. Memoria descriptiva**
 - a. Objeto
 - b. Alcance del proyecto
 - c. Emplazamiento de la instalación
 - d. Normativa aplicable
 - e. Descripción de la instalación fotovoltaica
 - f. Resumen características de la instalación
 - g. Conclusión
- 2. Pliego de condiciones**
- 3. Estudio básico de seguridad y salud**
- 4. Presupuesto**
- 5. Anexo I: Cálculos justificativos**
- 6. Anexo II: Simulación de la instalación fotovoltaica**
- 7. Anexo III: Equipo a instalar**
- 8. Anexo IV: Planos**

DOCUMENTO N°1

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO

El presente documento tiene como finalidad definir y describir de manera técnica la instalación fotovoltaica propuesta, además de fundamentar las soluciones adoptadas. Junto con el resto de la documentación requerida, será remitido al Ayuntamiento de Agres, a la Dirección General de Industria, Energía y Minas, en cumplimiento de la normativa vigente, con el propósito de obtener las autorizaciones necesarias para la construcción y puesta en servicio de la instalación fotovoltaica.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El trabajo comprende el diseño, dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo capaz de cubrir íntegramente la demanda eléctrica de una vivienda unifamiliar. Las tareas contempladas son las siguientes:

- Evaluación del recurso solar de la zona mediante datos climatológicos y bases de información solar, con el fin de determinar la orientación e inclinación óptimas de los módulos.
- Selección y dimensionado de los componentes principales: generadores fotovoltaicos, inversores, sistemas de protección atendiendo a criterios técnicos, económicos y normativos.
- Cálculo y diseño eléctrico, incluyendo esquemas unifilares, dimensionamiento de conductores y canalizaciones, protecciones contra excesos de corriente y sobretensiones, además de la configuración del sistema de puesta a tierra.
- Elaboración del presupuesto detallado, con desglose de equipos, materiales, obra civil y mano de obra.
- Supervisión de la ejecución: montaje, conexionado, puesta en marcha y pruebas de funcionamiento para comprobar que la instalación responde a los parámetros proyectados.
- Redacción de la documentación técnica final: memorias descriptivas, cálculos justificativos, planos, esquemas eléctricos y estudio básico de seguridad y salud.

3. UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Municipio: Agres

Provincia: Alicante

Coordenadas: 38°47'39.0"N 0°30'03.4"W

4. NORMATIVA APLICABLE

Como marco normativo de referencia se incluyen las siguientes disposiciones:

- La *Ley 54/1997*, aprobada el veintisiete de noviembre y publicada en el Boletín Oficial del Estado número 285 el día 28 del mismo mes, establece la base legal del Sector Eléctrico en España.
- El *Real Decreto 413/2014*, fechado el seis de junio y publicado en el BOE nº 140 el diez de junio, regula la producción de energía eléctrica a partir de renovables, cogeneración y residuos.
- El *Real Decreto 1955/2000*, de uno de diciembre (BOE nº 310 de 27 de diciembre), define la organización de las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y los procedimientos de autorización de instalaciones eléctricas.
- El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado mediante el *Real Decreto 842/2002* de dos de agosto y difundido en el BOE nº 224 el 18 de septiembre, marca los requisitos técnicos básicos en baja tensión.
- El *Real Decreto 1699/2011*, publicado en el BOE nº 295 de 8 de diciembre, regula la integración en la red de sistemas de generación de baja potencia.
- El Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico fue aprobado mediante el *Real Decreto 1110/2007*, de 24 de agosto (BOE nº 224, 18 de septiembre).
- La *Ley 24/2013*, de 26 de diciembre, sustituye a la normativa previa del sector eléctrico. Fue publicada en el BOE nº 310 el mismo mes.
- El *Real Decreto 900/2015*, de nueve de octubre (BOE nº 243, 10 de octubre), establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas aplicables al autoconsumo eléctrico.
- El *Real Decreto-ley 15/2018*, de cinco de octubre y recogido en el BOE nº 242 de 6 de octubre, introduce medidas urgentes de transición energética y protección al consumidor.
- El *Real Decreto 244/2019*, aprobado el cinco de abril y publicado en el BOE nº 83 al día siguiente, desarrolla de forma detallada la normativa actual del autoconsumo de energía eléctrica.

- El *Real Decreto 186/2016*, de seis de mayo (BOE nº 113, 10 de mayo), regula la compatibilidad electromagnética relativa a aparatos e instalaciones de carácter eléctrico y electrónico.
- El *Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones conectadas a red (PCT)* fue elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), sin fecha específica de publicación.
- Finalmente, la Orden Ministerial de 5 de septiembre de 1985 del Ministerio de Industria y Energía, publicada en el BOE nº 220 de 13 de septiembre, fija normas técnicas y administrativas para la conexión de centrales de autoproducción eléctrica.

5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación fotovoltaica se llevará a cabo sobre la cubierta existente de la vivienda, donde se fijarán los paneles mediante anclajes atornillados. Los módulos solares ocuparán aproximadamente 53.48 m² de superficie.

La instalación eléctrica proyectada se integrará con la red interna del usuario, conectándose directamente al cuadro eléctrico ya existente de la vivienda.

La tensión de suministro de la instalación fotovoltaica será a 400 V (baja tensión). La instalación proyectada incluirá los siguientes componentes principales:

- Módulos fotovoltaicos.
- Estructura coplanar para la fijación de los módulos fotovoltaicos.
- Inversor.
- Conjunto de mecanismos y equipos empleados para garantizar la protección eléctrica.
- Sistema de cableado encargado de la conducción de la energía.
- Instalación de conexión a tierra para seguridad de la red.

PREVISIÓN DE POTENCIAS

Se tiene prevista la instalación de 24 módulos monofaciales de la marca JASOLAR modelo JAM72S10-410MR, con una potencia de 410 W según ficha técnica. Así, la instalación alcanzará una potencia pico máxima de 9.84 kW. Para la conexión se empleará un inversor de la marca HUAWEI, concretamente el modelo SUN2000-8KTL con una potencia máxima total de 9 kW.

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Un módulo fotovoltaico está compuesto por varias células solares conectadas entre sí, encapsuladas y protegidas dentro de un marco rígido. Su función es transformar la radiación solar en corriente continua, y se caracteriza por parámetros como potencia pico, tensión de circuito abierto o eficiencia. Cada módulo se enlazarán con el siguiente mediante conectores MC4 situados en la caja de derivación posterior.

Las series se conectarán directamente a cada una de las entradas MPPT (Maximum Power Point Tracking) del inversor, donde se realizará la transformación de corriente continua a corriente alterna. A continuación, se detallan las características de los módulos utilizados:

Según la ficha técnica del fabricante JA Solar, el modelo JAM72S10-410MR presenta las siguientes características:

Potencia máxima ($\pm 3\%$)	410 W
Corriente a máxima potencia	9.79 A
Tensión a máxima potencia	41.88 V
Corriente de cortocircuito	10.15 A
Tensión de circuito abierto	50.12 V
Composición del módulo (células)	144
Rendimiento	20.4 %
Longitud	2.015 Mm
Anchura	996 Mm
Espesor	40 Mm
Peso	22,7 Kg

ESTRUCTURA SOPORTE PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los paneles se montarán sobre la cubierta utilizando una estructura de aluminio lastrada, que se mantendrá coplanar respecto a la horizontal y estará orientada según la disposición del techo, con el fin de maximizar el rendimiento. Este sistema está diseñado para fijar los paneles directamente sobre él. Además, su diseño y la capacidad de añadir lastres ayudan a contrarrestar la fuerza del viento y otros agentes externos. La estructura se colocará directamente sobre la cubierta, sin necesidad de anclaje más allá del montaje con tornillos, ya que su propio peso y el lastre añadido son suficientes para evitar el desplazamiento de los módulos.

INVERSORES

El inversor es el dispositivo que convierte la energía continua producida por los paneles solares en corriente alterna utilizable en la vivienda. Además, incorpora sistemas de protección y control que aseguran la calidad y la estabilidad del suministro.

El inversor que se usará en este caso concreto será de la marca Huawei, específicamente el modelo SUN2000-8KTL, que presenta una máxima potencia de 9 kW.

Los inversores Huawei incorporan las protecciones requeridas por la normativa actual, en particular las establecidas en el *Real Decreto 1699/2011* (Boletín Oficial del Estado, 2011), el *Real Decreto 413/2014* (Boletín Oficial del Estado, 2014) y la *Directiva 93/68/CEE* (Unión Europea, 1993), además de ajustarse a los criterios técnicos del *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* (BOE,2002).

CONDUCCIONES ELÉCTRICAS Y LÍNEA PRINCIPAL

En la distribución asociada a los módulos se emplearán conductores de cobre para transportar la energía generada, junto con los auxiliares necesarios. El cableado de corriente continua contará con doble aislamiento y, siempre que se pueda, se instalará protegido mediante tubo. Los conductores de cobre se dimensionarán de forma que eviten sobrecalentamientos y caídas de tensión, garantizando que esta no exceda del 1,5 % en corriente alterna (*Boletín Oficial del Estado, 2002*).

El tendido se ejecutará conforme al *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* vigente (*Boletín Oficial del Estado, 2002*), empleando cables aptos para intemperie, instalación al aire o soterrada, no propagadores de incendios. Se seleccionará cableado conforme a la *norma UNE 21123-4*, tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de poliolefina (Z1).

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los sistemas de protección, maniobra y medida de la instalación se han diseñado siguiendo lo establecido en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* (Boletín Oficial del Estado, 2002) y en el *Real Decreto 1699/2011* (Boletín Oficial del Estado, 2011).

En términos generales, se distinguen dos zonas: la parte de corriente continua, situada antes del inversor, y la parte de corriente alterna, situada después de él. En el lado de corriente continua, se prevén fusibles en cada serie de módulos, un seccionador para permitir el mantenimiento con seguridad y un protector contra sobretensiones de clase II. Parte de estas protecciones pueden estar integradas en el propio inversor.

En el lado de corriente alterna, las protecciones básicas serán un interruptor diferencial de alta sensibilidad, para evitar accidentes por derivaciones, y un interruptor magnetotérmico, encargado de proteger frente a sobrecargas, cortocircuitos o sobretensiones. También aquí se añade un protector contra sobretensiones de clase II.

