



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de una Instalación fotovoltaica de 75 kW para una
empresa del sector cárnico en Teruel.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Jorge Carrillo, Iván

Tutor/a: Valencia Salazar, Iván

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Tabla de contenido

Memoria	3
Pliego de condiciones	42
Presupuesto	50
Planos	57
Anexo	62



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

MEMORIA

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	7
1. Objeto del proyecto	8
2. Justificación del proyecto	8
3. Antecedentes	9
3.1 Energías Renovables	9
3.2 Tipos de Energías Renovables.....	10
3.3 Energía solar fotovoltaica	13
4. Legislación	14
5. Instalación fotovoltaica	14
5.1 Justificación de la instalación fotovoltaica conectada a red.....	14
5.2 Emplazamiento	15
5.3 Estudio climatológico del lugar	16
5.3.1 Temperatura y nubosidad.	16
5.3.2 Radiación	17
5.4. Curvas de consumo y radiación.....	19
5.4.1 Curvas tipo hora-día/mes del consumo.....	19
5.4.2 Curvas tipo radiación horaria/mes.....	20
5.5. Elementos de la instalación fotovoltaica.....	21
5.6 Selección de los componentes del sistema.....	24
6. Cálculos.....	27
6.1 Diseño de la instalación.....	27
6.2 Energía producida	28
6.3 Distancia entre placas	29
6.4 Cableado	30
6.4.1 Cableado corriente continua	32
6.4.2 Cableado corriente alterna.....	32
6.5 Cálculo de protecciones	33
6.5.1 Corriente continua.....	34
6.5.2 Corriente alterna	35
6.6 Emisiones de CO ₂ evitadas	35
7. Presupuesto	36
7.1 Periodo de recuperación de la inversión.....	37
8. Estudio básico de seguridad y salud.....	38
8.1 Objeto y ámbito de aplicación.....	38
8.2 Datos generales.....	38
8.3 Estudio de Riesgos.....	38

8.4 Medidas preventivas y de protección generales.....	39
9. Bibliografía	40

Índice de imágenes

Imagen 1: Molino de viento	9
Imagen 2: Rueda hidráulica	9
Imagen 3: Planta fotovoltaica	10
Imagen 4: Planta eólica.....	11
Imagen 5: Planta hidroeléctrica.....	11
Imagen 6: Planta de biomasa.....	12
Imagen 7: Planta geotérmica	13
Imagen 8: Ubicación instalación.....	15
Imagen 9: Estudia temperatura	16
Imagen 10: Estudio nubosidad.....	17
Imagen 11: Estudio radiación	18
Imagen 12: Programa PVGIS.....	18
Imagen 13: Curvas hora-día/mes días laborables	19
Imagen 14: Curvas hora-día/mes días festivos.....	20
Imagen 15: Curvas radiación	20
Imagen 16: Elementos de una instalación fotovoltaica	21
Imagen 17: Placas solares	21
Imagen 18: Inversores.....	22
Imagen 19: Soportes	22
Imagen 20: Cuadro de protecciones	23
Imagen 21: Cableado	23
Imagen 22: Esquema inversor	26
Imagen 23: Soporte ajustable	26
Imagen 24: Curva producción Enero.....	28
Imagen 25: Curva producción Julio.....	29
Imagen 26: Distancia placas	30
Imagen 27: Cálculo cableado 1	31
Imagen 28: Cálculo cableado 2.....	33
Imagen 29: Mapa de Ng para España	34
Imagen 30: Distribución del presupuesto según partidas.....	36

Resumen Ejecutivo

En el presente proyecto se busca diseñar una instalación fotovoltaica conectada a la red para una empresa del sector cárnico ubicada en Teruel. El objetivo principal de dicha instalación será cubrir las necesidades de consumo eléctrico diario de la empresa mediante la generación de energía limpia y económicamente rentable. El alcance del proyecto abarca el sistema de instalación fotovoltaica en su conjunto, desde el cálculo del número de placas, hasta los dispositivos de maniobra, medidas de protección a utilizar y conexión a la red de la instalación. Se lleva a cabo una comparación de los diferentes proveedores de placas, inversores, soportes, etc., para complementar la instalación con un presupuesto final realista que refleje el coste potencial para el local sujeto de este proyecto y justifique desde un punto de vista económico la implementación del sistema de generación fotovoltaico. Como resultado del estudio realizado, se diseña una instalación de 75kW que cuenta con 125 placas solares de 600W cada una, conectadas a dos inversores. La producción total de la instalación en un año es de 94.665 kWh, con lo que se espera ahorrar un total de 15.472,65 euros anuales en la factura eléctrica a la vez que se evita la emisión de aproximadamente 12,5 toneladas de CO₂ a la atmósfera por año. El precio final de la instalación sería de 50.922,65 euros sin contar con las ayudas económicas, con lo que la amortización de la inversión realizada se logra en aproximadamente de 3 años y 4 meses.

1. Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar una instalación solar fotovoltaica para cubrir la demanda energética de una industria alimentaria ubicada en Teruel, aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera.

Se realiza un análisis detallado de la radiación solar recibida según su ubicación, fundamental para determinar la capacidad y eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos necesarios.

Uno de los aspectos clave de este proyecto es la viabilidad económica, donde se calculan los costos de inversión y los beneficios esperados a lo largo del tiempo, justificando tanto el ahorro económico como el beneficio ambiental derivado de la utilización de energía renovable frente a fuentes tradicionales.

Finalmente, el proyecto no solo busca cumplir con los requisitos técnicos y normativos, sino también servir como ejemplo y propuesta para futuras implementaciones de energía solar fotovoltaica en otras áreas residenciales y comerciales, promoviendo así la conciencia medioambiental y el uso sostenible de los recursos energéticos.

2. Justificación del proyecto

La realización de este proyecto está justificada tanto por necesidades económicas como medioambientales. A nivel personal, siempre me he sentido atraído por las energías renovables y por la idea de proteger el planeta tanto como me fuera posible. Y es que nuestra generación ha crecido bajo la constante amenaza del cambio climático, que junto a la creciente demanda energética a nivel mundial ha convertido a las fuentes de energía sostenible y a la transición energética en temas de máxima relevancia en este siglo.

Este proyecto de instalación solar fotovoltaica busca concienciar sobre el cuidado del medio ambiente, promoviendo el uso de energías limpias y renovables. Estas energías ayudan a reducir la dependencia de recursos naturales limitados y a disminuir la contaminación causada por combustibles fósiles. Desde una perspectiva económica, las instalaciones fotovoltaicas representan una inversión inicial que se amortiza con el tiempo, gracias a que esta tecnología no solo permite un ahorro significativo en los costos energéticos, sino que también ofrece la posibilidad de generar ingresos mediante la venta del excedente de energía producida.

Socialmente, este proyecto apoya los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, que representan un llamamiento a los gobiernos, sector privado y sociedad civil para erradicar la pobreza en el mundo, proteger el planeta y alcanzar prosperidad económica para 2030. Al promover el uso de energías limpias, en este proyecto se fomenta una mayor conciencia ambiental y se apoya la transición hacia una sociedad más sostenible, con sistemas de producción más responsables, alineándose de manera directa con los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), 13 (Acción por el clima), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), 12 (Producción y consumo responsables) y 9 (Industria, innovación e infraestructura).

3. Antecedentes

3.1 Energías Renovables

Las energías renovables emergen como una solución sostenible frente al contexto actual de cambio climático, donde gran parte de la energía es generada a partir de recursos fósiles, los cuales son limitados y muy contaminantes. Estas fuentes de energía se caracterizan por su capacidad de regeneración natural y su menor impacto ambiental en comparación con las fuentes tradicionales de energía como el carbón, el petróleo o el gas natural.

Aunque su desarrollo ha experimentado un fuerte auge en las últimas décadas, el aprovechamiento de las energías renovables ha estado siempre profundamente relacionado con la evolución de la civilización humana, siendo el descubrimiento y la utilización de la energía necesidades constantes a lo largo de la historia. El uso de fuentes de energía "limpias" ha pasado por diversas etapas de desarrollo, adaptándose a las circunstancias y avances tecnológicos de cada época. Se pueden distinguir ejemplos de lo mencionado anteriormente desde tiempos antiguos. El dominio del fuego y la invención de la rueda fueron hitos fundamentales para la humanidad, como también la utilización de velas para captar la energía del viento y propulsar embarcaciones desde el s. XX a.C. Ya en el siglo III antes de Cristo, se utilizaban las primeras ruedas hidráulicas para la molienda de grano y otras aplicaciones industriales. Con el mismo propósito, también se destacaron los molinos de viento, que aparecieron en el reino Persa alrededor del siglo IX. Algunos ejemplos son la imagen 1 y 2 expuestas a continuación:



Imagen 1: Molino de viento. Fuente: www.arbolesymedioambiente.es

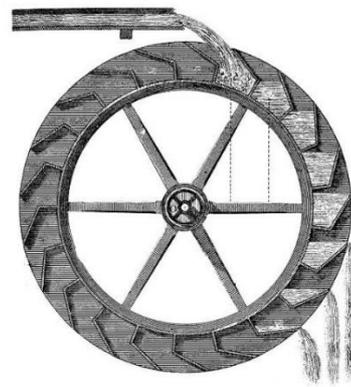


Imagen 2: Rueda hidráulica. Fuente: www.istockphoto.com

La Revolución Industrial marcó un cambio significativo en el uso de la energía, con un giro hacia los combustibles fósiles como el carbón y, posteriormente, el petróleo. Sin embargo, las energías renovables continuaron su desarrollo paralelo. Cabe destacar el desarrollo hidroeléctrico, que dio lugar a la primera planta hidroeléctrica en 1882, y el desarrollo de la tecnología eólica, con la construcción de la primera turbina eólica en 1880. En cuanto a la energía solar fotovoltaica, no fue hasta mediados del siglo XX, impulsada por la preocupación por el medio ambiente, cuando se realizaron grandes avances tecnológicos como el desarrollo de la primera célula fotovoltaica de silicio en

1954. En esta época, y después de que la crisis del petróleo evidenciara los problemas de dependencia energética, también se investigaron nuevas fuentes de energía sostenible como la geotérmica, la biomasa y los biocombustibles. Además, se comenzaron a comercializar turbinas eólicas más eficientes y a gran escala.

En la actualidad, la necesidad de energías limpias es mayor que nunca debido a la alta demanda energética existente y la disminución de recursos fósiles (y los problemas de contaminación atmosférica y calentamiento global), lo que otorga gran importancia al estudio de estas energías sostenibles. Un claro ejemplo de ello es el reto propuesto por la Unión Europea por el que, para el año 2030, se pretende conseguir que el 42.5% de la energía sea producida por energías renovables.

3.2 Tipos de Energías Renovables

A continuación, se resumen brevemente algunos de los tipos de energías renovables más utilizados en la actualidad:

Energía Solar

La energía solar se obtiene a partir de la radiación solar mediante dos tecnologías principales: la fotovoltaica y la térmica. La energía solar fotovoltaica convierte directamente la luz solar en electricidad mediante células fotovoltaicas, mientras que la energía solar térmica utiliza colectores solares para calentar un fluido que genera vapor y, posteriormente, electricidad. La imagen 3 muestra una planta generadora de energía fotovoltaica, cuya tecnología se comentará con mayor detalle en el siguiente apartado por ser la que se empleará en el presente proyecto.



Imagen 3: Planta fotovoltaica. Fuente: www.sotysolar.es

Energía Eólica

La energía eólica se genera mediante aerogeneradores como los mostrados en la imagen 4, que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. Es una de las energías renovables de mayor crecimiento a nivel mundial debido a su gran eficiencia y bajos costos operativos una vez instalados. Sin embargo, estos parques eólicos causan un gran impacto visual y acústico, pudiendo afectar también a la fauna

de la zona. Al igual que la energía solar, la energía eólica depende de factores climáticos y es, por tanto, intermitente.



Imagen 4: Planta eólica. Fuente: www.xatakaciencia.com

Energía Hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica se produce mediante la construcción de presas y la utilización del flujo de agua para generar electricidad. Esta forma de energía ha sido una de las más utilizadas y sigue siendo una fuente importante de energía renovable debido a su alta fiabilidad. A diferencia de la energía solar o eólica, la energía hidroeléctrica puede proporcionar una fuente constante y predecible de electricidad, siendo capaz también de almacenar esta energía potencial en forma de agua. La imagen 5 muestra una instalación hidroeléctrica. Cabe mencionar que la construcción de estas presas supone un alto costo inicial y un fuerte impacto ambiental, capaz de alterar ecosistemas y afectar a la biodiversidad.

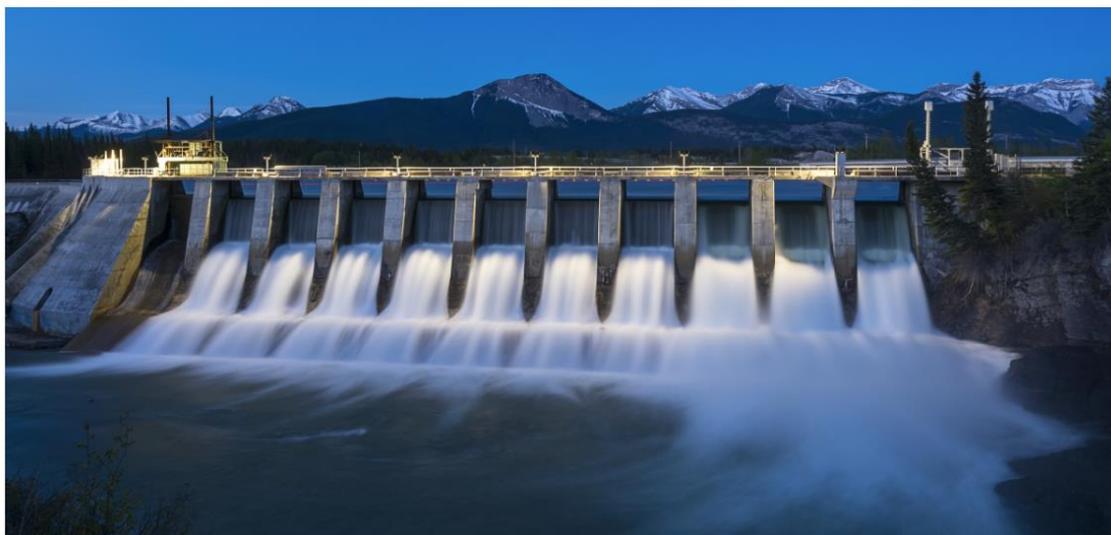


Imagen 5: Planta hidroeléctrica. Fuente: www.globalenergy.mx

Biomasa

La biomasa se refiere a la utilización de materia orgánica, como residuos agrícolas, forestales y residuos urbanos, para la producción de energía. La biomasa puede ser utilizada para producir calor, electricidad y otros combustibles, siendo esta flexibilidad energética una de sus ventajas, además de la reutilización de residuos que de otro modo serían desechados. No obstante, una de las grandes desventajas de la biomasa es que no elimina las emisiones contaminantes, por lo que debe ser gestionada cuidadosamente. En la imagen 6 se muestra un ejemplo de una planta de biomasa:



Imagen 6: Planta de biomasa. Fuente: www.coral.eu

Energía Geotérmica

La energía geotérmica se obtiene del calor almacenado en el interior de la Tierra. Este calor puede ser aprovechado para generar electricidad y para aplicaciones directas de calefacción. Las plantas geotérmicas extraen fluidos calientes del subsuelo a través de pozos, los cuales se utilizan para mover turbinas que generan electricidad. Posteriormente, estos fluidos pueden ser reintegrados al subsuelo, cerrando así el ciclo, como se puede observar en la imagen 7.