Además, la instalación debe incorporar los dispositivos de protección exigidos por normativa, como relés de tensión y frecuencia ajustados a los valores que marca la reglamentación, así como criterios adicionales de desconexión en caso de trabajar con tensiones que sobrepasen 1 kV.

Estas protecciones se agrupan en un cuadro precintable junto con las generales de la instalación.

El inversor Huawei incluido en el sistema añaden funciones de seguridad propias: desconexión automática en caso de fallo en la red, protección frente a tensiones y frecuencias fuera de rango, y mecanismos para detener la operación si se supera su límite de temperatura de trabajo ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$).

TOMA DE TIERRA

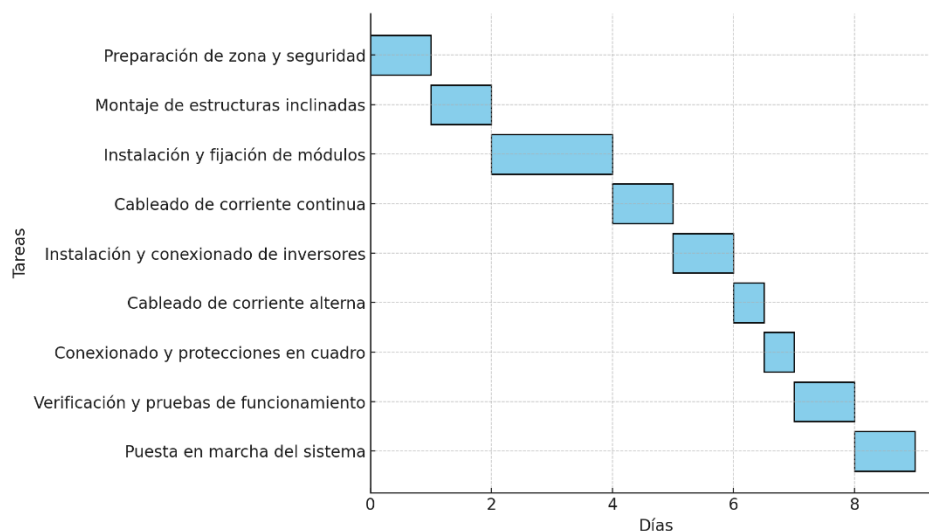
Todas las partes metálicas de la instalación fotovoltaica, tanto en el circuito de corriente continua como en el de corriente alterna, se conectarán a una única toma de tierra común. En este caso, al tratarse de una instalación aislada, dicha puesta a tierra no depende de ningún neutro de compañía eléctrica, pero debe cumplir igualmente con lo indicado en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* (Boletín Oficial del Estado, 2002).

El sistema de puesta a tierra tiene como finalidad proteger frente a sobretensiones de origen atmosférico y evitar riesgos cuando se produzca fallo. Para ello, se cuidará que la resistencia de tierra sea lo suficientemente baja para asegurar que la tensión de contacto no supere los valores límite admitidos por la normativa.

El diseño seguirá lo indicado en la *Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 13*, relativa a condiciones técnicas y de seguridad en instalaciones eléctricas, adoptando medidas de protección como diferenciales de 300 mA y asegurando que la resistencia de tierra se mantenga por debajo de $80\ \Omega$, de modo que la tensión de contacto no exceda los 24 V.

PLAZOS DE EJECUCIÓN

La ejecución de la instalación está planificada para completarse en un plazo de 10 días aproximadamente. El cronograma siguiente detalla la distribución del tiempo asignado a cada tarea.



6. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Uso	Generación fotovoltaica (aislada, sin acumulación)
Superficie Útil Total de la cubierta	53.48 m ²
Tensión en Alterna	3x400 V
Protecciones	Magnetotérmico, diferencial y sobretensiones
Toma de Tierra	Única para toda la instalación (<i>REBT</i>)
Aislamiento de la Instalación	> 500 MΩ
Potencia Nominal Máxima (Potencia Instalada)	8.2 kW
Potencia Pico	9.84 kW

7. CONCLUSIÓN

Este proyecto ha permitido desarrollar de forma integral el diseño de una instalación fotovoltaica aislada destinada al suministro eléctrico de una vivienda. Se han abordado tanto los criterios técnicos de dimensionado como los aspectos normativos básicos, junto con consideraciones económicas y medioambientales.

Desde el punto de vista técnico, se ha comprobado la viabilidad de un sistema capaz de cubrir las necesidades energéticas de la vivienda únicamente con generación solar, seleccionando componentes adecuados y garantizando el cumplimiento de las exigencias del *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* y de las *normas UNE* aplicables. Esto asegura la seguridad eléctrica, la eficiencia operativa y la durabilidad del conjunto.

En cuanto al marco normativo, aunque las instalaciones aisladas no requieren el mismo procedimiento administrativo que las conectadas a red, se han revisado las disposiciones nacionales y autonómicas que afectan al diseño y la ejecución de este tipo de sistemas. Esta revisión aporta una base sólida para garantizar que la instalación se ajusta a los criterios de seguridad y calidad industrial.

Desde la perspectiva medioambiental, el proyecto se enmarca en la estrategia de transición energética hacia un modelo bajo en carbono. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas contribuyen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y favorecen la independencia energética.

En el plano económico, si bien la inversión inicial resulta más elevada que en un sistema conectado a red, el ahorro a lo largo de la vida útil, unido a la autonomía conseguida frente a posibles interrupciones externas, justifica su viabilidad.

En definitiva, este trabajo demuestra que la implantación de una instalación fotovoltaica aislada de 10 kW en una vivienda es técnica y económicamente factible, segura y respetuosa con el entorno, constituyendo además una aplicación práctica y directa de los conocimientos adquiridos durante la formación en ingeniería eléctrica y energías renovables.

Referencias:

- BOE. (1995). *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*. Boletín Oficial del Estado, nº 269.
- BOE. (1997a). *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*. Boletín Oficial del Estado, nº 256.
- BOE. (1997b). *Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo*. Boletín Oficial del Estado, nº 97.
- BOE. (1997c). *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Boletín Oficial del Estado, nº 97.
- BOE. (1997d). *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre utilización de equipos de protección individual*. Boletín Oficial del Estado, nº 140.
- BOE. (2001). *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*. Boletín Oficial del Estado, nº 148.
- BOE. (2002). *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*. Boletín Oficial del Estado, nº 224.
- BOE. (2011). *Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia*. Boletín Oficial del Estado, nº 295.
- BOE. (2019). *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*. Boletín Oficial del Estado, nº 83.
- Generalitat Valenciana. (2020). *Proyecto de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en ATREGI_2020_20_46*. Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo. Recuperado de <https://cindi.gva.es>
- Generalitat Valenciana. (2021). *Memorias de proyectos fotovoltaicos registrados en la Comunitat Valenciana*. Conselleria de Economía Sostenible, Sectores Productivos, Comercio y Trabajo. Recuperado de <https://cindi.gva.es>
- JA Solar. (2020). *Ficha técnica: Módulo fotovoltaico JAM72S10-410/415/420MR*. JA Solar Technology Co., Ltd. Recuperado de <https://www.jasolar.com>
- Huawei. (2021). *Manual de usuario: Inversor SUN2000-8KTL-M1*. Huawei Technologies Co., Ltd. Recuperado de <https://support.huawei.com>

DOCUMENTO N°2

PLIEGO DE CONDICIONES

Este documento especifica los requisitos técnicos, de seguridad y de calidad para la implementación de una instalación fotovoltaica autónoma de 10 kW. Se detallan los materiales, el montaje, las protecciones y las pruebas necesarias antes de su operación, en cumplimiento con la legislación vigente (*BOE, 2002; BOE, 1995; BOE, 2001*).

1. Materiales

Todos los dispositivos serán nuevos y contarán con el marcado CE, cumpliendo con las normativas pertinentes. Los elementos eléctricos obedecerán al Reglamento de Baja Tensión (*RD 842/2002*) y las normas UNE/EN aplicables (*BOE, 2002*).

2. Líneas eléctricas y estructura de cableado principal

Los conductores estarán fabricados de cobre, con una tensión nominal de 0,6/1 kV y serán resistentes a la intemperie. Para las líneas exteriores, se utilizará el cable RZ1-K (AS) 0,6/1 kV conforme a la *UNE 21123-4* (AENOR, 2011). La identificación por colores se registrará por *UNE-HD 308 S2*: negro/marrón/gris para las fases, azul para el neutro y verde-amarillo para la protección (AENOR, 2012). El dimensionamiento se llevará a cabo para asegurar que la caída de tensión y el calentamiento se mantengan dentro de los límites requeridos por el *REBT* (BOE, 2002).

3. Canalizaciones, tubos y cajas

Las canalizaciones se realizarán con tubos y accesorios que no propagen la llama y que sean adecuados al grado de protección exigido, según *UNE-EN 61386* (AENOR, 2009). Se evitarán curvas pronunciadas y se planificarán accesos para facilitar el tendido y mantenimiento.

4. Cuadros y aparamenta

Los cuadros estarán equipados con interruptores magnetotérmicos, dispositivos diferenciales y protecciones contra sobretensiones, contando con espacio para futuras expansiones. Los circuitos serán identificados mediante etiquetas permanentes. Todos los dispositivos tendrán el marcado CE y cumplirán con el *REBT* (BOE, 2002)

5. Protecciones eléctricas

En el lado de corriente continua se instalarán seccionadores, fusibles y dispositivos de protección contra sobretensiones de tipo II. En el lado de corriente alterna, se aplicarán interruptores magnetotérmicos por cada circuito, disyuntores de 30 mA para uso general y protecciones contra sobretensiones de tipo II (BOE, 2002; BOE, 2001).

6. Puesta a tierra

Todas las estructuras metálicas estarán conectadas a una única toma de tierra. El diseño garantizará que las tensiones de contacto se mantengan dentro de los límites permitidos y se coordinarán con los dispositivos diferenciales (BOE, 2002).

7. Ejecución

La instalación deberá ser llevada a cabo por personal debidamente cualificado. Se requerirá mantener el orden y la limpieza, además de asegurar que las conducciones eléctricas estén separadas de otras instalaciones (BOE, 2002).

8. S&S

Durante el proceso de montaje se seguirán las indicaciones de la Ley 31/1995 (BOE, 1995), el RD 1627/1997 (BOE, 1997a) y el RD 773/1997 (BOE, 1997c). En lo que respecta a trabajos eléctricos, se observará lo establecido en el RD 614/2001 (BOE, 2001).