Este tipo de tecnología renovable ofrece una fuente constante y fiable de energía, independientemente de las condiciones climáticas, además de que contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, al igual que muchas de las alternativas anteriores, tiene un elevado coste inicial y solo es viable en regiones con una actividad geotérmica significativa. Cabe recalcar también que, aunque se trate de un recurso renovable, un uso excesivo podría acarrear el agotamiento local del calor en el subsuelo.

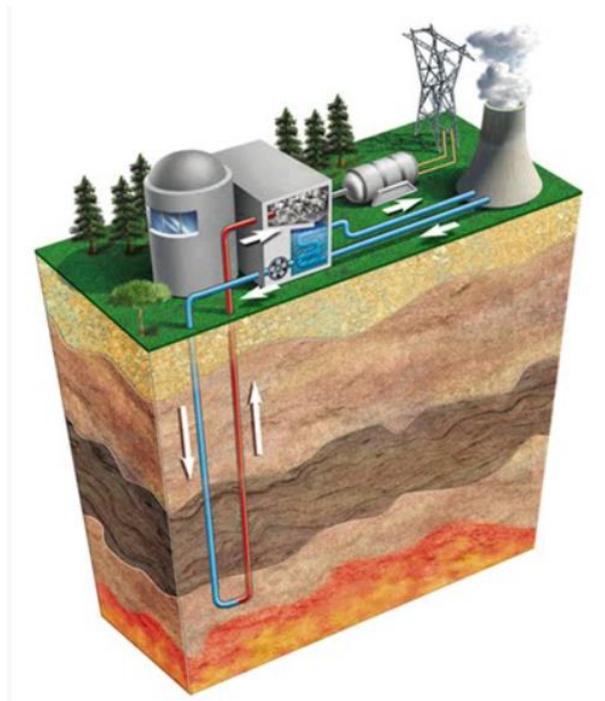


Imagen 7: Planta geotérmica. Fuente: <https://canaltic.com>

3.3 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se ha convertido en una tecnología clave en el campo de las energías renovables. Su capacidad para suministrar energía ya sea en emplazamientos aislados o conectados a la red eléctrica aporta gran flexibilidad para el diseño de instalaciones en una amplia variedad de contextos, como pueden ser zonas rurales, industriales, entornos urbano, etc.

Esta tecnología presenta ventajas distintivas, tales como un mantenimiento reducido y una larga vida útil. Según el dimensionamiento requerido, la instalación puede realizarse en tejados, resultando especialmente útil en zonas de alta densidad urbanística. Sin embargo, también tiene desventajas, como el elevado coste inicial, que en ocasiones puede mitigarse gracias a ayudas económicas y otros incentivos existentes en ciertas regiones. Además, cuando estas instalaciones se realizan a gran escala requieren extensas superficies para la instalación de paneles, por lo que podrían desplazar al sector agrícola. Por otra parte, la disponibilidad de energía solar depende de la irradiación solar, por lo que la ubicación geográfica y las condiciones meteorológicas son factores que influyen en gran medida en la producción continuada en el tiempo de energía eléctrica. Desafortunadamente, el estado actual de las baterías de acumulación existentes no permite resolver el problema, siendo este un área de investigación activa y de gran interés.

En lo que respecta a nuestro país, cabe señalar que las condiciones climatológicas en España son especialmente favorables para la producción de energía de origen fotovoltaico. particularmente en la zona centro, sur y sureste, y en los últimos años se ha incentivado el aprovechamiento del potencial de esta fuente de energía.

4. Legislación

Para asegurar el correcto diseño de la instalación, es imprescindible cumplir con diversas normativas y legislaciones. Estas regulaciones abarcan desde la normativa europea hasta la normativa estatal y autonómica. A continuación, se detallan las principales normativas y legislaciones aplicables a las instalaciones fotovoltaicas:

- Real Decreto 244/2019, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica en España.
- Real Decreto 413/2014, establece la regulación de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, regula el sector eléctrico en España
- Real decreto 900/2015, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real decreto 1699/2011, regula la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real decreto 842/2002, establece las condiciones técnicas y de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de baja tensión en España.
- Real decreto 1955/200, regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- Normativa UNE de aplicación, establece los estándares técnicos específicos que deben cumplir las instalaciones y equipos eléctricos en España.

5. Instalación fotovoltaica

En esta sección se detallan las características de la instalación objeto de este proyecto, que serán el punto de partida para el diseño y dimensionamiento de la instalación apropiada para satisfacer las necesidades energéticas del cliente.

5.1 Justificación de la instalación fotovoltaica conectada a red

La decisión de conectar la instalación a la red se basa en un análisis detallado de costos y beneficios. Las baterías, aunque útiles para almacenar energía y proporcionar independencia energética, representan una inversión significativa que, en el caso de una empresa con elevados consumos, puede no ser económicamente viable. Además, las baterías tienen limitaciones en términos de capacidad y vida útil, lo que podría incrementar los costos de mantenimiento y reemplazo a lo largo del tiempo.

Por otro lado, una instalación conectada a la red permite aprovechar al máximo la energía generada por los sistemas fotovoltaicos durante las horas de mayor radiación solar, inyectando el excedente de energía a la red y obteniendo compensaciones económicas. Esta estrategia no solo optimiza el uso de la energía generada, sino que también reduce la factura eléctrica de la empresa, mejorando su rentabilidad y competitividad.

Asimismo, la conexión a la red proporciona una fuente de respaldo confiable, asegurando que la empresa tenga acceso continuo a la electricidad incluso durante períodos de baja generación solar, como días nublados o durante la noche. Esto es particularmente importante para la empresa, donde la continuidad en el suministro

eléctrico es crucial para mantener la operación de congeladores y cámaras de seguridad.

5.2 Emplazamiento

La instalación fotovoltaica se llevará a cabo para una empresa del sector cárnico ubicada a las afueras del municipio de Alcorisa, en Teruel. Esta empresa, dedicada a la producción y procesamiento de productos cárnicos, busca reducir su impacto medioambiental y sus costos operativos a través del uso de energías renovables. La instalación se realizará en un terreno plano contiguo al edificio de la empresa, aprovechando el espacio disponible y las condiciones óptimas para la captación de energía solar.

Este terreno propiedad de la empresa, actualmente sin uso, ofrece una ubicación ideal para la instalación de los paneles solares debido a su orientación y exposición constante al sol. Además, al estar ubicado cerca de la empresa, facilita la integración de la energía generada, permitiendo un suministro estable y eficiente.



Imagen 8: Ubicación instalación. Fuente: <https://www.google.es/maps>

5.3 Estudio climatológico del lugar

5.3.1 Temperatura y nubosidad.

El establecimiento se encuentra en Alcorisa, que es parte de la provincia de Teruel. Por lo tanto, se procederá a estudiar los registros anuales de la provincia. Los informes climatológicos disponibles proporcionan estimaciones de las temperaturas medias de Alcorisa:

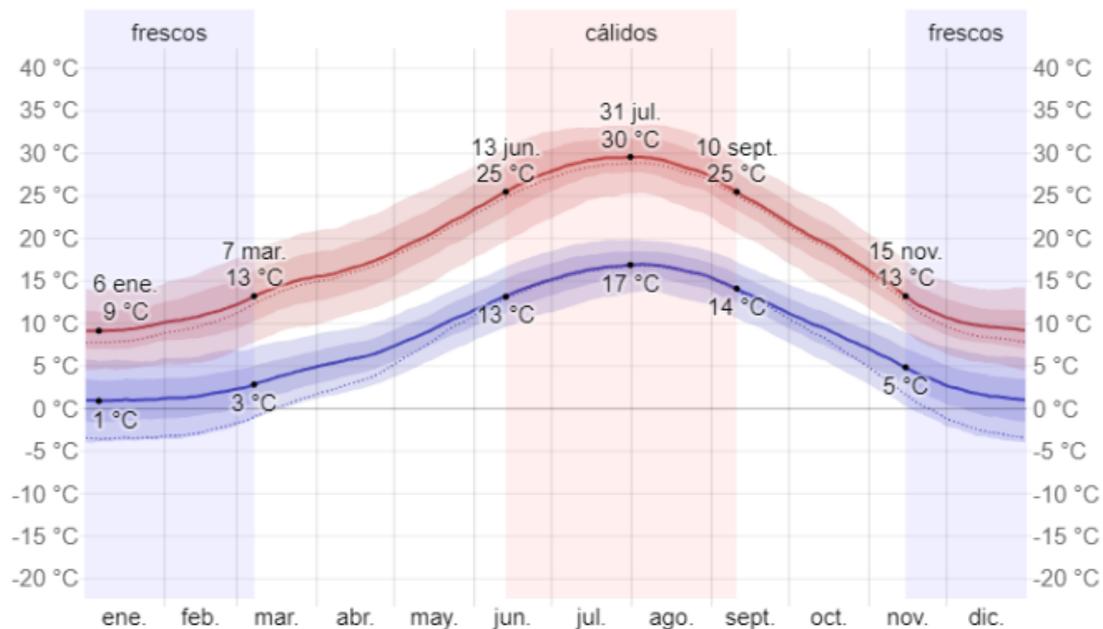


Imagen 9: Estudia temperatura. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Como se puede observar en la imagen 9, la temperatura máxima es de 31° en los meses de verano, y la mínima es de 1° en el mes de enero. Todo esto es de suma importancia en nuestro local, ya que en los meses calurosos los congeladores y vitrinas tendrán que consumir más electricidad debido a que la diferencia de temperatura será mayor entre el interior de estos aparatos respecto a la temperatura externa. También influye en este gasto el número de veces que se abren este tipo de elementos.

Por otro lado, se estudia la nubosidad puesto que será un factor clave que afectará a la cantidad de luz solar que llegará a los paneles y por consiguiente a la producción energética. Así, como se puede observar en el gráfico de nubosidad de la imagen 10, en el periodo de verano la gran mayoría de los días estará casi totalmente despejado. En cambio, en los meses invernales los días tienen más probabilidad de estar mayormente nublados, llegando a alcanzar el 51% en el mes de diciembre.

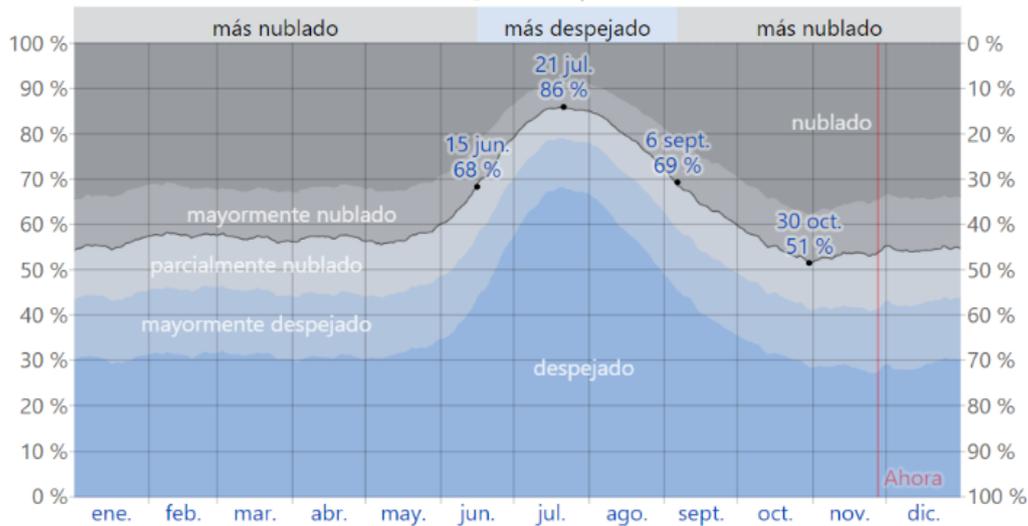


Imagen 10: Estudio nubosidad. Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

5.3.2 Radiación

La radiación solar es la energía que el sol nos transmite en forma de radiación electromagnética, la cual es imprescindible tanto para la vida en la Tierra como para la producción de energía fotovoltaica.

La energía que se produce en la superficie solar experimenta un proceso de atenuación en la atmósfera gracias a la capa de ozono, las nubes y las partículas dispersas, hasta llegar a la superficie terrestre donde es absorbida o reflejada. Este proceso es crucial para regular la cantidad de radiación que llega a la Tierra, protegiendo a los seres vivos de una exposición excesiva a la radiación ultravioleta.

De este modo, la radiación puede llegar a la Tierra de tres maneras distintas:

- **Radiación solar directa:** Alcanza la superficie terrestre sin haber sufrido dispersión al atravesar la atmósfera, siendo la forma más intensa y aprovechable para la producción de energía fotovoltaica.
- **Radiación solar difusa:** Alcanza la superficie terrestre después de haber sufrido diversas desviaciones en su trayectoria debido a las interacciones con moléculas y partículas en la atmósfera, como pueden ser las nubes. Aunque menos intensa, esta radiación también puede ser utilizada por los sistemas fotovoltaicos.
- **Radiación solar reflejada:** Es la radiación que, como su nombre indica, es reflejada por la propia superficie terrestre, incluyendo cuerpos de agua, suelos y otras superficies reflectantes.

La potencia de la radiación que recibimos dependerá de varios factores, entre los cuales destacan la posición del sol en el cielo, la latitud, la altitud y las condiciones atmosféricas locales, como la nubosidad. Además, la dirección con la cual la energía incide en la superficie terrestre también influye en su efectividad para la generación de energía fotovoltaica.

Gracias a diversos estudios y herramientas avanzadas, podemos obtener estimaciones de la radiación solar en diferentes ubicaciones y momentos del año.

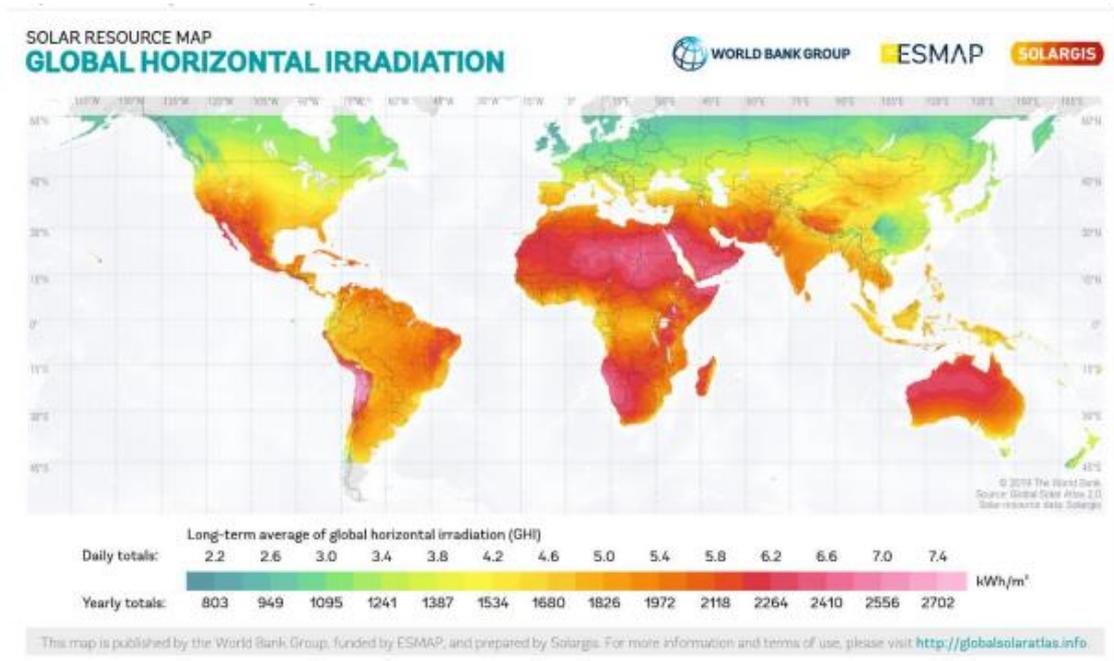


Imagen 11: Estudio radiación. Fuente: <https://globalsolaratlas.info>

En este contexto, la herramienta virtual PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) es de gran utilidad. PVGIS permite evaluar la radiación en la ubicación de nuestra instalación. Esta información es crucial para diseñar y optimizar sistemas fotovoltaicos, asegurando su máxima eficiencia y rentabilidad.

Además, PVGIS ofrece la posibilidad de simular la producción de energía de un sistema fotovoltaico específico, considerando parámetros como el tipo de panel, su orientación e inclinación, y las pérdidas debidas a factores como la sombra y la suciedad.

Aplicando lo explicado anteriormente, en la página oficial del PVGIS se obtiene la irradiancia recibida por hora del día para cada mes del año, añadiendo la inclinación y azimut óptima para la instalación como se ve a continuación:

Cursor: 43.704, -10.327
 Seleccionado: 40.894, -0.382
 Elevación (m): 622
 PVGIS ver: 5.2

Utilizar las sombras del terreno:
 Horizonte calculado
 Cargar archivo de horizonte

Base de datos de radiación solar: PVGIS-SARAH2
 Mes: Mayo
 Hora UTC
 Hora local

Sobre plano fijo:
 Irradiancia
 Irradiancia cielo claro
 Inclinación [°]:
 Azimut [°]:

Sobre plano con seguimiento:
 Irradiancia
 Irradiancia cielo claro

Temperatura:
 Perfil diario de temperatura

Imagen 12: Programa PVGIS. Fuente: <https://re.jrc.ec.europa.eu>

Para nuestra instalación, y según la ubicación de esta, se ha determinado que la inclinación óptima de los paneles ha de ser de 38° sobre el suelo, con un azimut de -3° , lo que implica que nuestros paneles deberán ser orientados ligeramente hacia el este desde el sur verdadero.

5.4. Curvas de consumo y radiación

Para realizar un apropiado dimensionado de la instalación fotovoltaica es necesario conocer el recurso solar disponible por día y hora, así como los perfiles de consumo eléctrico. Esta información es fundamental para evaluar los beneficios energéticos, económicos y ambientales.

5.4.1 Curvas tipo hora-día/mes del consumo

Las curvas tipo hora-día/mes del consumo estarán determinadas por la energía consumida por hora, la cual dependerá de los aparatos eléctricos conectados. En el caso de una empresa del sector cárnico, se observa un consumo base constante derivado de elementos que están siempre en funcionamiento, como los congeladores y las cámaras de seguridad.

En este contexto, se presentan curvas generalizadas que muestran el consumo por hora durante los días laborables, diferenciadas según los distintos meses. Asimismo, se incluyen curvas generalizadas para domingos y festivos, donde el patrón de consumo cambia significativamente debido a la menor actividad empresarial.

El análisis de estas curvas es crucial para comprender los patrones de consumo energético de la empresa y así poder adaptarse a los requerimientos energéticos de la empresa, ya que las curvas permiten identificar los picos de demanda y las horas de menor consumo.

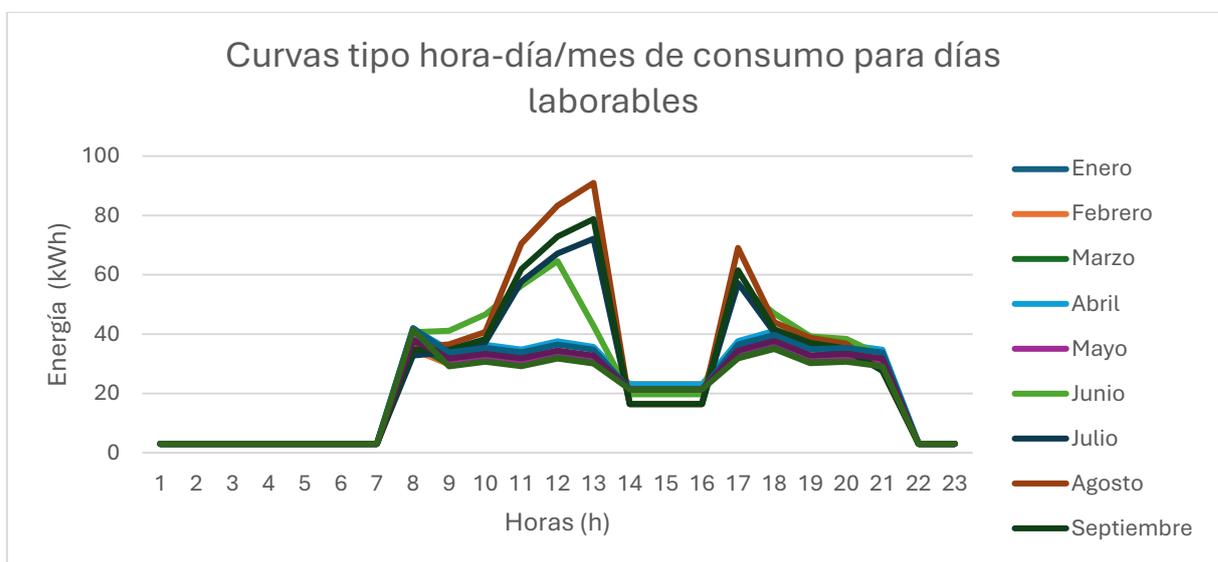


Imagen 13: Curvas hora-día/mes días laborables. Elaboración propia

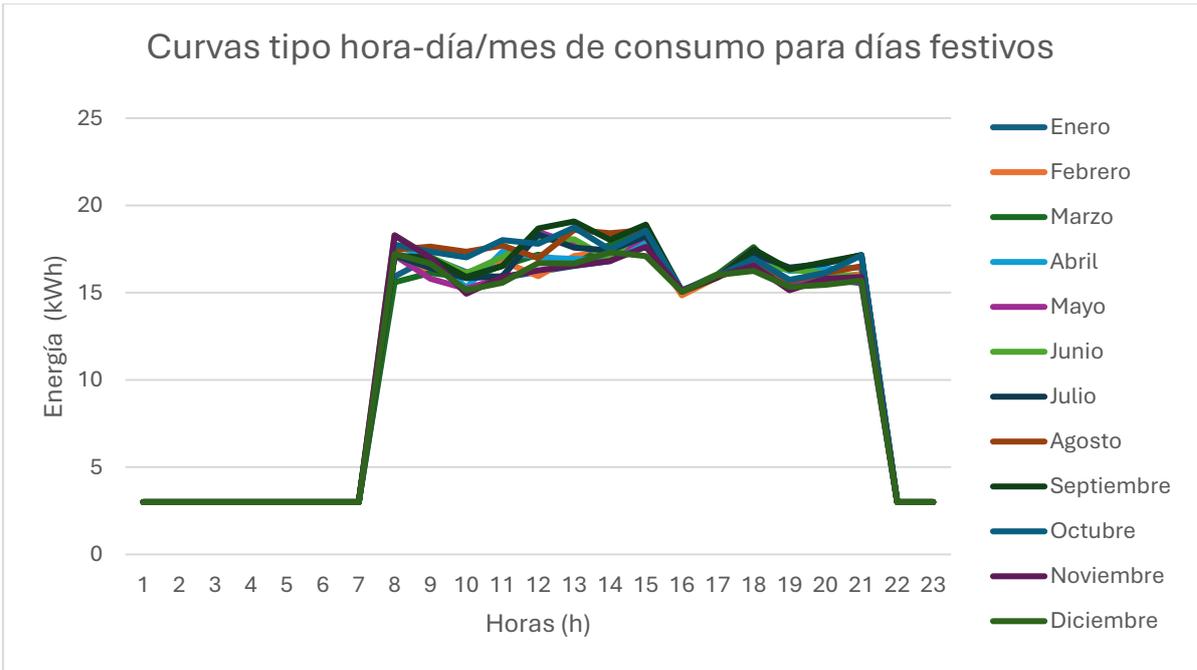


Imagen 14: Curvas hora-día/mes días festivos. Elaboración propia

5.4.2 Curvas tipo radiación horaria/mes

Mediante el proceso explicado anteriormente (véase el apartado 5.2.2), se obtendrán las curvas de radiación expuestas a continuación. Con esta información, será posible calcular la energía que producirá la instalación en función del número de placas instaladas.

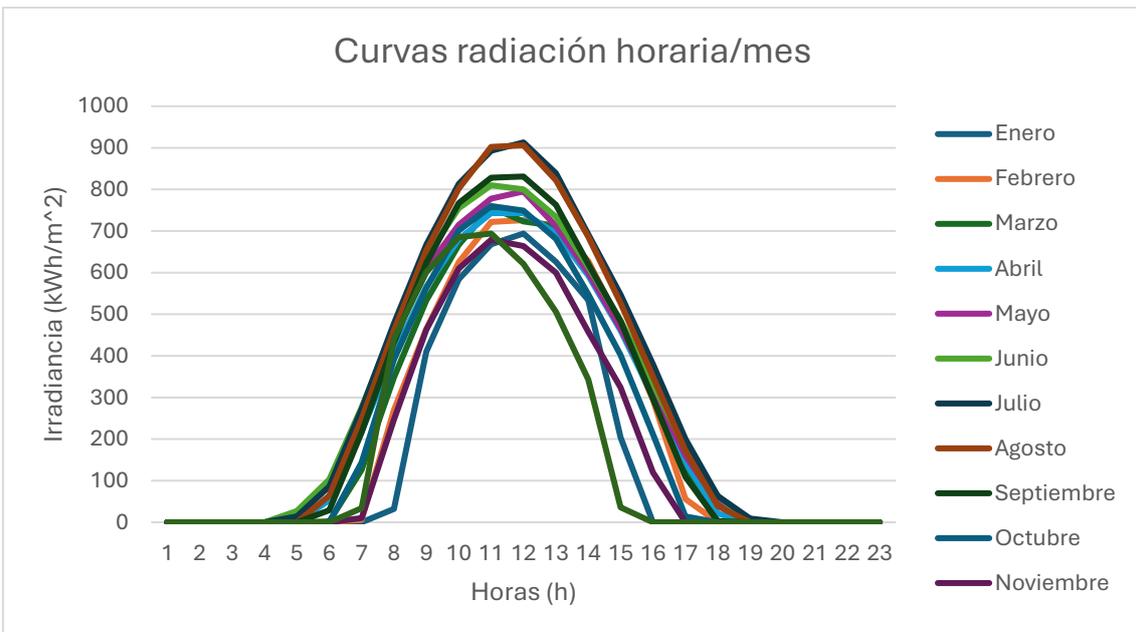


Imagen 15: Curvas radiación. Elaboración propia

5.5. Elementos de la instalación fotovoltaica

Una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a la red consta de varios componentes fundamentales que permiten la generación de energía solar y su integración con la red eléctrica. Los elementos principales se ilustran en la imagen 16:

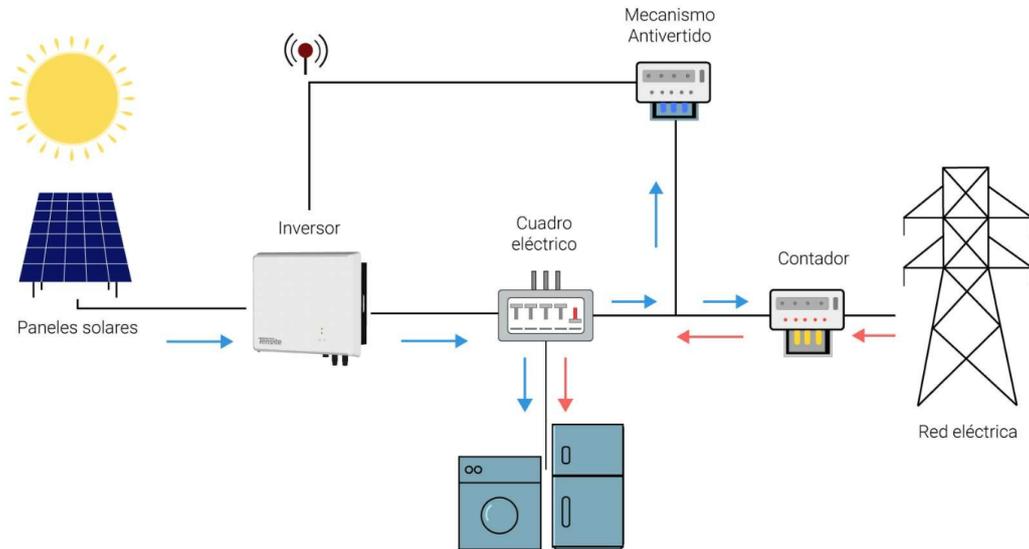


Imagen 16: Elementos de una instalación fotovoltaica. Fuente: <https://autosolar.es>

- Placas fotovoltaicas

Las placas fotovoltaicas, como las que se muestran en la imagen 17, son las encargadas de convertir la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Una placa solar se compone de células fotovoltaicas, que son capas de silicio dopadas con fósforo o boro, lo que modifica sus propiedades conductoras. Cuando estas células fotovoltaicas se exponen al sol, los fotones de la luz solar excitan los electrones, lo que genera una corriente continua (DC).