9. Verificaciones y pruebas

Previo a la puesta en marcha, se llevarán a cabo las verificaciones descritas en la UNE-HD 60364-6 (AENOR, 2017): continuidad de los conductores de protección, resistencia de aislamiento, polaridad, verificación del correcto funcionamiento de los dispositivos diferenciales y comprobación de las protecciones contra sobretensiones.

Referencias:

Boletín Oficial del Estado. (1995). Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995.

Boletín Oficial del Estado. (1997a). Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 256, de 25 de octubre de 1997.

Boletín Oficial del Estado. (1997b). Real Decreto 485/1997, del 14 de abril, que establece los requisitos mínimos para la señalización de seguridad y salud en el ámbito laboral. BOE núm. 97, del 23 de abril de 1997.

Boletín Oficial del Estado. (1997c). Real Decreto 773/1997, del 30 de mayo, que regula las condiciones mínimas de seguridad y salud relacionadas con el uso de equipos de protección personal por parte de los trabajadores. BOE núm. 140, del 12 de junio de 1997.

Boletín Oficial del Estado. (2001). Real Decreto 614/2001, del 8 de junio, que establece las normas mínimas para salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores ante el riesgo eléctrico. BOE núm. 148, del 21 de junio de 2001.

Boletín Oficial del Estado. (2002). Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, que aprueba el Reglamento Electrotécnico para Instalaciones de Baja Tensión. BOE núm. 224, del 18 de septiembre de 2002.

AENOR. (2011). UNE 21123-4: Cables eléctricos con aislamiento de polietileno reticulado para tensiones designadas de 0,6/1 kV. Parte 4: Cables de uso especial (RZ1-K (AS)). Asociación Española de Normalización.

AENOR. (2012). UNE-HD 308 S2: Método para identificar conductores utilizando colores o números. Asociación Española de Normalización.

AENOR. (2009). UNE-EN 61386: Sistemas de tuberías para la conducción de cables eléctricos. Asociación Española de Normalización.

AENOR. (2017). UNE-HD 60364-6: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 6: Inspecciones. Asociación Española de Normalización.

Gobierno de Navarra. (s.f.). Normativa en PRL Sector Construcción: Reglamentación en Seguridad y Salud en el Trabajo y Guías Técnicas del Real Decreto 1627/1997.

Scribd. (s.f.). Anexo 3. Seguridad y Salud en Obra.

Martínez, J. , y Pérez, A. (2019). Análisis fundamental de seguridad y salud en proyectos de instalaciones de energía solar fotovoltaica. Revista de Salud y Seguridad en el Trabajo, 17(2), 12911–12918.

contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/214de573-caa1-4f5d-9c34-1f181e29fb94/DOC20231030165157Proyecto.pdf?MOD=AJPERES

DOCUMENTO Nº3

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se redacta en cumplimiento del *Real Decreto 1627/1997*, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE, 1997a).

Tal y como se indica en su artículo 4, cuando no concurren los supuestos que obligan a la elaboración de un Estudio completo —presupuesto de ejecución superior a 450.760 €, duración prevista mayor de 30 días con más de 20 trabajadores simultáneos, volumen de mano de obra superior a 500 jornadas o trabajos de carácter especial como túneles o presas— corresponde la redacción de un Estudio Básico (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, s.f.).

Este documento tiene como finalidad identificar y analizar los riesgos laborales que pueden aparecer durante la ejecución de la instalación, plantear medidas para eliminarlos en la medida de lo posible y establecer las protecciones técnicas necesarias para reducir y controlar aquellos que no puedan evitarse completamente (*Ley 31/1995*, BOE, 1995; RD 39/1997, BOE, 1997b).

Su contenido servirá de referencia para que el contratista elabore el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se desarrollarán y adaptarán las medidas preventivas aquí previstas según el sistema de ejecución concreto (BOE, 1997a).

La normativa aplicable en materia de seguridad y salud incluye:

- *Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE, 1995).*
- *RD 1627/1997, de disposiciones mínimas en obras de construcción (BOE, 1997a).*
- *RD 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE, 1997b).*
- *RD 614/2001, sobre protección frente al riesgo eléctrico (BOE, 2001).*
- *RD 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE, 2002).*
- *RD 485/1997, sobre señalización de seguridad en el trabajo (BOE, 1997c).*
- *RD 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad en los lugares de trabajo (BOE, 1997d).*
- *RD 773/1997, sobre utilización de equipos de protección individual (BOE, 1997e).*

En el ámbito de esta instalación fotovoltaica, los riesgos más relevantes son:

- Caídas en altura durante el montaje de módulos.
- Contactos eléctricos directos o indirectos en corriente continua y alterna.
- Caída de objetos o herramientas sobre operarios.
- Sobreesfuerzos y lesiones derivados de la manipulación de cargas.

Las principales medidas preventivas propuestas son:

- Uso de equipos de protección individual: casco, arnés, calzado de seguridad, guantes dieléctricos (*RD 773/1997, BOE, 1997e*).
- Instalación de protecciones colectivas como barandillas, redes o líneas de vida (*RD 1627/1997, BOE, 1997a*).
- Señalización y balizamiento de las zonas de trabajo (*RD 485/1997, BOE, 1997c*).
- Procedimientos de corte y verificación de ausencia de tensión antes de intervenir en los equipos (*RD 614/2001, BOE, 2001*).
- Orden y limpieza constante en la obra (*RD 486/1997, BOE, 1997d*).

Finalmente, de acuerdo con el artículo 3 del *RD 1627/1997 (BOE, 1997a)*, en caso de que participen varias empresas o trabajadores autónomos en la ejecución, será obligatorio designar un Coordinador de Seguridad y Salud, mediante contrato expreso, con el fin de garantizar la coordinación de actividades preventivas.

DOCUMENTO N°4

PRESUPUESTO

El presente presupuesto recoge los costes asociados al suministro de equipos principales, la mano de obra de instalación y los gastos administrativos básicos.

El cálculo se ha realizado a partir de precios de mercado actualizados y de la información técnica proporcionada por los fabricantes de los componentes seleccionados. Se incluye además un porcentaje adicional del 5 % destinado a cubrir imprevistos y contingencias, así como las tasas municipales correspondientes.

1. Equipamiento principal

- **Módulos Fotovoltaicos:** 24 unidades, cada una a 180,00 €, sumando un total de **4.320,00 €**. Estos módulos son monocristalinos de alta eficiencia, asumiendo una potencia de 410 Wp por módulo para alcanzar los 9.84 kWp.
- **Inversor Híbrido/String:** 1 unidad a 2.500,00 €, para un total de **2.500,00 €**. Se considera un inversor de aproximadamente 10 kW de potencia nominal con funcionalidad MPPT, compatible con la conexión a red según EN 50549-1, y con posibilidad de integración de baterías si se decide en el futuro.
- **Estructura Soporte Cubierta:** Estimada para 53.48 m² de superficie, a un coste de 45,00 €/m², lo que asciende a **2.406.6,00 €**. Esta estructura será de aluminio o acero inoxidable/galvanizado, diseñada para una cubierta inclinada de teja, con anclajes adecuados para soportar las cargas de viento y nieve según el CTE.
- **Cuadro Protección CC:** 1 unidad a 350,00 €, totalizando **350,00 €**. Incluirá seccionador, fusibles y Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS), cumpliendo con el REBT.
- **Cuadro Protección CA:** 1 unidad a 450,00 €, para un total de **450,00 €**. Contendrá interruptor magnetotérmico, diferencial y DPS, conforme al REBT.
- **Sistema de Monitorización:** 1 unidad a 200,00 €, sumando **200,00 €**. Incluye el gateway y el acceso a una plataforma o aplicación móvil para el seguimiento de la producción y el consumo.
- **Cableado Solar CC (4-6 mm²):** 150 metros a 2,50 €/m, con un coste total de **375,00 €**. Cableado específico para instalaciones solares, resistente a los rayos UV y a las variaciones de temperatura.
- **Cableado CA (6-10 mm²):** 50 metros a 3,00 €/m, ascendiendo a **150,00 €**. Sección de cableado adecuada según las necesidades del REBT para la conexión a la red.
- **Conectores MC4:** 24 pares a 5,00 €/par, lo que supone **120,00 €**. Conectores estancos para las uniones en corriente continua entre los módulos y las cadenas.

- **Pequeño Material Eléctrico:** Una partida global de **250,00 €** para cubrir elementos como canalizaciones, bridas, pasamuros, bornas de conexión y otros accesorios necesarios para una instalación limpia y segura.

Subtotal Equipamiento Principal: 11.415,00 €

2. Mano de Obra e Instalación

- **Ingeniería y Proyecto:** Una partida global de **800,00 €** para el diseño, cálculos, elaboración de esquemas, memorias y la firma del proyecto técnico por un ingeniero competente.
- **Mano de Obra Instalación:** Se estiman 4 jornadas (ej. 2 técnicos durante 2 días) a 600,00 €/jornada, totalizando **2.400,00 €**. Incluye el montaje físico de todos los componentes, el conexionado y las pruebas iniciales.
- **Transporte Materiales:** Una partida global de **150,00 €** para el flete y transporte de todos los equipos y materiales desde el almacén del proveedor hasta la ubicación en Agres.
- **Andamiaje / Medios Auxiliares:** Estimado en 2 jornadas a 200,00 €/jornada, con un coste de **400,00 €**. Cubre el alquiler o el montaje de andamios homologados o el uso de Plataformas Elevadoras Móviles de Personal (PEMP) para garantizar la seguridad en los trabajos en altura.
- **Pruebas y Puesta en Marcha:** Una partida global de **250,00 €**. Incluye las verificaciones eléctricas, la configuración del inversor y del sistema de monitorización, y la puesta en funcionamiento de la instalación.
- **Formación al Cliente:** Una partida de **50,00 €** para proporcionar al cliente final una sesión informativa sobre el funcionamiento básico, el mantenimiento y la interpretación de los datos del sistema de monitorización.

Subtotal Mano de Obra e Instalación: 4.050,00 €

3. Gestión y Legalización

- **Gestión Licencia de Obra / Comunicación Previa (Ayuntamiento de Agres):** Una partida de **150,00 €** para la gestión de los trámites municipales necesarios. *Nota: No incluye las tasas municipales directas, que se contemplan en otra partida.*

Subtotal Gestión y Legalización: 150,00 €

4. Partidas Adicionales y Contingencias

- **Tasas Municipales (Ayuntamiento de Agres):** Una partida estimada de **150,00 €** para las tasas directas que pueda cobrar el Ayuntamiento de Agres por la licencia de obra o la declaración responsable, según su ordenanza municipal.
- **Imprevistos y Contingencias:** Se ha estimado un 5% del total base imponible (aproximadamente 16.365 €) para cubrir posibles gastos no previstos, sumando **818,25 €**.

Subtotal Partidas Adicionales: 968,25 €

DOCUMENTO N°1

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXO 1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

1. INTRODUCCIÓN

A efectos del cálculo eléctrico se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- La intensidad nominal en corriente continua (DC) se corresponde con la intensidad en el punto de máxima potencia de los módulos fotovoltaicos, según ficha técnica del fabricante (JA Solar, 2023). En la parte de corriente alterna (AC) se toma como referencia la intensidad nominal de salida del inversor operando en condiciones de carga nominal (Huawei, 2023).
- La tensión nominal en DC es la asociada al punto de máxima potencia de los módulos, mientras que en AC se considera la tensión de salida del inversor en régimen nominal, esto es, 230 V en monofásico o 400 V en trifásico, de acuerdo con lo establecido en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002)*.
- La intensidad máxima en DC se corresponde con la intensidad de cortocircuito de los módulos, mientras que en AC se contempla la corriente de salida del inversor bajo condiciones de sobrecarga del 25 %, aplicando un factor de potencia de 0,9 en sistemas monofásicos y de 0,95 en trifásicos (*Guía Técnica del REBT, 2019; Huawei, 2023*).
- La tensión máxima en DC es la tensión de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos, mientras que en AC equivale a la tensión nominal de salida del inversor, es decir, 230 V o 400 V, en función de si el sistema es monofásico o trifásico (JA Solar, 2023; Huawei, 2023).

Para el cálculo de la sección de los conductores se han seguido los criterios establecidos en el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RD 842/2002)*, complementados con las *Hojas de Interpretación del Ministerio de Industria* y con lo indicado en el *Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a la Red (PCT-C)* del IDAE (IDAE, 2007).

Asimismo, la elección de los tubos de protección se efectúa en función de la sección del conductor, el tipo de aislamiento y el número de conductores a alojar, conforme al *REBT* y a las recomendaciones del *IDAE*.

El criterio de dimensionamiento se basa en escoger siempre el valor más restrictivo entre la intensidad máxima admisible y la caída máxima permitida de tensión.

En cuanto al cálculo eléctrico, se diferencian los siguientes tramos:

- Corriente continua (DC):
 - Intensidad máxima: la intensidad de cortocircuito de cada subcampo de módulos fotovoltaicos, como valor de referencia más desfavorable.
 - Tensión máxima: la tensión en circuito abierto de cada agrupación de módulos (JA Solar, 2023).
- Corriente alterna (AC):
 - Margen de siseño: para cada fase se adopta un valor no inferior al 125 % de la corriente máxima del generador, de acuerdo con lo indicado en el *REBT* y en la *Guía Técnica de Aplicación*.

Finalmente, las caídas de tensión máximas admisibles se fijan atendiendo a los límites establecidos por el *REBT* y al *PCT-C del IDAE*, con el objetivo de asegurar un funcionamiento eficiente y seguro de la instalación.

	Corriente Continua		Corriente Alterna	
	c.d.t. máxima	c.d.t. recomendada	c.d.t. máxima	c.d.t. recomendada
R.E.B.T.	No indica	No indica	1,5	1,5

Tabla elaborada a partir de lo indicado en el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)*, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (BOE, 2002) y en su *Guía Técnica de Aplicación de las Instrucciones ITC-BT-40 (IDAE, 2011)*, donde se fijan las caídas de tensión máximas admisibles en corriente alterna.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. Cálculo justificativo de strings y cableado en corriente continua

La instalación se compone de strings de 12 módulos fotovoltaicos en serie, modelo JA Solar (véase ficha técnica del fabricante, JA Solar, 2023). Cada string presenta una tensión en el punto de máxima potencia de aproximadamente 493 V, con una tensión en circuito abierto en condiciones estándar de 598 V y un máximo de 657 V en condiciones de baja temperatura.

El inversor seleccionado, Huawei SUN2000-8/10KTL-M1 (HC), admite un rango de tensión de seguimiento de máxima potencia (MPPT) de 140–980 V y una tensión máxima de entrada en corriente continua de 1100 V (Huawei, 2022).

Por lo tanto, el campo fotovoltaico diseñado se encuentra dentro de los márgenes de operación y seguridad establecidos por el fabricante.

La corriente de trabajo por string es del orden de 10 A. Dado que la intensidad máxima admitida por cada MPPT del inversor es de 13,5 A, se conectará un único string a cada MPPT, evitando la conexión en paralelo que podría superar dicho límite.

En cuanto al cableado de corriente continua, se ha considerado una longitud aproximada de 15 m por string (30 m de recorrido ida y vuelta). Con cable de cobre RZ1-K (AS) 0,6/1 kV de 4 mm² de sección, la caída de tensión resulta:

$$\Delta V = (2 \cdot I \cdot L \cdot \rho) / S = (2 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 0,0225) / 4 \approx 1,69 \text{ V}$$

Lo que supone una caída relativa del 0,34 %, muy por debajo del límite recomendado del 2–3 % en corriente continua (*REBT, ITC-BT-40*).

A nivel térmico, con el tendido en bandeja perforada, la capacidad de conducción de 4 mm² (≈ 41 A en aire libre) se reduce por factores de corrección de temperatura (0,87 a 45 °C) y agrupamiento (0,80 en caso de seis strings compartiendo bandeja). El valor resultante de aproximadamente 28 A continúa siendo muy superior a la corriente de trabajo del string (10 A), por lo que se confirma la idoneidad de la sección seleccionada.

Las protecciones en corriente continua se definen como sigue:

- Fusibles gPV de 15 A por string, cumpliendo el criterio de $1,25 \cdot I_{sc}$ (*UNE-EN 60269-6*).
- Seccionador DC bajo carga con tensión asignada ≥ 1000 V DC, conforme al *REBT ITC-BT-40*.
- Protección contra sobretensiones transitorias mediante descargadores tipo II en corriente continua, con tensión nominal $U_c = 1000$ V, instalados en la proximidad del inversor.

Con estos cálculos y medidas, se garantiza que el diseño eléctrico cumple los criterios de seguridad, fiabilidad y eficiencia energética exigidos por el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002)* y las normas *UNE* aplicables, así como las especificaciones de los fabricantes de equipos principales (Huawei, 2022; JA Solar, 2023).

2. Cálculo justificativo en corriente alterna

El inversor Huawei SUN2000-8/10KTL-M1 (HC) entrega una potencia nominal de 8 kW en régimen trifásico, con una tensión de salida de 400 V AC y frecuencia de 50 Hz (Huawei, 2022). La corriente nominal de salida del inversor se obtiene mediante:

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot V) = 8000 / (\sqrt{3} \cdot 400) \approx 11,6 \text{ A}$$

Cada fase conduce aproximadamente 11,6 A, muy por debajo de la capacidad de conducción de un cable de 6 mm² de cobre ($\approx 38\text{--}40$ A en bandeja perforada a 45 °C con un solo circuito, según REBT, ITC-BT-19).

Caída de tensión en el tramo AC:

Se considera una distancia de 15 m entre el inversor y el cuadro general de la vivienda. Con conductor RZ1-K (AS) 0,6/1 kV, sección 6 mm², y corriente de 11,6 A, la caída de tensión en sistema trifásico es:

$$\Delta V = (\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \rho) / S = (1,732 \cdot 11,6 \cdot 15 \cdot 0,0225) / 6 \approx 1,51 \text{ V}$$

Esto supone una caída relativa de 0,38 %, muy por debajo del límite habitual del 1,5 % en corriente alterna (REBT ITC-BT-40).

Protecciones en el lado AC:

- Interruptor automático magnetotérmico adecuado a la corriente nominal del inversor (≥ 16 A), curva C, tensión de empleo 400 V.
- Interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA) en el circuito de uso general, para la protección frente a contactos directos e indirectos.
- Protección contra sobretensiones transitorias tipo II en AC, instalada en el cuadro general, con tensión nominal $U_c \geq 400$ V.

Conclusión: El diseño en el lado de corriente alterna cumple con las exigencias de seguridad, eficiencia y fiabilidad requeridas por el *REBT* y la *Guía Técnica de Aplicación del REBT*, garantizando que la tensión de salida del inversor se entregue a la vivienda sin caídas significativas y con las protecciones adecuadas.

Referencias:

- Huawei (2022). Ficha técnica SUN2000-8/10KTL-M1 (HC).
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (2002). Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, RD 842/2002.
- contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/214de573-caa1-4f5d-9c34-1f181e29fb94/DOC20231030165157Proyecto.pdf?MOD=AJPERES

3. Puesta a tierra

Toda la instalación contará con una toma de tierra única y común para los equipos en corriente continua y alterna, cumpliendo la *ITC-BT-18 del REBT (RD 842/2002)*. Los conductores de protección serán de cobre aislado, sección mínima de 16 mm² en el enlace principal, conforme a la Tabla 2 de *ITC-BT-18*.

Se empleará un sistema de puesta a tierra mediante picas de acero cobreado de 2 m de longitud, unidas con conductores enterrados y registros de inspección.

La resistencia de tierra obtenida deberá ser $\leq 10 \Omega$ (recomendación habitual en instalaciones fotovoltaicas aisladas), garantizando la correcta actuación de las protecciones diferenciales y la disipación de sobretensiones atmosféricas (*UNE-HD 60364-5-54*). Se conectarán a la red de tierras todas las masas metálicas de la instalación: bastidores de los módulos, cuadros eléctricos, estructura de soporte, envolventes metálicas del inversor y bandejas portacables.