Imagen 17: Placas solares. Fuente: <https://www.freepik.es>

- Inversor

El inversor es un dispositivo encargado de transformar la corriente continua (DC) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (AC), que es el tipo de energía utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y dispositivos eléctricos, así como la que se inyecta en la red eléctrica. En este proyecto, la corriente continua será de 48V.

Existen distintos tipos de inversores, como podemos observar en la imagen 18. Al seleccionar el inversor adecuado para nuestra instalación, es crucial considerar varios factores importantes. Entre ellos, la eficiencia del inversor, que generalmente es superior al 92%, y su potencia, la cual determinará la cantidad de energía que se puede utilizar simultáneamente sin afectar su rendimiento.



Imagen 18: Inversores. Fuente: <https://www.reparapae.com>

- Estructuras de Montaje

Las estructuras de montaje soportan los módulos fotovoltaicos y aseguran su correcta orientación e inclinación para maximizar la captación de luz solar. En la imagen 19 se ilustra un ejemplo concreto:



Imagen 19: Soportes. Fuente: <https://www.energiasolar360.com>

- Cuadro de Protecciones

El cuadro de protecciones es un componente esencial que garantiza la seguridad tanto de la instalación como de los usuarios frente a posibles fallos eléctricos. Este componente, ilustrado en la imagen 20, incluye interruptores magnetotérmicos, interruptores diferenciales y fusibles que aseguran el circuito frente a posibles sobrecargas, cortocircuitos o contactos directos e indirectos

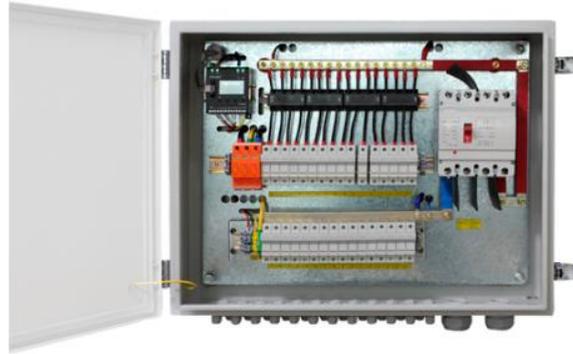


Imagen 20: Cuadro de protecciones. Fuente: <https://retelec.com>

- Cables y Conexiones

Finalmente, los cables y conexiones eléctricas que pueden ser de diversas secciones como se observa en la imagen 21, son fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación fotovoltaica, ya que facilitan el flujo de corriente entre los distintos componentes del sistema. Es esencial dimensionar adecuadamente estos cables para asegurar tanto la seguridad como el rendimiento óptimo de la instalación.

El dimensionado adecuado implica seleccionar cables con la capacidad de soportar la corriente máxima prevista, minimizando las pérdidas de energía y evitando sobrecalentamientos que puedan resultar peligrosos. Además, se deben considerar factores como la longitud del cableado, la resistencia eléctrica y la compatibilidad con los componentes del sistema.



Imagen 21: Cableado. <https://zmscables.es>

5.6 Selección de los componentes del sistema

Se ha realizado un estudio del mercado, encontrando así diversas opciones para los distintos componentes de la instalación. Se resumirá en una tabla los elementos encontrados para hacer un análisis comparativo:

- Placas solares:

En la tabla 1, se muestran las características de los distintos modelos de placa consultados en el mercado: potencia, eficiencia, voltaje en circuito abierto, voltaje nominal, corriente nominal, corriente de cortocircuito, número de placas a utilizar y costo final.

Tabla 1.
Características de las placas estudiadas

Modelo	Placa solar monocristalina Aiko N-Type	Panel solar TLC bifacial N-Type	Panel Jinko Solar 600W Tiger Neo	Panel Solar Full Black N Type Aiko	Panel solar JA Solar Half cut marco plateado
Potencia (W)	600	575	600	445	505
Eficiencia (%)	24	22,6	22,21	23	21,3
Voc (V)	53,99	51,33	48,28	40,09	45,72
Vmp (V)	44,68	42,60	40,16	33,91	38,53
Isc (A)	14,20	14	15,84	13,69	14
Imp (A)	13,43	13,50	14,94	13,13	13,11
Número de placas	125	131	125	169	149
Costo total (€)	17.031,25	15.694,49	13.737,50	20671,08	17.042,13

- Elección del Panel

A partir de esta tabla, podemos destacar el Panel Jinko Solar 600W Tiger Neo, puesto que es con diferencia la opción más económica de todas. Si bien no es la placa con la mejor eficiencia, destaca por tener la potencia más alta, junto con la Placa solar monocristalina Aiko N-Type. Teniendo en cuenta la minimización del impacto ambiental de la instalación, las dos placas mencionadas serían las mejores opciones por requerir menor número de paneles. Dado que la diferencia en eficiencia entre ambas se relaciona con el tamaño de la placa, y la superficie de terreno disponible para la instalación no es limitante en este proyecto, daremos prioridad al criterio económico y seleccionaremos el Panel Jinko Solar 600W.

- Inversores

De igual manera, se incluyen en la tabla 2 las características principales de varios modelos de inversores considerados para este proyecto: voltaje de entrada, potencia de entrada, potencia de salida, potencia nominal, eficiencia y precio.

Tabla 2.

Características de los inversores considerados

Modelo	Inversor Huawei SUN2000-30KTL-M3	Inversor Híbrido Deye SUN 30kW Trifásico	Inversor Huawei SUN2000-40KTL-M3	Inversor Solis 30K-5G Trifásico	Inversor trifásico SAJ R6-40K-T 4-32
Voltaje entrada (V)	600	600	600	600	600
Potencia de entrada (kW)	-	39	-	39	60
Potencia de salida (kW)	30	30	40	30	40
Potencia (kW)	30	30	40	30	40
Eficiencia (%)	98,7	97	98.7	98,8	98,8
Precio (€)	3.232,43	5.909,09	3.651,07	2.055	2.450,25

- Elección del inversor

Siguiendo los criterios mencionados en el apartado 5.5.1 y con el objetivo de realizar una instalación fotovoltaica con la mejor calidad al precio más económico posible, se ha decidido seleccionar el Inversor Trifásico SAJ R6-40K-T 4-32. Este modelo ha sido elegido por ofrecer la mayor potencia y eficiencia al menor precio.

Entre sus características destacadas se encuentran:

- Corriente de entrada de 16A
- Capacidad de sobredimensionamiento del 150% y sobrecarga de CA del 110%
- Protección IP65, que garantiza su resistencia a condiciones ambientales adversas
- Interfaz de control accesible desde dispositivos móviles
- Cuatro Seguidores del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

El resto de sus especificaciones se pueden consultar en su ficha técnica, la cual está adjuntada en el anexo.

Visión general del sistema:

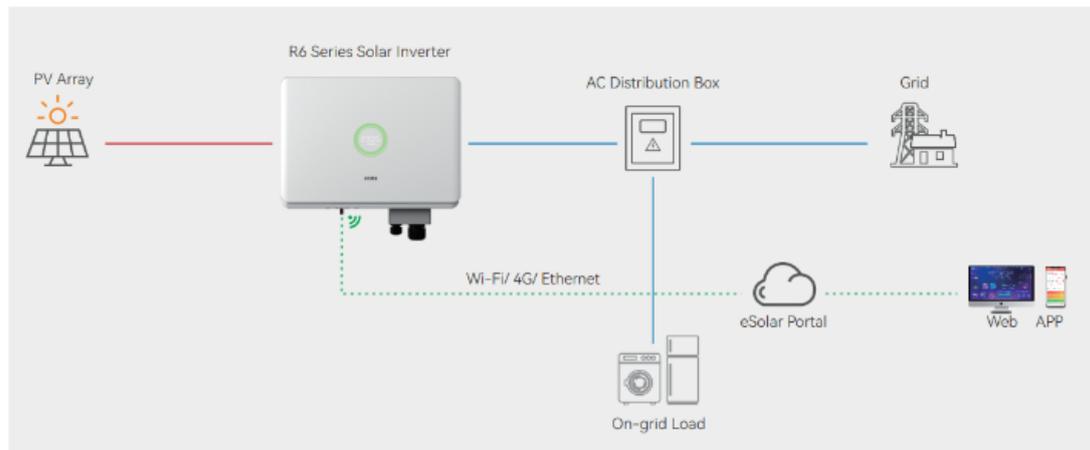


Imagen 22: Esquema inversor. Fuente: <https://tienda-solar.es>

- Soportes

Para los soportes de las placas solares se ha seleccionado un modelo ajustable de 30° a 60° que se muestra en la imagen 23. Esto se debe a la necesidad de alcanzar la inclinación óptima de 38° para nuestra instalación fotovoltaica, asegurando así el máximo rendimiento energético. Se estudian en primer lugar soportes fijos, pues son una opción más económica. Sin embargo, en el estudio de mercado realizado la inclinación más cercana a la buscada son 30°. Esto reduciría la producción de la instalación pues disminuiría la irradiancia captada por los módulos fotovoltaicos. Se decide por tanto seleccionar el modelo ajustable para aprovechar al máximo el recurso solar disponible.

Están diseñados para asegurar las placas, proporcionando una fijación contra los agentes externos, como por ejemplo las ráfagas de viento. La estabilidad estructural es fundamental para evitar daños en los paneles y garantizar la continuidad del servicio eléctrico.

NuaSol - Soporte ajustable 30-60 grados - plata



Imagen 23: Soporte ajustable. Fuente: <https://www.arebos.es>

6. Cálculos

En esta sección, se realizan todos los cálculos necesarios para el correcto dimensionado de la instalación, con los que se asegura el correcto funcionamiento y la seguridad de esta.

6.1 Diseño de la instalación

Comenzamos definiendo la configuración del sistema, determinando cuántos paneles fotovoltaicos se deben asignar a cada inversor y cuántos paneles estarán conectados en serie en cada string. Para calcular el número total de paneles:

$$N^{\circ} \text{ total placas solares} = \frac{\text{Potencia instalación}}{\text{Potencia placa}} = \frac{75.000 \text{ W}}{600 \text{ W}} = 125 \text{ placas solares}$$

Para una instalación de este tamaño, requeriremos más de un inversor, por lo que se ha de determinar el número máximo de placas que podemos conectar por inversor. Teniendo en cuenta la potencia de entrada máxima que nos señala la ficha técnica del inversor incluida en el anexo:

$$N^{\circ} \text{ max placas por inversor} = \frac{\text{Potencia inversor}}{\text{Potencia máxima placa}} = \frac{40.000 \text{ W}}{620 \text{ W}} = 64 \text{ placas}$$

El número máximo de placas que se podrán conectar en serie dependerá de la tensión de trabajo de corriente continua (c.c.) en la entrada del inversor, que en nuestro caso debe estar dentro del rango de 180 V a 1000 V. Teniendo en cuenta la tensión de trabajo en el punto de máxima potencia de nuestro panel, podemos deducir que:

$$N^{\circ} \text{ max placas serie} = \frac{1.000 \text{ V}}{40,74 \text{ V}} = 24,55 \text{ placas}$$

Como se trata del número máximo y al ser un resultado no exacto, se ha de truncar para asegurar el correcto funcionamiento, pudiendo así conectar 24 placas en serie.

No obstante, este no es el único criterio a tener en cuenta. Aunque se ha calculado el número de placas máximo serie teniendo en cuenta la tensión máxima por MPPT, también debemos calcularlo para la tensión máxima admitida por el inversor y la tensión de circuito abierto de las placas:

$$N^{\circ} \text{ max placas serie} = \frac{1.100}{49,08} = 22,41 \text{ placas}$$

Al ser este más restrictivo, solo se podrán colocar 22 placas en serie como máximo. Se ha decidido por tanto realizar una instalación de 5 strings con 21 placas en serie cada uno, y un string de 20 placas conectados a los distintos inversores de la instalación. Siendo así la tensión de trabajo de:

$$U \text{ trabajo} = \text{placas serie} * V_p = 21 \text{ placas} * 40,74 \text{ V} = 855,54 \text{ V}$$

Se puede calcular el número de inversor a utilizar en la instalación a partir de:

$$\text{Número de inversores} = \frac{\text{Potencia Instalación}}{\text{Potencia Inversor}} = \frac{75 \text{ kW}}{40 \text{ kW}} = 1,875$$

Como el resultado no es un número entero, tenemos dos opciones:

- Combinar inversores, utilizando un inversor de 40 kW junto a otro de menor potencia, aunque su potencia mínima tendría que ser 35 kW.
- Sobredimensionar la instalación añadiendo dos inversores de 40kW

Para simplificar el sistema y evitar la complejidad de combinar dos inversores, se opta por la opción de sobredimensionar el sistema debido a que esto proporciona un margen adicional ante posibles aumentos de producción o para cubrir pérdidas de eficiencia en el sistema.

Finalmente, y a modo de resumen, se instalarán 2 inversores de 40 kW cada uno a los que se conectarán un total de 6 strings, 3 a cada inversor. Estos strings estarán compuestos por 21 placas en serie, menos uno que tendrá 20.

6.2 Energía producida

La energía producida por la instalación dependerá de diversos factores que ya han sido mencionados, tales como la irradiancia recibida, la potencia del panel y el rendimiento de este.

Para determinar la eficiencia de nuestra instalación, es esencial calcular la energía anual producida por la instalación, esta vendrá dada en función del número y potencia de las placas y la irradiancia recibida por hora en el terreno. Esto se tendrá que realizar para todos los meses, consiguiendo así mediante la suma de todos estos la producción anual de la instalación. Además, la energía anual consumida será determinada por los elementos consumidores presentes en la empresa y raíz de los datos aportados por el cliente. Así, se podrán calcular los excedentes de cada mes en función de la energía producida y la energía utilizada. A partir de estos cálculos, se puede observar que la instalación genera un excedente del 18.74% anualmente. Esto indica que nuestra instalación no solo es capaz de cubrir la demanda energética prevista en las horas de sol, sino que también produce un 18.74% más de energía de la necesaria.

A continuación, se presentan las gráficas que ilustran de manera más clara este excedente de producción y cómo se distribuye a lo largo del año. Estas gráficas permitirán visualizar la variación de la producción y el consumo energético.

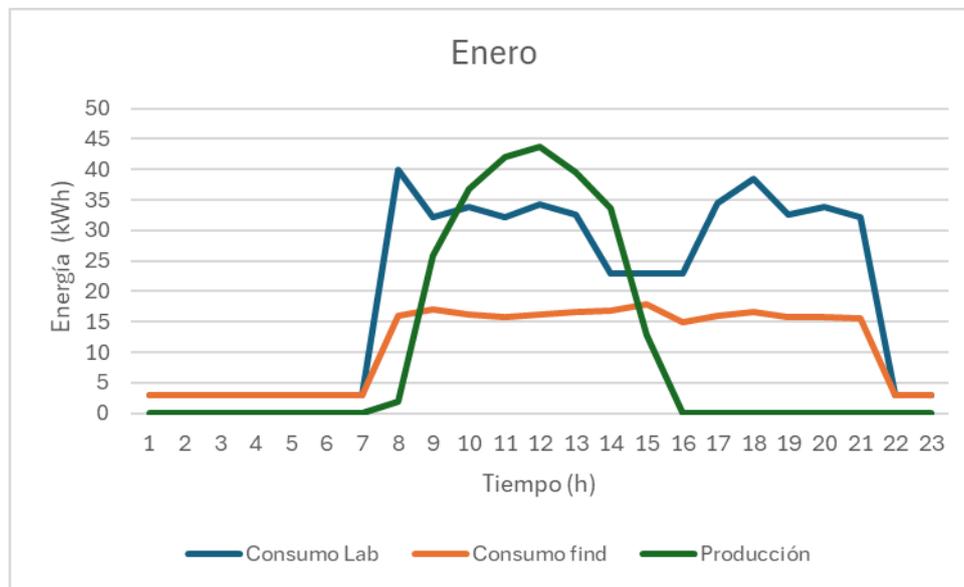


Imagen 24: Curva producción Enero. Elaboración propia

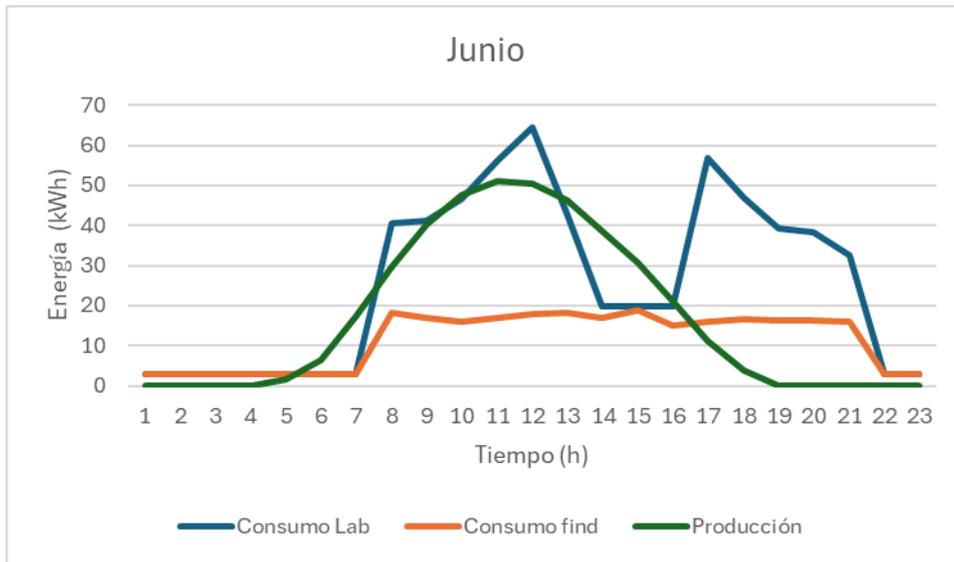


Imagen 25: Curva producción Junio. Elaboración propia

La energía total consumida por la empresa, sumando todos los meses, y la energía autoconsumida, así como la consumida de la red y los excedentes producidos anualmente son:

Tabla 3.

Consumos de la instalación en un año

Total Consumo (kWh)	Total Autoconsumo (kWh)	Total consumo Red (kWh)	Excedente (%)
170564,0717	94665,02166	75899,05	31965,54534
			18,74107778

Además, el resto de las tablas que muestran la producción y consumo de todos los meses serán adjuntadas en el anexo.

6.3 Distancia entre placas

Las placas solares colocadas en la instalación pueden provocar sombras y bajar la producción de la instalación, por ello es de suma importancia calcular a que distancia debe de separar los distintos strings. Esto se puede realizar a partir de la imagen 26:

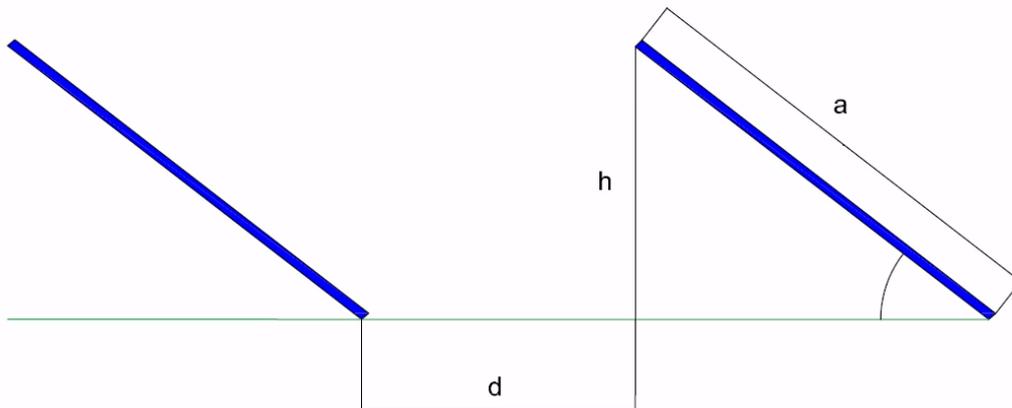


Imagen 26: Distancia placas. Elaboración propia

Donde la distancia vendrá dada por:

$$d = k * h$$

- h es la distancia que existe entre el terreno y el punto más elevado de las placas.
- El factor k varía en función de la latitud de la instalación.
- d es la distancia a calcular

El factor K para una latitud 40.92 será:

$$k = \frac{1}{\text{tag}(40,92)} = 1,154$$

Sustituyendo:

$$d = 1,154 * 1.466,51 = 1.691,79 \text{ mm}$$

Esta distancia calculada, al contrario que en el primer caso, no cuenta con la sombra de la placa anterior, por tanto y sumando esta distancia:

$$\text{Distancia entre mismo punto de placas} = 1.691,79 + 1.877 = 3.568,79 \text{ mm}$$

Dado que esta es la distancia mínima y considerando que la parcela destinada para la instalación tiene suficiente espacio, se decide sobredimensionar la instalación para asegurar su buen funcionamiento. Se añadirá un exceso de medio metro al resultado final, estableciendo así una distancia definitiva entre los distintos strings de placas solares de 4 metros.

6.4 Cableado

El cableado de la instalación juega un papel crucial en la instalación pues son los encargados de conectar todos los elementos de esta. Se pueden distinguir dos tramos de cableado: un tramo de corriente continua que conecta las placas solares con el inversor, y un tramo de corriente alterna que conecta el inversor con el cuadro de protecciones de la instalación.

La sección de los cables dependerá de ciertos criterios como la longitud, la intensidad máxima, la temperatura ambiente o la disposición de los cables contiguo. Siguiendo los criterios establecidos en la ITC-BT-40 los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad máxima y estos tendrán una caída de tensión no superior 1.5%.

Los cables serán instalados mediante canalización, por lo que se decide considerar una temperatura ambiente de 70° para garantizar así la seguridad de la instalación. Además, serán agrupados de 3 en 3 circuitos, pues es así como llegarán a los inversores.

A1		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR						
A2		Cables multi-conductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR							
B1		Conductores aislados en tubos ¹ en montaje superficial o empotrados en obra ²⁻³				3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR				
B2		Cables multi-conductores en tubos ¹ en montaje superficial o empotrados en obra ²⁻³			3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR					
C		Cables unipolares o multiconductores directamente sobre la pared ⁴					3x PVC		2x PVC	3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR			
E		Cables multi-conductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 veces D ⁴⁻⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR		
D		Cables BIPOLARES entubados y enterrados.											2PVC / 2EPR 2XLPE	
D		Cables TRIPOLARES entubados y enterrados.												3PVC / 3EPR 3XPLE
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	22/26	18/22
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	29/34	24/29
	4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	38/44	31/37
	6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	47/56	39/46
	10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	63/73	52/61
	16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	81/95	67/79
	25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	104/121	86/101
	35				110	117	126	137	147	158	169	185	125/146	103/122
	50				134	141	153	167	179	192	207	225	148/173	122/144
	70				171	179	196	213	229	246	268	289	183/213	151/178
	95				207	216	238	258	278	298	328	352	216/252	179/211
	120				239	249	276	299	322	346	382	410	246/287	203/240
150					285	318	344	371	395	441	473	278/324	230/271	
185					324	362	392	424	450	506	542	312/363	258/304	
240					380	424	461	500	538	599	641	361/419	297/351	

Imagen 27: Cálculo cableado 1. Fuente: UNE 20460-5-523:2004

6.4.1 Cableado corriente continua

Tramo 1

$$I_{\text{diseño}} = \frac{\text{Intensidad máxima} * 1,25}{F_{\text{temperatura}} * F_{\text{agrupamiento}} * F_{\text{capas}} * F_{\text{armónicos}}}$$
$$I_{\text{diseño}} = \frac{14,94 * 1,25}{0,637 * 0,8 * 1 * 1} = 37,33A$$

Por lo tanto, se deberá seleccionar un cable con sección superior a la intensidad calculada.

Se decide seleccionar un cable con sección de 6 mm^2 (ver imagen 27), con una intensidad admisible de 46 A, sin embargo, debemos asegurarnos de que cumpla también con el criterio de caída de tensión:

$$cdt = \frac{2 * longitud * Intensidad}{sección * 45,5 * tensión \text{ string}} = \frac{2 * 65m * 15,22}{6 * 45,5 * 846,36} = 0,0086 = 0,86\%$$
$$Caída de tensión = 0,0086 * 843,36 V = 7,25 V$$

Como se observa, el cable de sección de 6 mm^2 cumple con los dos criterios establecidos, por lo que será válido para el tramo de corriente continua

6.4.2 Cableado corriente alterna

Tramo 2

En este caso, la intensidad máxima vendrá determinada por el inversor elegido, que al estar en paralelo será la suma de ambos. Como la instalación a partir de aquí se ubica dentro del edificio de la empresa y con un único circuito:

$$I_{\text{diseño}} = \frac{\text{Intensidad máxima} * 1,25}{F_{\text{temperatura}} * F_{\text{agrupamiento}} * F_{\text{capas}} * F_{\text{armónicos}}}$$
$$I_{\text{diseño}} = \frac{133,4 * 1,25}{1 * 1 * 1 * 1} = 166,75 A$$

Se escoge un conductor de 70 mm^2 , y debido a que la distancia del inversor a la caja de protecciones es pequeña, puesto que ambos elementos se encuentran cercanos, sabemos que cumplirá el criterio de caída de tensión

A1		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR							
A2		Cables multi-conductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR								
B1		Conductores aislados en tubos ¹ en montaje superficial o empotrados en obra ²⁻³				3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR		2x XLPE O EPR				
B2		Cables multi-conductores en tubos ¹ en montaje superficial o empotrados en obra ²⁻³			3x PVC	2x PVC		3x XLPE O EPR	2x XLPE O EPR						
C		Cables unipolares o multiconductores directamente sobre la pared ³					3x PVC		2x PVC	3x XLPE O EPR		2x XLPE O EPR			
E		Cables multi-conductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 veces D ⁴⁻⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE O EPR		2x XLPE O EPR		
D		Cables BIPOLARES entubados y enterrados.													2PVC / 2EPR 2XLPE
D		Cables TRIPOLARES entubados y enterrados.													3PVC / 3EPR 3XPLE
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	22/26	18/22	
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	29/34	24/29	
	4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	38/44	31/37	
	6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	47/56	39/46	
	10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	63/73	52/61	
	16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	81/95	67/79	
	25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	104/121	86/101	
	35				110	117	126	137	147	158	169	185	125/146	103/122	
	50				134	141	153	167	179	192	207	225	148/173	122/144	
	70				171	179	196	213	229	246	268	289	183/213	151/178	
	95				207	216	238	258	278	298	328	352	216/252	179/211	
	120				239	249	276	299	322	346	382	410	246/287	203/240	
150					285	318	344	371	395	441	473	278/324	230/271		
185					324	362	392	424	450	506	542	312/363	258/304		
240					380	424	461	500	538	599	641	361/419	297/351		

Imagen 28: Cálculo cableado 2. Fuente: UNE 20460-5-523:2004

6.5 Cálculo de protecciones

En este apartado se detallan los cálculos a realizar para el correcto dimensionado de las protecciones de la instalación. Cabe destacar que los inversores seleccionados ya cuentan con protecciones instaladas, tales como : protección contra sobretensiones de CC tipo II, protección contra sobretensiones de CA clase tipo III, protección contra cortocircuitos de CA o detección de conexión a tierra de CA entre otros. Sin embargo, para garantizar la seguridad de la instalación, se añaden protecciones extras en los distintos tramos del circuito.

6.5.1 Corriente continua

Así, en la parte de corriente continua no será necesario instalar fusible, pues únicamente son exigidos en casos en los que el circuito presenta 3 o más cadenas en paralelo. En nuestro caso, como cada string es conectado a un MPPT distinto de nuestro inversor, se consideran strings independientes, en los que añadir un fusible no sería funcional, pues nunca saltarían. Además, nuestro inversor cuenta con un seccionador para garantizar la seguridad en el tramo de corriente continua. Cabe añadir que también se ha realizado un correcto dimensionado del cableado de la instalación para que este soporte sin problema la intensidad de cortocircuito de las placas fotovoltaicas y las sobreintensidades que pueden producirse.

No obstante, si se calculan las protecciones contra sobretensiones transitorias, para lo que se tendrá que determinar la longitud crítica del circuito. Así, mediante la imagen 29 y en función de la ubicación de la instalación:



Imagen 29: Mapa de N_g para España. Fuente: UNE 21186:2011

$$L_{crit} = \frac{200}{N_g} = \frac{200}{4} = 50 \text{ m}$$

Puesto que el punto más lejano de los paneles requiere una conexión con el inversor de hasta 59.1 m, y esta distancia es mayor que la distancia crítica calculada, se procede a instalar dispositivos de protección contra sobretensiones de tipo II de acuerdo a la Norma EN61643-11. Se escoge el descargador de sobretensiones DEHNguard DG M YPV SCI 1000 FM, con una tensión máxima de 1000V y un poder de resistencia contra cortocircuitos de 10 kA.