4. Intensidad de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito se determina en función de los módulos fotovoltaicos instalados:

- Según ficha técnica del JA Solar (2023), la intensidad de cortocircuito por módulo (I_{sc}) es de aproximadamente 10,68 A.
- Dado que los strings están en serie (12 módulos), la I_{sc} del string es la misma: $I_{sc_string} = I_{sc_módulo} = 10,68 \text{ A}$.
- El inversor Huawei SUN2000-8/10KTL-M1 (HC) admite una corriente máxima de entrada por MPPT de 13,5 A (Huawei, 2022), lo que asegura la compatibilidad.
- En corriente alterna, la intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión viene limitada por la capacidad del inversor ($\approx 2 \times I_{nominal}$ durante cortocircuito, según normativa de ensayos de inversores *UNE-EN 62109*). Para el equipo seleccionado, puede estimarse un valor en torno a 23 A por fase, muy inferior a la capacidad de corte de los magnetotérmicos seleccionados ($\geq 16 \text{ A}$, curva C, con poder de corte típico de 6 kA).

Con esto se garantiza que tanto en el lado de continua como en el de alterna las protecciones pueden interrumpir las corrientes de cortocircuito sin riesgo para la instalación.

**DOCUMENTO N°1
MEMORIA DESCRIPTIVA**

**ANEXO 2. SIMULACIÓN DE LA
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**



Version 7.4.8

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: AGRES

Variant: 10kWp_CUB

Tables on a building

System power: 9.84 kWp

Agres - Spain



PVsyst V7.4.8

VCO, Simulation date:
06/18/25 09:59
with V7.4.8

Project: AGRES

Variant: 10kWp_CUB



Calle Ángel Lozano, 18, 1-1 • 03005 Alicante

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
Agres		Latitude	38.79 °N	Albedo	0.20
Spain		Longitude	-0.50 °W		
		Altitude	544 m		
		Time zone	UTC+1		
Weather data					
Agres					
Meteonorm 8.1 (2003-2017), Sat=100% - Synthetic					

System summary

Grid-Connected System		Tables on a building		User's needs	
PV Field Orientation		Near Shadings		Unlimited load (grid)	
Fixed planes	2 orientations	Linear shadings : Fast (table)			
Tilts/azimuths	15 / -34.1 °				
	15 / 144.7 °				
System information					
PV Array					
Nb. of modules	24 units	Inverters		1 unit	
Pnom total	9.84 kWp	Nb. of units		8.00 kWac	
		Pnom total		1.230	
		Pnom ratio			

Results summary

Produced Energy	13.34 MWh/year	Specific production	1355 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	79.99 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	5
Near shading definition - Iso-shadings diagram	6
Main results	8
Loss diagram	9
P50 - P90 evaluation	10



Project: AGRES
Variant: 10kWp_CUB



PVsyst V7.4.8
VCO, Simulation date:
06/19/25 09:59
with V7.4.8

Calle Ángel Lozano, 18, 1-I • 03005 Alicante

General parameters

Grid-Connected System		Tables on a building		Models used	
PV Field Orientation		Sheds configuration		Transposition Perez	
Orientation		Nb. of sheds	24 units	Diffuse	Perez, Meteorom
Fixed planes	2 orientations	Several orientations		Circumsolar	separate
Tilts/azimuths	15 / -34.1 ° 15 / 144.7 °				
Horizon		Near Shadings		User's needs	
Average Height	9.1 °	Linear shadings : Fast (table)		Unlimited load (grid)	

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	JA Solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	JAM72S10-410/MR/1500V	Model	SUN2000-8KTL-M2-400V
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	410 Wp	Unit Nom. Power	8.00 kWac
Number of PV modules	24 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	9.84 kWp	Total power	8.0 kWac
Array #1 - I8_1X12			
Orientation	#1		
Tilt/Azimuth	15/-34 °		
Number of PV modules	12 units	Number of inverters	1 * MPPT 50% 0.5 unit
Nominal (STC)	4920 Wp	Total power	4.0 kWac
Modules	1 strings x 12 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	4490 Wp	Operating voltage	160-950 V
U mpp	451 V	Max. power (=>60°C)	8.80 kWac
I mpp	10.0 A	Pnom ratio (DC:AC)	1.23
Array #2 - I8_1X12			
Orientation	#2		
Tilt/Azimuth	15/145 °		
Number of PV modules	12 units	Number of inverters	1 * MPPT 50% 0.5 unit
Nominal (STC)	4920 Wp	Total power	4.0 kWac
Modules	1 strings x 12 In series		
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	4490 Wp	Operating voltage	160-950 V
U mpp	451 V	Max. power (=>60°C)	8.80 kWac
I mpp	10.0 A	Pnom ratio (DC:AC)	1.23
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	10 kWp	Total power	8 kWac
Total	24 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	48.2 m²	Pnom ratio	1.23
Cell area	43.3 m²	No power sharing	



PVsyst V7.4.8
 VCO, Simulation date:
 06/18/25 09:59
 with V7.4.8

Project: AGRES
Variant: 10kWp_CUB



Calle Ángel Lozano, 18, 1-1 • 03005 Alicante

Array losses

Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		DC wiring losses				
Loss Fraction	2.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	747 mΩ			
Serie Diode Loss		Uc (const) 17.0 W/m²K		Global wiring resistance	373 mΩ			
Voltage drop	0.7 V	Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s		Loss Fraction	1.5 % at STC			
Loss Fraction	0.1 % at STC	LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss				
Module mismatch losses		Loss Fraction 1.0 %		Loss Fraction 0.0 %				
Loss Fraction	2.0 % at MPP	IAM loss factor						
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

AC wiring losses

Inv. output line up to injection point	
Inverter voltage	400 Vac tri
Loss Fraction	1.50 % at STC
Inverter: SUN2000-8KTL-M2-400V	
Wire section (1 Inv.)	Alu 1 x 3 x 3 mm²
Wires length	20 m



Horizon definition

Horizon from PVGIS website API, Lat=38°47'39", Long=0°-30'3", Alt=544m

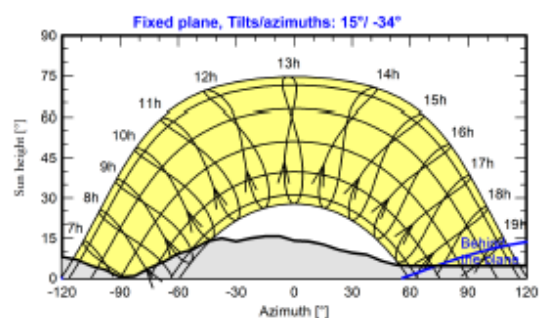
Average Height	9.1 °	Albedo Factor	0.54
Diffuse Factor	0.96	Albedo Fraction	100 %

Horizon profile

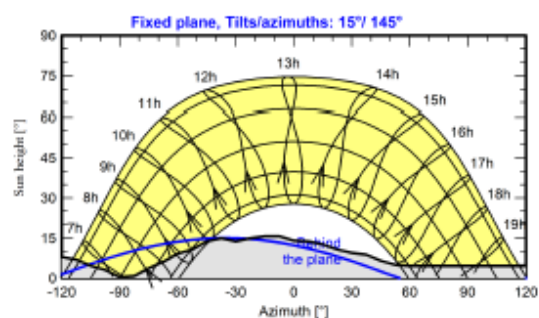
Azimuth [°]	-180	-173	-165	-158	-150	-143	-135	-128	-120	-113	-105	-98	-90	-83
Height [°]	14.5	14.9	14.5	13.8	13.0	11.8	11.1	9.5	8.0	6.9	4.6	3.1	0.4	0.8
Azimuth [°]	-75	-68	-60	-53	-45	-38	-30	-23	-15	-8	0	8	15	23
Height [°]	3.8	6.1	9.2	10.7	13.8	14.9	13.8	14.9	15.7	15.7	14.1	13.8	12.6	10.7
Azimuth [°]	30	38	45	53	60	128	135	143	150	158	165	173	180	
Height [°]	9.5	8.8	6.5	5.0	4.6	4.6	7.6	7.6	10.3	12.2	13.8	14.5	14.5	

Sun Paths (Height / Azimuth diagram)