6.5.2 Corriente alterna

Para el tramo de corriente alterna añadiremos un interruptor magnetotérmico, que se utiliza para la protección del circuito contra sobrecargas y cortocircuitos, además se utilizará un interruptor diferencial que ofrecerá protección contra contactos directos e indirectos. Los cálculos por realizar serán:

$$I = \frac{\text{Potencia del inversor}}{\sqrt{3} * \text{tensión} * f.d.p} = \frac{40 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 57,73 \text{ A}$$

Se decide escoger un interruptor diferencial trifásico 63A 30mA, clase A, serie iID de la marca Schneider Electric., junto a un interruptor magnetotérmico 4P 63 A SASSIN para garantizar la seguridad de la instalación. Estas protecciones se colocarán para cada inversor, sin embargo, debemos calcularlas también para el conjunto de ambos inversores, para que estos puedan proteger la instalación a la potencia máxima de salida:

$$I = \frac{\text{Potencia total de los inversores}}{\sqrt{3} * \text{tensión} * f.d.p} = \frac{80 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 115,47 \text{ A}$$

Por lo tanto, se utilizará un interruptor diferencial 4P 125 A 300 mA de clase AC y un interruptor magnetotérmico 4P 125 A, cuyo poder de corte es 10 KA.

También se utiliza un interruptor automático que proporciona una protección general y puede ser configurado para desconectar toda la instalación en caso de un fallo mayor: Se escoge por tanto el interruptor automático magnetotérmico 4P, 125A, curva C, Hager con un poder de corte de 10kA.

6.6 Emisiones de CO₂ evitadas

Es importante destacar el papel de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global. El CO₂ es uno de los principales responsables del efecto invernadero, que contribuye al aumento de la temperatura en la Tierra y al cambio climático. A pesar de los esfuerzos realizados en los últimos años para reducir estas emisiones, todavía existe una considerable cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera, principalmente proveniente del transporte y la industria.

Por ello se debe promover el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica para mitigar las emisiones de CO₂ y reducir el impacto negativo en el medio ambiente. Al optar por fuentes de energía limpia y sostenible, se contribuye a la lucha contra el cambio climático y se fomenta un desarrollo más sostenible y respetuoso con el planeta. La instalación de sistemas fotovoltaicos no solo permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también impulsa la transición hacia una economía más verde y sostenible. En la imagen 29 se muestran las emisiones de CO₂ producidas por cada sector:

Sabiendo que, por cada Megavatio-hora de energía producida mediante la instalación fotovoltaica, se ahorra emitir 0,132 toneladas de CO₂ a la atmósfera frente a otro tipo de producciones no renovables de energía, según los datos de los últimos 5 años obtenidos en www.ree.es, y conociendo el dato de producción anual de la empresa podemos decir que:

$$94,665 \text{ MWh} * 0,132 \text{ toneladas} \frac{\text{CO}_2}{\text{MWh}} = 12,49 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ evitadas}$$

7. Presupuesto

En este apartado se determinará el precio final de la instalación, incluyendo los precios de cada uno de los componentes de la instalación, así como la cantidad utilizada de cada uno de estos. También se tiene en cuenta el tiempo de diseño y montaje del proyecto. Para este último se ha seleccionado una empresa de Aragón especializada en la instalación de placas fotovoltaicas.

Sin embargo, no se añade una empresa que cubra el mantenimiento del montaje debido a que se espera que el cliente seleccione a la empresa que se dedique a tal fin según sus propios criterios para garantizar así su satisfacción.

El presupuesto de la instalación sería por tanto el siguiente:

Tabla 4.
Presupuesto

Elemento	Modelo	Unidad	Cantidad (u)	Precio (€)	Total
Placas	Panel Jinko Solar 600W Tiger Neo	u	125	109,9	13737,5
Inversor	Inversor solar SAJ R6 40kW	u	2	2450,25	4900,5
Estructura de montaje	NuaSol - Soporte ajustable 30-60 grados - plata	u	125	39,9	4987,5
Cableado c.c	Cable Solar 6mm2 Hikra Rojo / Negro (precio por metro)	m	250	3,87	967,5
Cableado c.a	CABLE LIBRE HALÓGENOS H07Z1 NEGRO 70mm2 CPR (precio por metro)	m	30	11,66	349,8
Descargador sobretensiones	Descargador de sobretensiones DEHNguard DG MYPV SCI 1000 FM	u	6	215,68	1294,08
Interruptor diferencial	DIFERENCIAL 4 POLOS 63A 30MA CLASE A-SI A9R61463 - SCHNEIDER ELECTRIC	u	2	140,2	280,4
Interruptor magnetotérmico	Magnetotermico 4P 63A SASSIN serie 63H	u	2	30,98	61,96
Interruptor diferencial	interruptor diferencial 4P 125A 300MA 400V clase AC	u	1	1429,15	1429,15
Interruptor magnetotérmico	Magnetotérmico 4P 125A C 10KA/27mm	u	1	111,32	111,32
Diseño	Ingeniero UPV	h	128	75	9600
Montaje	A3 renovables	h	60	43	2580
Acondicionamiento	A3 renovables	h	72	30	2160
IVA					8462,9391
Precio final					50922,6491

Siendo el precio final de la instalación de 50.922,65 euros.

Se adjunta también el siguiente gráfico para distinguir de forma mas visible los costes de cada elemento frente al precio final.

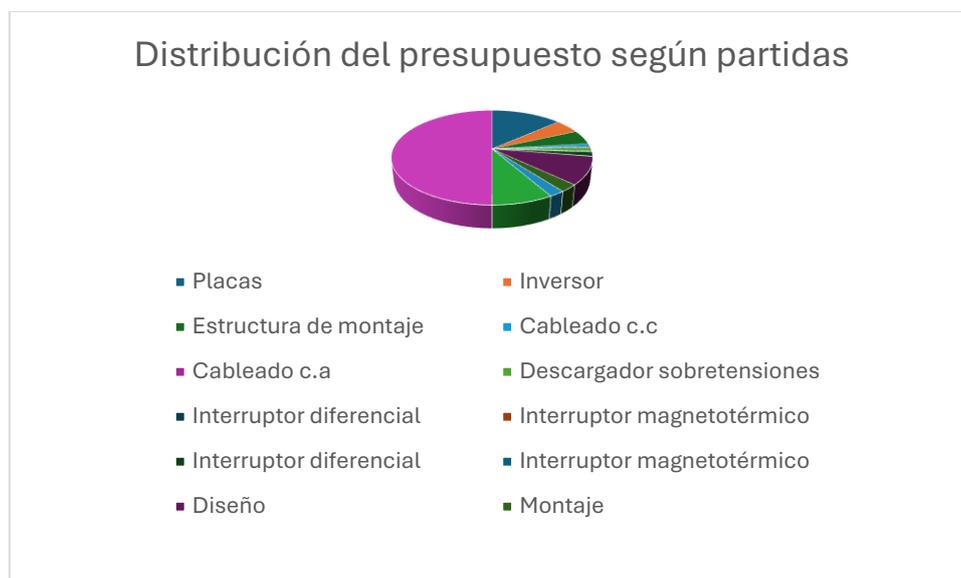


Imagen 30: Distribución del presupuesto según partidas. Elaboración propia

En cuanto a las ayudas económicas, se ha conseguido encontrar una ayuda económica procedente de los fondos de Next Generation en Aragón que financiarían las instalaciones de la siguiente forma:

- Instalaciones con potencia pico menor de 10 kWp tendrán una ayuda económica de 600 euros por cada kWp

- Instalaciones con potencia pico mayor de 10 kWp tendrán una ayuda económica de 300-450 euros por cada kWp

Como la instalación presente tiene una potencia de 75 kWp, y suponiendo el peor de los escenarios, se recibiría una compensación económica de:

$$300 \text{ euros} * 75 \text{ kWp} = 22.500 \text{ euros}$$

Por lo que, el coste inicial de que tendrá que asumir la empresa será de:

$$50.922,65 - 22.500 = 28.422,65 \text{ euros}$$

7.1 Periodo de recuperación de la inversión

Para determinar el ahorro obtenido por la producción de nuestra instalación, se debe tener en cuenta el ahorro por kilovatio hora generado, en España, este valor varía entre 0,20 y 0,30 euros, se usa el precio de 0,20 para estudiar el caso más desfavorable, dependiendo de la empresa y tarifa contratada. Además, nuestra instalación también cuenta con excedentes de hasta el 18%, que se inyectan a la red generando ganancias. Se estipula un valor de 0,05 euros por cada kWh suministrado desde nuestro modelo de autoconsumo.

$$94.665 * 0,2 * (1 - 0,1874) + 94.665 * 0,05 * 0,01874 = 15.473,65 \text{ €}$$

Se determina por tanto que el ahorro de la instalación por cada año es de 16272 euros aproximadamente, por lo que se estima que el tiempo de recuperación de la inversión realizada se obtendría en aproximadamente 2 años y 6 meses (sin contar con las subvenciones).

$$\frac{50.922,65}{15.473,65} = 3,29 \text{ año}$$

Si se tuvieran en cuenta las subvenciones:

$$\frac{28.422,65}{15.473,65} = 1,83 \text{ años}$$

Sin embargo, la instalación no es completamente autosostenible, pues durante los momentos de poca irradiación solar es necesario alimentar los equipos eléctricos consumiendo energía de la red. Se estudia por tanto el precio del vatio pico generado y se compara con el precio de comercio actual:

$$\frac{50.922,65}{75.000} = 0,679 \text{ euros}$$

El precio del vatio pico generado por nuestro sistema de energía solar sería de 0,679 euros, un precio altamente competitivo si lo contrastamos con el rango de precios de la red de distribución española que varía entre 1 € y 1,50 € aproximadamente.

8. Estudio básico de seguridad y salud

8.1 Objeto y ámbito de aplicación.

El objeto del presente estudio básico de seguridad y salud establecer unas directrices para que la ejecución del proyecto al que hace referencia se realice en las condiciones apropiadas para garantizar la integridad física y preservar la salud de las personas implicadas en las tareas de montaje, como se estipula en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, y el resto de normativa complementaria de aplicación.

Las condiciones de la instalación relativas a presupuesto, duración estimada y volumen de mano de obra necesaria para su ejecución no se encuentran en los supuestos detallados en el artículo 4 del mencionado R.D. 1627/1997, por lo que corresponde en este caso la inclusión en la redacción del proyecto de un estudio básico de seguridad y salud como el que nos ocupa.

En los apartados que siguen se identificarán los posibles riesgos asociados al montaje y puesta en marcha de la instalación con el fin de anticipar las medidas de protección pertinentes para crear un entorno de trabajo seguro.

Lo señalado en los apartados que siguen será de aplicación para cualquier trabajador que realice su actividad en la parcela delimitada para la instalación fotovoltaica, con independencia de las condiciones contractuales que definen su participación en la misma.

8.2 Datos generales

La obra a la que se refiere el presente estudio comprende la instalación del equipamiento necesario para el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica por una empresa del sector cárnico que se encuentra ubicada en una parcela calificada como suelo urbano en una zona industrial de Alcorisa, Teruel. La instalación se realizará en una parcela rectangular de 1000m² colindante a la nave que alberga el equipamiento y las oficinas de la empresa cuya demanda eléctrica se pretende servir. El acceso a la parcela se realiza por la calle C

Las fases de ejecución del proyecto son las siguientes:

- Medición, replanteo de la obra y acopio de materiales
- Montaje y fijación de la estructura soporte
- Instalación de los paneles fotovoltaicos
- Conexión del cableado entre paneles
- Conexión del inversor
- Conexión a la línea de baja tensión

8.3 Estudio de Riesgos

Los riesgos derivados de las tareas asociadas a la ejecución de esta obra son los siguientes:

- Riesgo de caídas o tropiezos, producidas por irregularidades en el terreno, zonas resbaladizas o materiales y herramientas abandonados de forma descuidada.

- Riesgo de exposición a descargas eléctricas, bien a causa de la manipulación inapropiada de equipos eléctricos o bien por el contacto directo con cables u otros componentes eléctricos alimentados.
- Riesgo de sobreesfuerzos y lesiones musculoesqueléticas, producidas por ejemplo al levantar o mover cargas pesadas, o por adoptar posturas inadecuadas o repetitivas durante el manejo de determinadas herramientas y equipos.
- Riesgo por exposición solar, al realizar la actividad laboral a la intemperie se pueden producir quemaduras solares y daños en la piel.
- Riesgo de accidentes asociados al transporte, como pueden ser atropellos o golpes por vehículos de transporte de materiales o caída de objetos y componentes durante la descarga de materiales.
- Riesgos mecánicos, asociados al manejo de equipos, como pueden ser cortes, golpes o aplastamientos producidos durante el uso de maquinaria y herramientas.
- Riesgo de proyecciones de partículas o chispas a los ojos, que pueden originarse durante la manipulación de ciertas herramientas (como taladros, sierras, etc.) o bien por fallos eléctricos

8.4 Medidas preventivas y de protección generales

Las medidas preventivas a adoptar con carácter general durante la ejecución de la instalación están encaminadas a ofrecer una protección colectiva para eliminar, o cuando menos mitigar, los riesgos anteriormente comentados.

Para empezar, una buena protección colectiva se puede lograr con una señalización adecuada y su cumplimiento estricto. A tal efecto es recomendable el vallado completo del perímetro en el que se ejecutará la obra con el fin de evitar daños a terceros. Se habilitarán las siguientes señales, que permanecerán visibles en todo momento:

- Obligatorio el uso de casco.
- Caída de objetos.
- Caída a distinto nivel. (al mismo nivel)
- Maquinaria pesada en movimiento.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra.
- Prohibido fumar.
- Señal informativa de localización de botiquín y extintor.
- Señal de STOP
- Peligro indefinido

Se tendrá en cuenta que, una vez terminada la jornada laboral, toda la maquinaria de trabajo deberá ubicarse en una zona habilitada al efecto, suficientemente alejado de las zonas de tránsito de personas externas a la obra.

Además, con el fin de proteger el bienestar de los trabajadores, es crucial la implementación de una serie de medidas preventivas, que incluirían las siguientes:

- Inspeccionar el área de trabajo para corregir posibles irregularidades o agujeros en el terreno o colocar señales visibles que alerten de su existencia, y de manera especial después de situaciones atmosféricas como lluvias o heladas
- Prestar especial atención a que la zona de trabajo se mantenga siempre suficientemente iluminada, limpia y en orden, evitando que queden herramientas o materiales esparcidos de manera indiscriminada.