Orientation #1



Orientation #2





PVsyst V7.4.8
VC0, Simulation date:
06/18/25 09:59
with V7.4.8

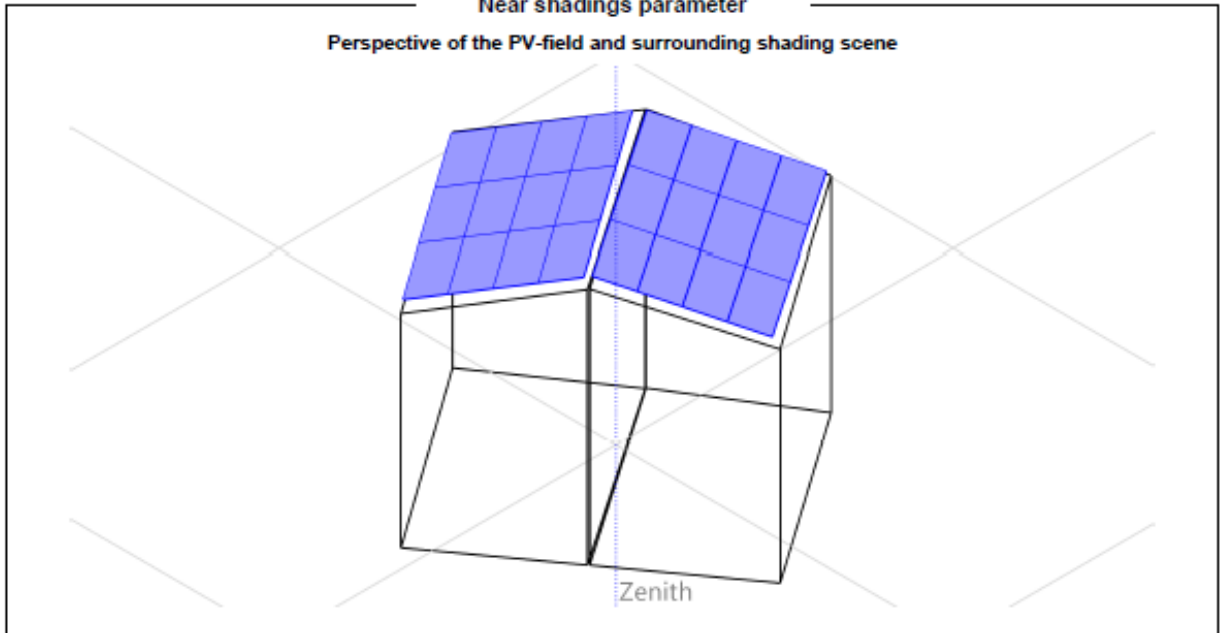
Project: AGRES
Variant: 10kWp_CUB



Calle Ángel Lozano, 18, 1-I • 03005 Alicante

Near shadings parameter

Perspective of the PV-field and surrounding shading scene





PVsyst V7.4.8

VCO, Simulation date:
06/18/25 09:59
with V7.4.8

Project: AGRES

Variant: 10kWp_CUB

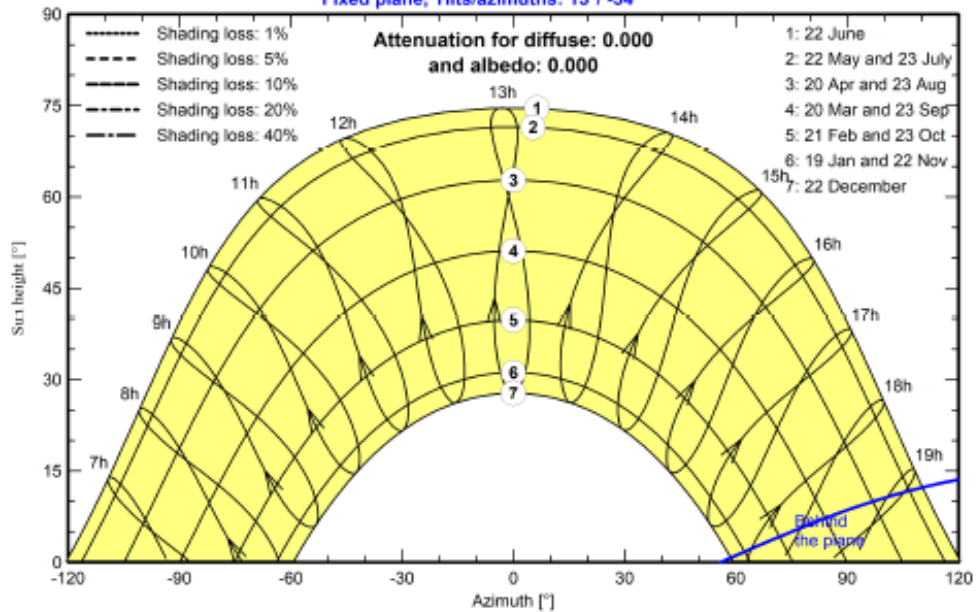


Calle Ángel Lozano, 18, 1-I • 03005 Alicante

Iso-shadings diagram

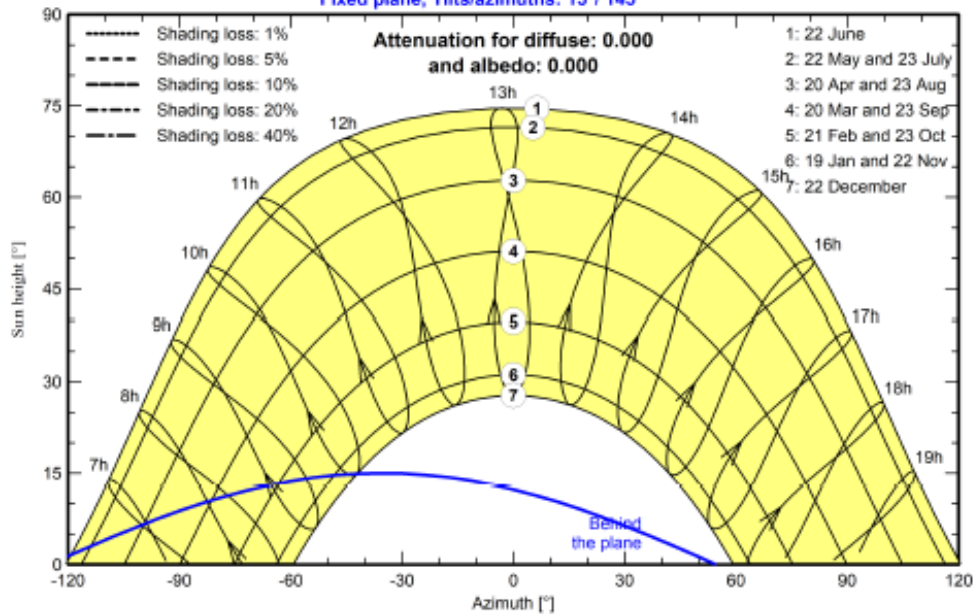
Orientation #1

Fixed plane, Tilts/azimuths: 15°/-34°



Orientation #2

Fixed plane, Tilts/azimuths: 15°/145°





Main results

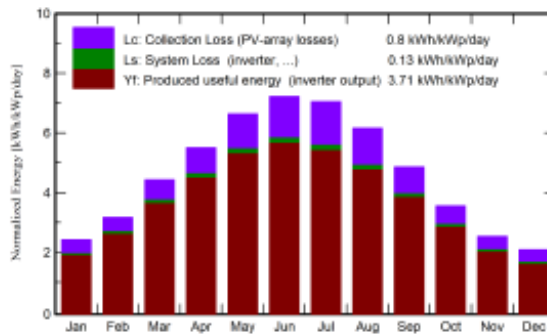
System Production

Produced Energy 13.34 MWh/year

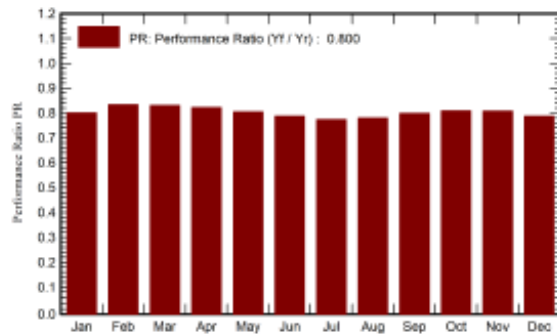
Specific production
Perf. Ratio PR

1355 kWh/kWp/year
79.99 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	75.7	24.52	5.10	74.8	65.4	0.613	0.589	0.800
February	90.0	33.62	6.52	88.8	81.3	0.755	0.729	0.833
March	139.7	53.13	9.75	137.3	128.2	1.160	1.121	0.830
April	168.4	63.65	12.52	165.2	155.3	1.380	1.336	0.822
May	209.0	74.46	16.87	205.6	194.3	1.683	1.629	0.805
June	220.3	74.04	22.31	216.6	205.2	1.734	1.679	0.788
July	222.4	71.00	26.34	218.6	207.0	1.718	1.663	0.773
August	194.1	70.57	25.66	190.9	180.4	1.514	1.465	0.780
September	148.1	56.26	20.31	145.7	136.2	1.183	1.144	0.798
October	112.1	42.16	15.76	110.2	101.7	0.909	0.877	0.809
November	77.0	29.48	8.85	76.2	68.0	0.629	0.605	0.807
December	65.3	25.78	5.75	64.6	55.5	0.521	0.500	0.787
Year	1722.4	618.68	14.70	1694.5	1578.6	13.798	13.338	0.800

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



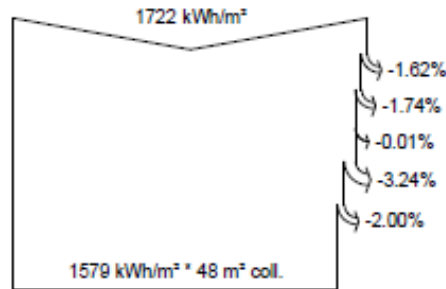
PVsyst V7.4.8
 VCO, Simulation date:
 06/18/25 09:59
 with V7.4.8

Project: AGRES
 Variant: 10kWp_CUB

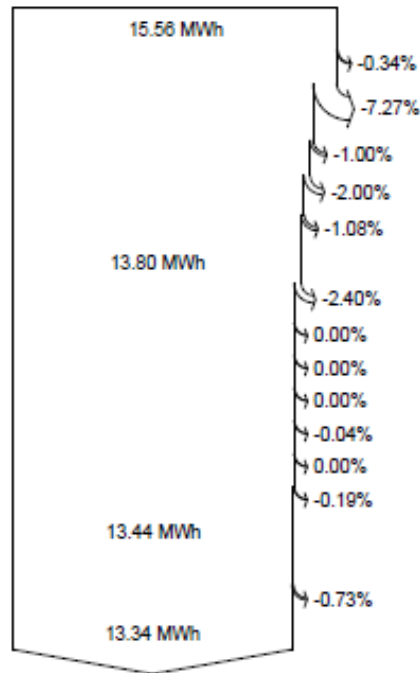


Calle Ángel Lozano, 18, 1-I • 03005 Alicante

Loss diagram



efficiency at STC = 20.46%



- Global horizontal irradiation
- Global incident in coll. plane
- Far Shadings / Horizon
- Near Shadings: irradiance loss
- IAM factor on global
- Soiling loss factor
- Effective irradiation on collectors
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- LID - Light induced degradation
- Module array mismatch loss
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption
- Available Energy at Inverter Output
- AC ohmic loss
- Energy injected into grid



PVsyst V7.4.8
VC0, Simulation date:
06/18/25 09:59
with V7.4.8

Project: AGRES

Variant: 10kWp_CUB



Calle Ángel Lozano, 18, 1-1 • 03005 Alicante

P50 - P90 evaluation

Weather data

Source Meteonom 8.1 (2003-2017), Sat=100%
Kind TMY, multi-year
Year-to-year variability(Variance) 2.7 %
Specified Deviation
Climate change 0.0 %

Global variability (weather data + system)

Variability (Quadratic sum) 3.2 %

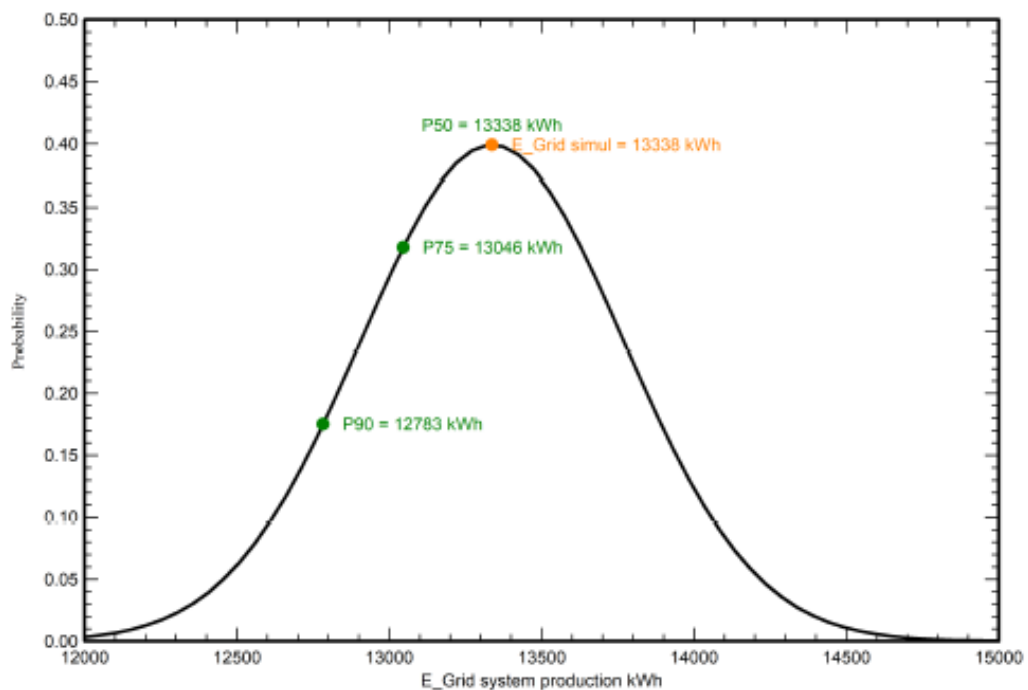
Simulation and parameters uncertainties

PV module modelling/parameters 1.0 %
Inverter efficiency uncertainty 0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties 1.0 %
Degradation uncertainty 1.0 %

Annual production probability

Variability 432 kWh
P50 13338 kWh
P90 12783 kWh
P75 13046 kWh

Probability distribution



**DOCUMENTO N°1
MEMORIA DESCRIPTIVA**

**ANEXO 3. DOCUMENTACIÓN DE LOS
EQUIPOS A INSTALAR.**

Smart Energy Controller

SUN2000-3-10KTL-M1 (High Current Version)



Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer ¹



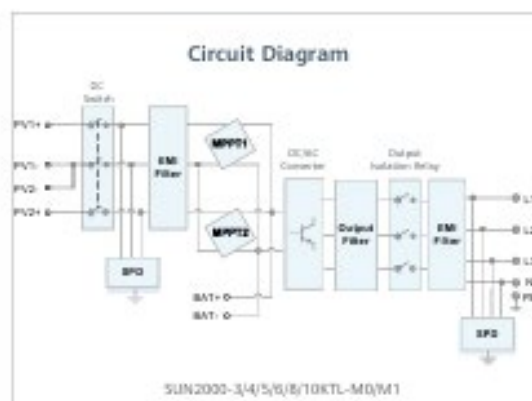
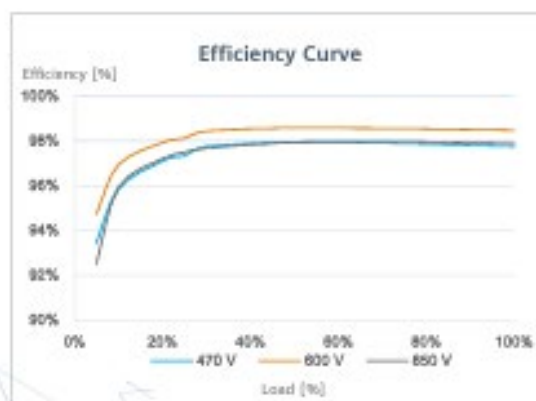
Battery Ready

Plug & Play battery interface ²



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



¹ Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy controller.
² SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 will be compatible with HLM300 smart string ESS in Q1, 2021.

Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
Efficiency						
Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%
Input (PV)						
Recommended max. PV power ¹⁾	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage ²⁾	1,100 V					
Operating voltage range ³⁾	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	13.5 A					
Max. short-circuit current	19.5 A					
Number of MPPT trackers	2					
Max. input number per MPPT tracker	1					
Input (DC Battery)						
Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh ~ 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max. operating current	16.7 A					
Max. charge Power	10,000 W					
Max. discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W
Output (On Grid)						
Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA ⁴⁾
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.0 A
Adjustable power factor	0.8 leading ~ 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					
Output (Off Grid)						
Backup Box	Backup Box - B1					
Maximum apparent power	3,000 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA	3,300 VA
Rated output voltage	220 V / 230 V					
Maximum output current	13.6 A	15 A	15 A	15 A	15 A	15 A
Power factor range	0.8 leading ~ 0.8 lagging					
Features & Protections						
Input-side disconnection device	Yes					
Anti-islanding protection	Yes					
DC reverse polarity protection	Yes					
Insulation monitoring	Yes					
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11					
Residual current monitoring	Yes					
AC overcurrent protection	Yes					
AC short-circuit protection	Yes					
AC overvoltage protection	Yes					
Arc fault protection	Yes					
Ripple receiver control	Yes					
Integrated PID recovery ⁵⁾	Yes					
Battery reverse charging from grid	Yes					
General Data						
Operating temperature range	-25 ~ +60 °C (-13 °F ~ 140 °F)					
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH					
Max. operating altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)					
Cooling	Natural convection					
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App					
Communication	RS485, WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)					
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)					
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)					
Degree of protection	IP65					
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W ⁶⁾					
Optimizer Compatibility						
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P					
Standard Compliance (more available upon request)						
Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116					
Grid connection standards	GBB, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA					

¹⁾ Lower for max input PV power is 20,000Wp when long to high use designed and fully connected with SUN2000-300W-P power optimizers.

²⁾ The maximum input voltage is the open-circuit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

³⁾ Only DC input voltage beyond the operating voltage range may result in non-typical operation. ⁴⁾ C10 / 11 / C000 / A

⁵⁾ SUN2000-3-10KTL-M1 takes priority between PV- and ground to absorb zero through integrated PID recovery function to ensure module degradation from PID. Supported module types include P-type (mono, poly).

⁶⁾ < 5.5 W when PID recovery function is activated.

Prelimar

Harvest the Sunshine

Mono

Módulo Media Célula PERC de 410W

JAM72S10 390-410/PR Serie

Presentación

Ensamblado con células PERC de alta eficiencia, la configuración media célula de los módulos ofrece las ventajas de una alta salida de potencia, mejor coeficiente de temperatura, reducido efecto de sombreado en la generación de energía, menor riesgo de puntos calientes, así como mejor resistencia a la carga mecánica.



Mayor potencia de salida



Menor coeficiente térmico



Menor efecto de sombreado



Mayor tolerancia mecánica

Garantía Superior

- Garantía de producto de 12 años
- Garantía de generación de energía lineal durante 25 años



■ Garantía JA de Energía Lineal ■ Garantía Industrial

Certificaciones

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Sistemas de gestión de calidad
- ISO 14001:2015 Sistemas de gestión medio ambiental
- OHSAS 18001: 2007 Sistemas de gestión de salud y seguridad laboral
- IEC TS 62941: 2016 Módulos fotovoltaicos terrestres – Directrices para aumentar la confianza en diseño, cualificación y aprobación de módulos fotovoltaicos



JASOLAR

www.jasolar.com

Especificaciones sujetas a cambios y pruebas técnicas. JA Solar se reserva el derecho a la interpretación final.

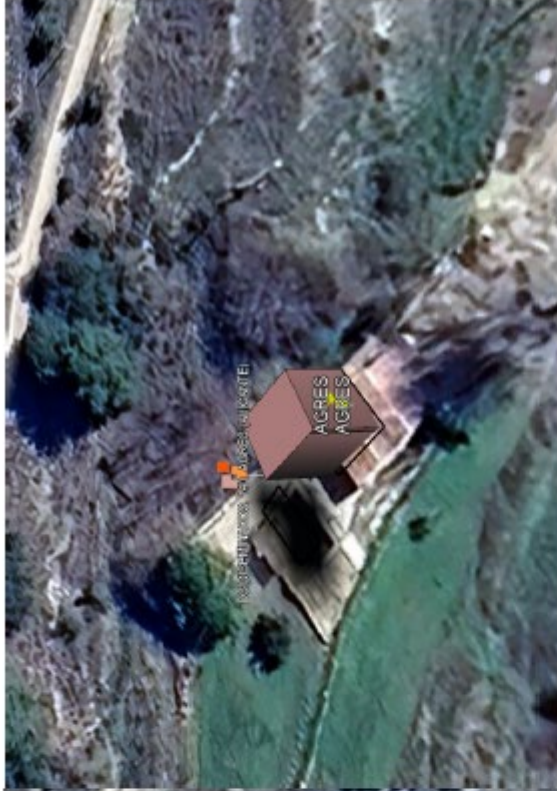


ANEXO 4. PLANOS



Partida del Molino, 03837, Agres, Alicante

38.794171 ° -0.500946 °



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Politècnica Superior de Alcoy

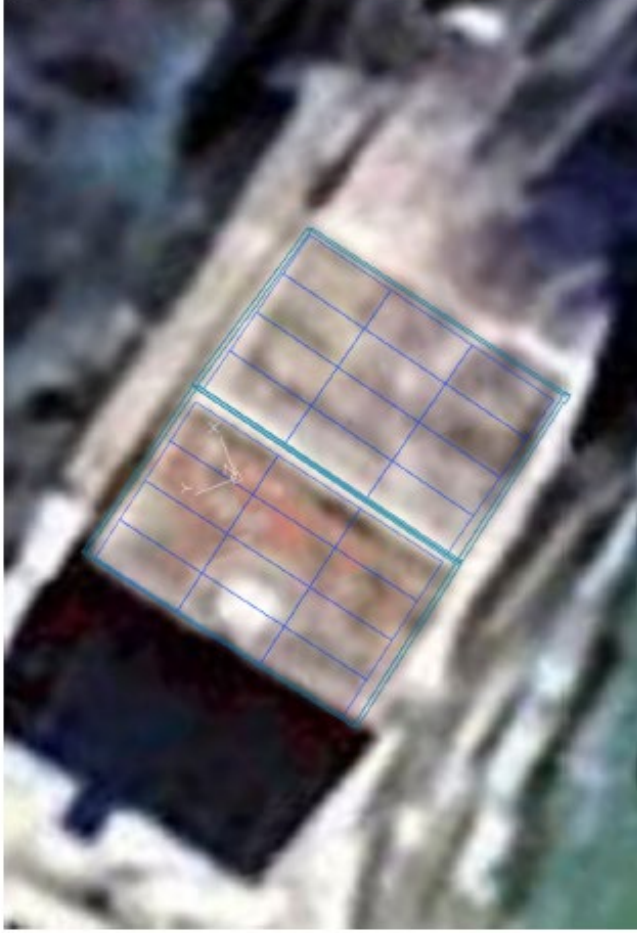
Proyecto: Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda

Autor: M^o Jesús Barrochina Miranda

Tutor: Antonio García Abellán

Asignatura: TFG – Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano: PL-0307 - Plano de situación y emplazamiento

Fecha: 09/02/15



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Politècnica Superior de Alcoy

Proyecto: Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda

Autor: M^o Jesús Barrocho Miranda

Tutor: Antonio García Acellan

Asignatura: IFC - Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano: PL-0307 - Plano de planta de cubierta

Fecha: 06/05

Datos del campo fotovoltaico:

Nº de módulos: 24

Modelo: JA Solar JAM72810-410MR (410 Wp)

Potencia p/cap total: 9.84 kWp

Configuración de strings

2 strings x 12 módulos

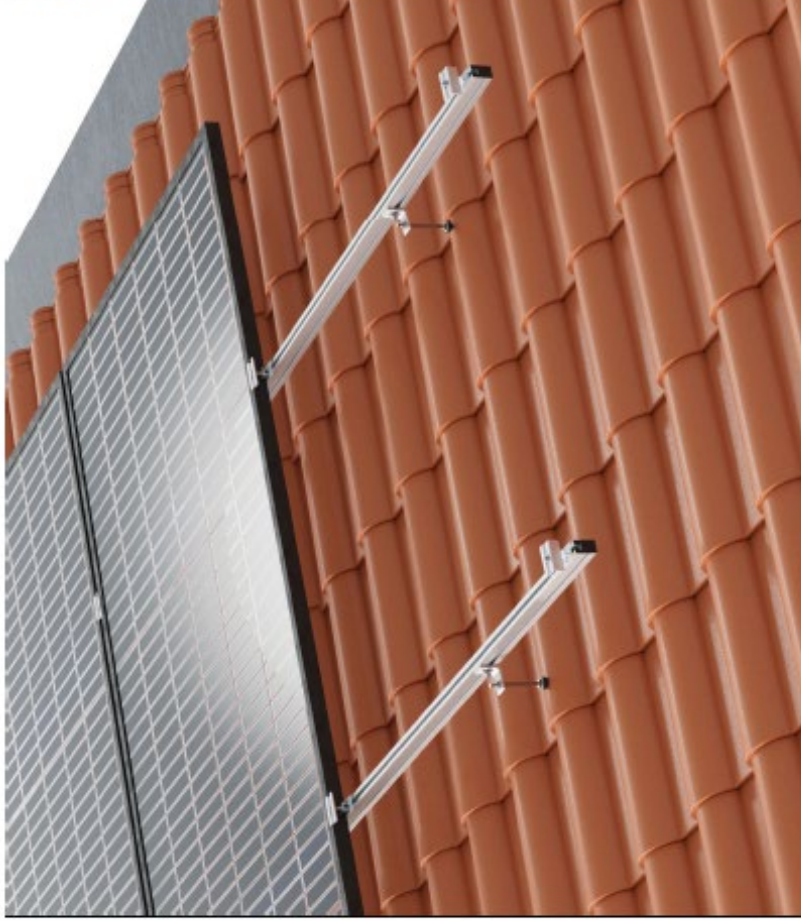
String 1 → 12 módulos - Tilt 15°, Azimut -34,1°

String 2 → 12 módulos - Tilt 15°, Azimut +144,7°



- Malla cuadriculada → Área de estudio / superficie analizada
- ▲ Flechas naranjas → Dirección y sentido de la pendiente
- Texto numérico en rojo (0.26, 0.24,...) → Cotas altimétricas (m)
- Imagen satelital de fondo → Ortofoto de referencia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Escuela Politécnica Superior de Alcoy	
Proyecto:	Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda
Autor:	Mª Jesús Baracatna Miranda
Tutor:	Antonio García Aceller
Asignatura:	TFG – Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano:	PU-0407 - Diseño cota cubierta
Fecha:	06/05



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Politècnica Superior de Alcoi

Proyecto: Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda

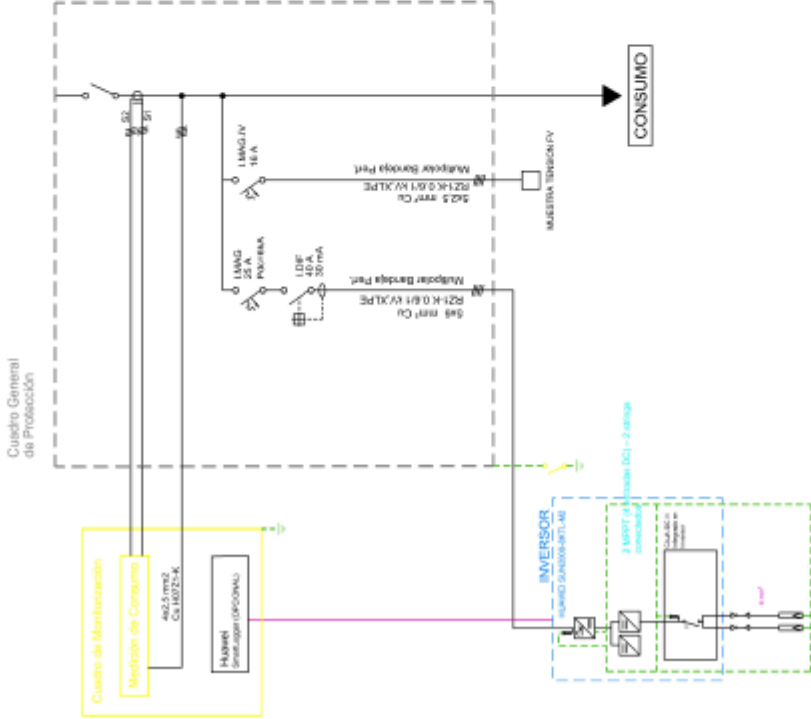
Autor: M. Jesús Barrochina Miranda

Tutor: Antonio García Abellán

Asignatura: TFG - Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano: PL-0507 - Plano de detalle de estructura

Fecha: 08/02/25

Estructura coplanar de aluminio anodizado.
Ganchos inox fijados a la estructura de cubierta.
Carpas intermedias y finales, tornillería A2/A-4.
Cálculo frente a viento según CTE DB-SE-AE.



INCORPORADOS EN EL INVERSOR

- Ruido de máxima y mínima fluctuación : Ajuste en más de 0,1 l menos de 40 Hz con una frecuencia de 5 períodos.
- Ruido de máxima amplitud : Ajuste a 1,1 Um con una frecuencia de 5 períodos.
- Ruido de mínima amplitud : Tráfico ajustado a 0,85 Vn con una temporización máxima de 0,5.

LISTADO DE COMPONENTES	
	Seccionador AC
	Interruptor Automático
	Interruptor diferencial
	Interruptor magnetotérmico
	Interruptor Regulador
	Descargador sobretensiones
	Seccionador DC 100V 25A (S1...S8)

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

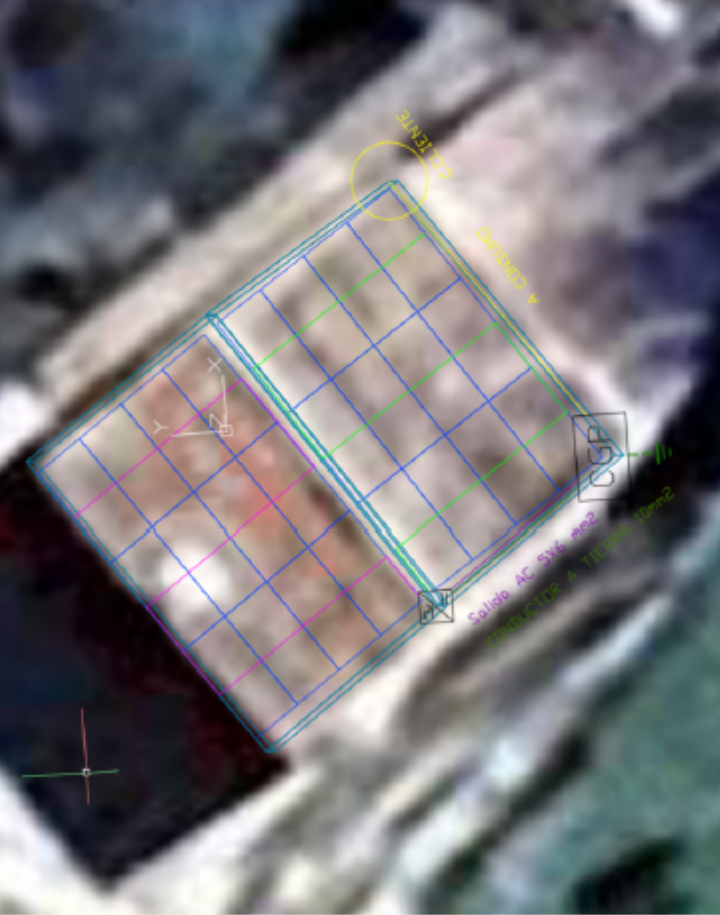
Proyecto: Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda

Autor: Mª Jesús Baracina Méndez

Tutor: Antonio García Abellán

Asignatura: TFG – Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano: PU-0007 - URMW

Fecha: 06/02/25



Legenda - Plano de Distribución FV

- String 2 (DC) (Verde)
- Salida AC (5x6 mm²) (Morado)
- String 1 (DC) (Magenta)
- Consumo (Amarillo)

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Proyecto: Diseño e implementación de una instalación fotovoltaica autónoma para el suministro eléctrico de una vivienda

Autor: M^o Jesús Samadina Miranda

Tutor: Antonio García Abellán

Asignatura: TFG – Grado en Ingeniería Eléctrica
Plano: PL-0707 – Plano de distribución eléctrica

Fecha: 06/02/15