- Colocar señales visibles y barreras físicas para delimitar la zona de trabajo y evitar que accedan personas externas a la instalación
- Asegurarse de la desconexión de los sistemas eléctricos antes de realizar tareas de instalación.
- Utilizar herramientas con aislamiento eléctrico para evitar descargas.
- Almacenar el material eléctrico en lugares sin humedad y prohibir su uso por personal no cualificado.
- Formar a los trabajadores en las técnicas correctas para el manejo de cargas.
- Establecer pautas para la realización de pausas regulares y/o rotación de tareas con el fin de evitar la fatiga muscular.
- Delimitar y señalizar las áreas de operación de maquinaria y tránsito de vehículos.
- Cada vez que un vehículo parado se ponga en movimiento, lo indicará con una señal acústica.
- Asegurar los descansos necesarios durante la jornada laboral, así como la existencia de agua potable y zonas sombreadas para recuperarse de exposiciones prolongadas al sol
- Uso de pantallas faciales cuando se manipulen herramientas eléctricas susceptibles de proyectar residuos
- Dotar a los trabajadores de equipos de protección personal adecuados, incluyendo cascos homologados, gafas de seguridad, guantes aislantes, faja dorsolumbar, botas de seguridad, etc. y concienciar a los operarios en su uso correcto-
- Establecer y comunicar claramente los protocolos de seguridad durante la instalación de equipos fotovoltaicos. y los protocolos de actuación en caso de accidente
- La manipulación de los paneles fotovoltaicos, cuadros o líneas eléctricas será realizado exclusivamente por personal cualificado. Las pruebas del correcto funcionamiento de la instalación serán comunicadas con la antelación necesaria al personal de la obra y de la nave colindante.

En el caso de que sucedieran violaciones de las medidas aquí estipuladas en el transcurso de la ejecución de las obras para la instalación proyectada, se deberá guardar registro de las faltas detectadas en el libro de incidencias, realizando los ajustes necesarios para restablecer la seguridad. En cualquier caso, la Dirección de Obra podrá optar por detener la ejecución de los trabajos siempre que se detecte la existencia de riesgos graves para la salud y seguridad de los operarios.

9. Bibliografía

- Libros:

Medina Quesada, M.A. ,De la Casa Hernandez, J. y Jurado Melguizo, F. (2010) *Generación de Energía Eléctrica con sistemas fotovoltaicos conectados a la red*, @becedario

Ibañez Plana, M. ,Rosell Polo, J.R. y Rosell Urrutia, J.I. (2004) *Tecnología Solar* Mundi-Prensa, Madrid.

Labouret, A. y Viloz, M. (2008) *Energía Solar fotovoltaica. Manual práctico*. Mundi-Prensa, Madrid.

- Documentos:

Guía técnica de aplicación: ITC-BT-40

Pliego de condiciones Técnicas de Instalaciones conectadas a Red (PCT-C-REV-julio 2011)

- Apuntes de las asignaturas cursadas:

Instalaciones Eléctricas de Energías Renovables

Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión

- Páginas Webs

<https://es.weatherspark.com>

<https://globalsolaratlas.info>

<https://www.iberdrola.com>

<https://re.jrc.ec.europa.eu>

<https://www.ree.es>

<https://autosolar.es>

<https://elalmacenfotovoltaico.com>

<https://tienda-solar.es>

<https://iluminashop.com>

<https://aireyelectricidad.com>

<https://efectosolar.es>

<https://www.rehabilitaweb.es>

<https://adajusa.es>

<https://www.google.es/maps>

PLIEGO DE CONDICIONES

Contenido

1. Objeto y alcance del pliego.....	3
2. Condiciones generales	3
3. Especificaciones técnicas de los componentes.....	4
4. Ejecución, recepción y pruebas	7
5. Mantenimiento	7

1. Objeto y alcance del pliego

En el presente pliego de condiciones se pretende determinar, siguiendo las normativas legales vigentes, las distintas características técnicas y de seguridad que se han de cumplir en la instalación fotovoltaica para garantizar su buen funcionamiento. Además, se establecerá el protocolo para el correcto montaje y mantenimiento de esta, que asegure la durabilidad y el rendimiento óptimo del sistema a lo largo del tiempo.

Se hará referencia también a las especificaciones técnicas de los distintos componentes que forman la planta solar, así como a las normativas de control de calidad de estos y a las condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.

El alcance de este pliego abarca el suministro y la instalación de materiales necesarios para la ejecución de la instalación fotovoltaica descrita en el presente proyecto.

2. Condiciones generales

Se destacan a continuación las normativas y reglamentos que afectan a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular a este proyecto:

- Real Decreto 244/2019, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica en España.
- Real Decreto 413/2014, establece la regulación de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, regula el sector eléctrico en España
- Real decreto 900/2015, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real decreto 1699/2011, regula la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real decreto 842/2002, establece las condiciones técnicas y de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de baja tensión en España.
- Real decreto 1955/200, regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- Normativa UNE de aplicación, establece los estándares técnicos específicos que deben cumplir las instalaciones y equipos eléctricos en España.

3. Especificaciones técnicas de los componentes

En este apartado se detallarán las especificaciones técnicas más relevantes de cada componente que intervienen en la instalación:

Placas fotovoltaicas

Se utilizará la placa Tiger Neo N-type que cuenta con:

Potencia máxima (Pmax) = 600 Wp
Voltaje máxima potencia (Vmp) = 40.16 V
Corriente máxima potencia (Imp) = 14.94 A
Voltaje circuito abierto (Voc) = 48.28 V
Corriente de cortocircuito (Isc) = 15.884 A
Eficiencia del módulo = 22.21%
Dimensiones = 2382 x 1134 x 30 mm
Peso = 33.4 Kg
Número de células = 132 (2 * 66)
Tipo de células = Monocristalina tipo N

Certificaciones:

IEC61215 (2016)
ISO9001:2015
ISO14001:2015
ISO45001:2018

Todos los módulos fotovoltaicos instalados serán del mismo modelo, debiendo tener una etiqueta visible e indeleble que indique el fabricante, modelo y número de serie. Además, deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Los módulos serán inspeccionados para garantizar que no presentan defectos de fabricación en ninguno de sus elementos.

Inversor

Se utilizará el Inversor Trifásico SAJ R6-40K-T 4-32 que cuenta con:

Eficiencia máxima: 98.8 %
Dimensiones: 473 x 659.4 x 240 mm
Peso: 37 Kg

Entrada CC:

Voltaje máximo de entrada: 1100 V
Rango de voltaje MPPT: 180- 1000V
Voltaje nominal: 600 V
Corriente máxima de entrada: 32/32/32/32 A
Corriente máxima de cortocircuito: 38.4/38.4/38.4/38.4 A
Nº de strings por MPPT: 2/2/2/2
Nº de MPPT: 4

Salida CA:

Potencia nominal de salida: 40000 W ´

Potencia nominal aparente: 44000 VA
Corriente nominal de salida: 58 A
Corriente máxima de salida: 66.7 A
Voltaje nominal: 230 / 400 V
Frecuencia nominal: 50 / 60 Hz

Certificaciones:
RD1669
UNE206006
UNE206007

Se confirmará que todos los inversores disponen de las señalizaciones apropiadas para su correcta operación. Asimismo, deberán estar provistos de los controles automáticos y manuales necesarios para una adecuada supervisión y manipulación de estos.

Los inversores estarán garantizados para operación entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 por 100 y 85 por 100 de humedad relativa. Los inversores utilizados deberán tener garantía del fabricante durante un mínimo de 3 años.

Soportes:
Inclinación: 30° – 60°
Material tornillos: Acero inoxidable SUS304
Material: Aluminio AL6005-T5

El diseño de la estructura de soporte se realizará conforme a la orientación y ángulo de inclinación especificados en la memoria de este proyecto, asegurando que resiste las sobrecargas de viento y nieve de acuerdo con la normativa aplicable. Se utilizarán un número suficiente de puntos de sujeción para que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas en las especificaciones del fabricante. Se garantizará que los topes de sujeción de los módulos y la propia estructura de soporte no generen sombra sobre los módulos.

Cableado
Aislamiento: poliolefina tipo TI 7, libre de halógenos
Protección IP68
Garantía 3 años
Rango de temperatura ambiente: -15°C a +70°C
Clase 5
Resistente a grasas y aceites
Resistente a los ataques químicos
Presencia de agua: sumergida AD8

Certificaciones:
Relación al fuego CPR: EN 50575
No propagación del incendio: EN 50399
No propagador de llama: IEC 60332-1
Diseño según norma CPR N° 305/2011

EN50363-7
UNE EN 60228
ITC-BT-28
EN50618

Esta instalación de 75 kW cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Protecciones:

Durante la ejecución de la instalación se garantizará la utilización de protecciones de calidad y dimensiones especificadas a continuación, que se instalarán en los puntos indicados Con el fin de garantizar la correcta protección de la instalación.

Descargador sobretensiones
Tensión FV max 1000V
Nivel de protección 4kV
Resistencia al cortocircuito 10 kA
Max corriente de sobretensión 25 kA
Protección IP20
Tipo 2

Interruptor diferencial 63 A
Número de polos: 4
Corriente nominal: 63 A
Sensibilidad de fuga a tierra: 30 mA
Corriente de sobretensión: 3000 A
Tipo A-SI
Dimensiones: 91 x 72 x 73.5 mm
EN/IEC 61008-1
IEC 60529

Interruptor magnetotérmico 63 A
Número de polos: 4
Intensidad: 63 A
Tensión de empleo 240/415 V
Poder de corte: 6 kA
Curva C
IEC60898

Interruptor diferencial 125 A
Número de polos: 4
Corriente nominal: 125 A
Sensibilidad de fuga a tierra: 300 mA
Tipo AC
Dimensiones: 86 x 72 x 76 mm

EN/IEC 61008

Interruptor magnetotérmico 125 A

Número de polos: 4

Intensidad: 125 A

Tensión de empleo 240/415 V

Poder de corte: 10 kA

Curva C y D

IEC60898

4. Ejecución, recepción y pruebas

Para la correcta ejecución de la instalación fotovoltaica, se tendrán que cumplir de forma estricta los distintos reglamentos mencionados para cerciorar la seguridad y el buen funcionamiento de esta.

En cuanto a los pasos a seguir, el primer paso será adecuar la ubicación del montaje, limpiando y nivelando (en caso de que hiciera falta) el terreno, para acto seguido instalar los soportes de los paneles solares, verificando que la inclinación y orientación de estos es la indicada. A continuación, se fijarán las placas fotovoltaicas a los racks asegurando su estabilidad. Seguidamente, se instalarán los inversores para realizar el cableado de la parte de corriente continua y corriente alterna, añadiendo las protecciones pertinentes tales como fusibles, interruptores diferenciales y magnetotérmicos. Finalmente, se realizarán las pruebas correspondientes que confirmaran que la instalación se ha realizado de forma correcta y que ningún componente está dañado. Como mínimo, dichas pruebas incluirán el funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas, la comprobación de la potencia instalada, pruebas de arranque y parada, y pruebas de los elementos de protección, seguridad y alarma.

Después de confirmar el buen funcionamiento de la instalación durante un mínimo de 240 horas seguidas, y tras hacer entrega al cliente de la documentación pertinente sobre el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación, se firmará el Acta de Recepción de la Instalación.

5. Mantenimiento

Con este punto, se pretende marcar unas pautas a seguir para el mantenimiento de la instalación. Los componentes eléctricos, con el paso de los años se van deteriorando y sufren una desmejora en sus características técnicas, lo que se expresa como una menor producción de energía a lo largo del tiempo, pudiendo así no llegar a las cuotas energéticas especificadas.

En este caso, y según las placas solares escogidas, se espera que 30 años después de la instalación, la eficiencia de estas haya disminuido hasta el 87.4 % de la inicial. En cambio, el fabricante del inversor estima una funcionalidad de 25 años, por lo que se propone al cliente realizar una revisión exhaustiva a los tras ese tiempo del montaje de la instalación para decidir si el deterioro sufrido a

lo largo de los años ha mermado las condiciones de funcionamiento más allá de lo aceptable, en cuyo caso se estudiará qué componentes deben ser sustituidos. Se recomienda realizar dos revisiones anuales de la instalación, o en cualquier caso un mínimo de una revisión al año, que deberán llevarse a cabo por personal técnico cualificado. El objeto de las revisiones periódicas será comprobar que el estado de la instalación es adecuado para el rendimiento óptimo de la misma y detectar posibles incidencias en los componentes que pudieran derivar en fallos del sistema. En cada visita se asegurará que los módulos fotovoltaicos se encuentran bien anclados y orientados conforme al proyecto original. Será necesaria la revisión de las conexiones de todos los elementos de la instalación, verificando el estado mecánico de cables y terminales, uniones, reaprietes, etc. Se comprobará también el funcionamiento del inversor, así como las protecciones de corriente continua y corriente alterna, realizando los ensayos pertinentes. Las inspecciones atenderán también a que el nivel de suciedad acumulada en los paneles fotovoltaicos no sea inadmisibile, cuestión que tendría que solventarse para evitar disminuciones en la producción efectiva de la instalación.

Las actuaciones realizadas durante las tareas de mantenimiento serán registradas en un libro de mantenimiento, y se realizará un informe técnico tras cada visita periódica donde quede reflejado el estado de las instalaciones y las incidencias detectadas.

Siguiendo estas indicaciones, y realizando los cambios de componentes en los momentos adecuados, se garantiza un buen funcionamiento de la instalación en todo momento, cubriendo así todas las demandas energéticas del cliente.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PRESUPUESTO

Contenido

Objeto del presupuesto	3
Precio de los componentes	3
Módulos fotovoltaicos	3
Inversores	3
Estructura de montaje.....	4
Cableado	4
Protecciones	5
Otros	6
Presupuesto total	6
Rentabilidad económica	7

Objeto del presupuesto

En este documento se presenta el presupuesto final de la instalación, mostrando el gasto realizado en cada elemento de la instalación fotovoltaica realizada en el presente proyecto, en función del precio y la cantidad utilizada de cada elemento. También se tendrán en cuenta los gastos de la mano de obra necesaria para el acondicionamiento del terreno seleccionado, así como para el montaje de la instalación. Los precios de estos elementos son obtenidos directamente del estudio de mercado realizado, por lo que será el establecido por los fabricantes o empresas distribuidoras.

Se añade también un estudio de la amortización obtenida por la instalación para los próximos 20 años, comparando los datos contando y despreciando, situándonos en el escenario mas desfavorable, con las subvenciones.

Precio de los componentes

A continuación, se detallan los precios y cantidades de cada elemento a utilizar, así como el precio total invertido en cada uno de ellos para después añadirlo en un presupuesto general.

Módulos fotovoltaicos

Se escoge el modelo *Panel Jinko Solar 600W Tiger Neo*, panel muy competitivo en el mercado que cuenta con un precio de 109,9 euros por unidad. Como nuestra instalación cuenta con un total de 125 placas de este tipo:

Módulos fotovoltaicos			
Descripción	Cantidad (uds)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Panel Jinko Solar 600W Tiger Neo	125	109,9	13.737,50
Total Módulos fotovoltaicos			13.737,50

Inversores

Para los inversores, se utiliza el inversor Trifásico SAJ R6-40K-T 4-32, cuyas características técnicas cumplen con todas nuestras demandas energéticas, costando 2.450,25 € cada inversor. Puesto que se utilizan 2 inversores en la instalación:

Inversores			
Descripción	Cantidad (uds)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Inversor solar SAJ R& 40kW	2	2.450,25	4.900,50
Total Inversores			4.900,50

Estructura de montaje

Respecto a los soportes empleado se debe destacar el elevado coste que supondrán puesto que se trata de estructuras ajustables, más caras que las estructuras fijas. Cada soporte tiene un precio de 39,9 €, y puesto que se utiliza un soporte por cada placa fotovoltaica:

Estructuras de montaje			
Descripción	Cantidad (uds)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Nua-Sol soporte ajustable 30-60°- plata	125	39,90	4.987,50
Total Estructuras de montaje			4.987,50

Cableado

En cuanto al cableado utilizado, se debe separar entre los conductores utilizados en la parte de corriente continua de la instalación, previa a los inversores, y el cableado de corriente alterna posterior a los inversores. El coste por metro de los conductores utilizados en la parte de corriente continua será de 3,87€, mientras que el de corriente alterna costará 11,66€. Así, y en función de los metros utilizados de cada uno, comprando un pequeño exceso para suplir cualquier imprevisto que pudiera ocurrir:

Cableado			
Descripción	Cantidad (m)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Cable solar 6mm2 Hikra Rojo/Negro	250	3,67	967,5
Cable libre Halógenos H0271 Negro 70mm2	30	11,66	349,8
Total Cableado			1317,3

Protecciones

La instalación cuenta con diversos elementos de protección, siendo estos: 6 descargadores de sobretensiones transitorias, cuyo precio unitario es de 215,68 €, contará también con un interruptor automático y diferencial de 63 A para cada inversor, costando estos 30,96€ y 140,2 € respectivamente, y por último, para proteger de forma general el circuito, se coloca también un interruptor automático y diferencial de 125 A ambos, cada unidad esta valorada en 111,32 € y 1.429,15€ respectivamente.

Elementos de protección			
Descripción	Cantidad (uds)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Diferencial 4 polos 63 ^a 30MA clase A-SI a9R61463-Schneider Electric	2	140,20	280,40
Magnetotérmico 4P 63 ^a SASSIN serie 63H	2	30,98	61,96
Interruptor diferencial 4P 125 A 300MA 400V clase AC	1	1.429,15	1.429,15
Magnetotérmico 4P 125A C 10KA/27mm	1	111,32	111,32
Descargador de sobretensiones DEHNguard DG M YPV SCI 1000 FM	6	215,68	1.294,08
Total Elementos de protección			3.176,91

Otros

En este apartado se detalla el gasto proveniente de la mano de obra, utilizada para el acondicionamiento del terreno, montaje de la instalación y diseño de la misma mediante distintas empresas cuyos costes se detallan a continuación:

Ingeniería			
Descripción	Cantidad (h)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Diseño de la instalación	80	75	6.000
Redacción del proyecto	48	75	3.600
Total Ingeniería			9.600

Instalación y montaje			
Descripción	Cantidad (h)	Precio unitario (€)	Precio total (€)
A3 renovables, montaje de la instalación	60	43	2.580
Acondicionamiento del terreno	72	30	2.160
Total Instalación y montaje			4.740

Presupuesto total

Concepto	Precio total (€)
Total Módulos fotovoltaicos	13.737,50
Total Inversores	4.900,50
Total Estructuras de montaje	4.987,50
Total Cableado	1317,3
Total Elementos de protección	3.176,91
Total Ingeniería	9.600
Total Instalación y montaje	4.740
Total Instalación (Con IVA)	50.922,64

Rentabilidad económica

Para estudiar la rentabilidad económica de la instalación se realiza una estimación de la potencia generada a lo largo de los primeros veinte años después de la instalación de la planta, que se compara con la ganancia por año calculada en la memoria. También se comprueba como se cumplen los plazos de recuperación de la inversión en función de la inversión inicial, mostrando dos casos: contando con las ayudas económicas, y situándonos en el caso mas desfavorable, sin contar con ellas.

Sin subvenciones:

Año	Energía generada acumulada (kWh)	Ganancia acumulada (euros)	Ahorro acumulado (euros)
1	94665	15473,65691	-35448,9931
2	188951,34	30885,41918	-20037,23082
3	282860,5346	46235,53441	-4687,115589
4	376394,0925	61524,24918	10601,59918
5	469553,5161	76751,80909	25829,15909
6	562340,3021	91918,45875	40995,80875
7	654755,9409	107024,4418	56101,79182
8	746801,9171	122070,001	71147,35096
9	838479,7094	137055,3779	86132,72786
10	929790,7906	151980,8133	101058,1633
11	1020736,627	166846,5469	115923,8969
12	1111318,681	181652,8176	130730,1676
13	1201538,406	196399,8633	145477,2133
14	1291397,253	211087,9207	160165,2707
15	1380896,664	225717,2259	174794,5759
16	1470038,077	240288,0139	189365,3639
17	1558822,925	254800,5188	203877,8688
18	1647252,633	269254,9736	218332,3236
19	1735328,622	283651,6106	232728,9606
20	1823052,308	297990,6611	247068,0111

Con subvenciones:

Año	Energía generada acumulada (kWh)	Ganancia acumulada (euros)	Ahorro acumulado (euros)
1	94665	15473,65691	-12948,9931
2	188951,34	30885,41918	2462,769182
3	282860,5346	46235,53441	17812,88441
4	376394,0925	61524,24918	33101,59918
5	469553,5161	76751,80909	48329,15909
6	562340,3021	91918,45875	63495,80875
7	654755,9409	107024,4418	78601,79182
8	746801,9171	122070,001	93647,35096
9	838479,7094	137055,3779	108632,7279
10	929790,7906	151980,8133	123558,1633
11	1020736,627	166846,5469	138423,8969
12	1111318,681	181652,8176	153230,1676
13	1201538,406	196399,8633	167977,2133
14	1291397,253	211087,9207	182665,2707
15	1380896,664	225717,2259	197294,5759
16	1470038,077	240288,0139	211865,3639
17	1558822,925	254800,5188	226377,8688
18	1647252,633	269254,9736	240832,3236
19	1735328,622	283651,6106	255228,9606
20	1823052,308	297990,6611	269568,0111

PLANOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

.logo-estid.jpg

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA

Proyecto: Instalación fotovoltaica de 75 kW

Plano: Emplazamiento Alcorisa

Fecha:
Julio 2024

Nº Plano:

Autor:

Iván Jorge Carrillo

Unidad

1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

.logo-estid.jpg

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA ELECTRICA

Proyecto: Instalación fotovoltaica de 75 kW

Plano: Emplazamiento Instalación

Fecha:

Julio 2024

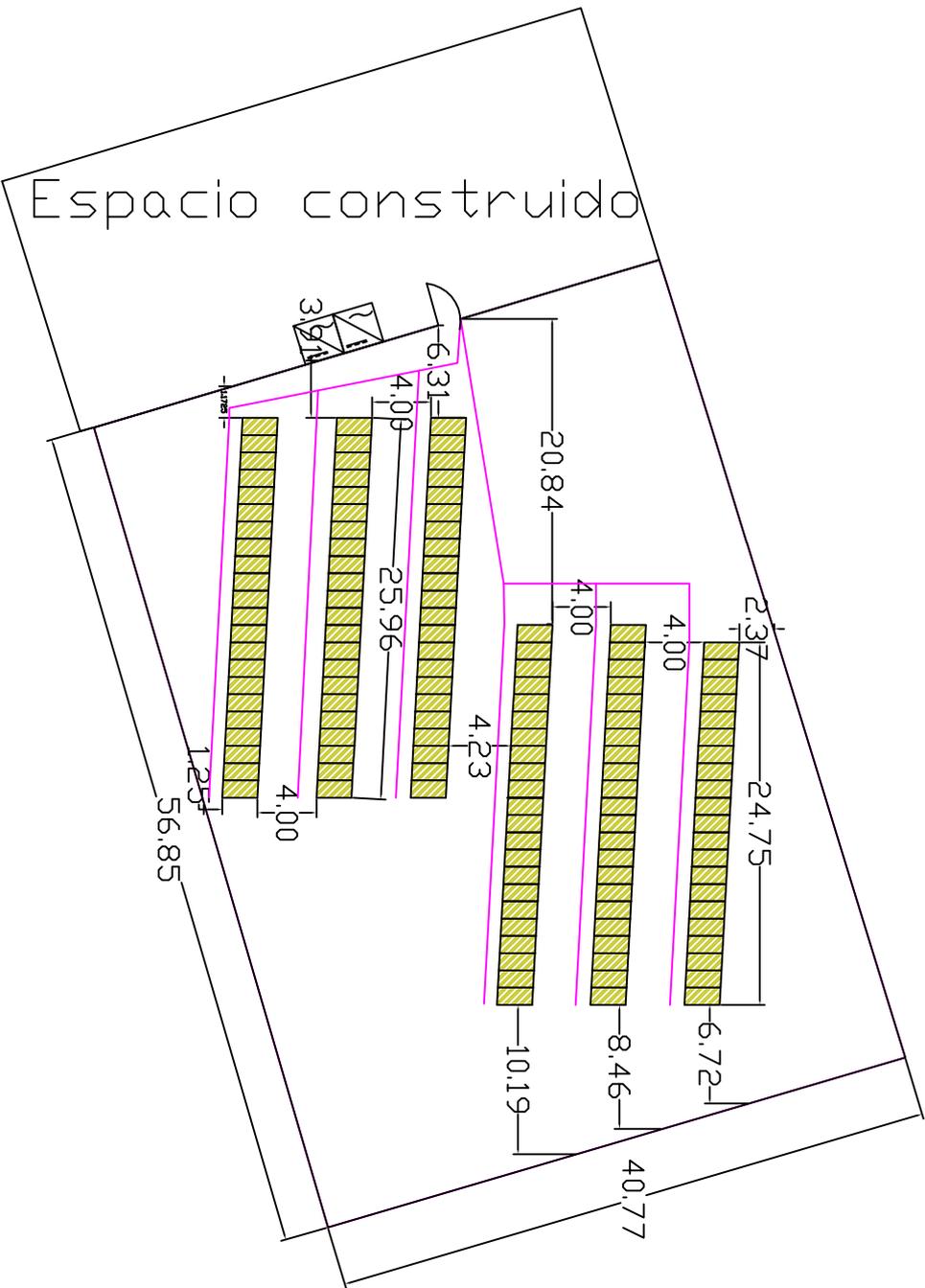
Autor:

Iván Jorge Carrillo

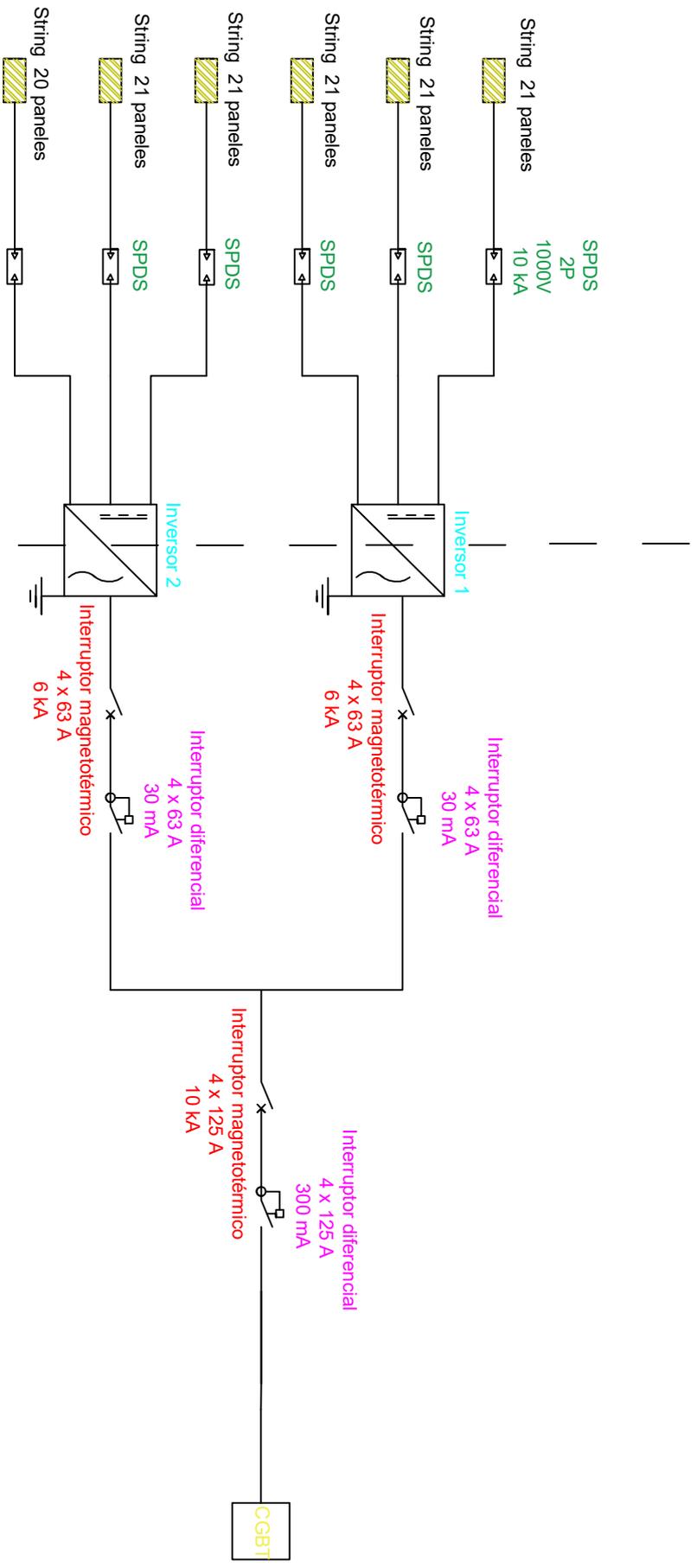
Unidad

Nº Plano:

2

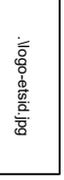


Conductores
Inversores



Cable CC1: 6 mm² IP68

Cable CA1: 70 mm² Poliolefina



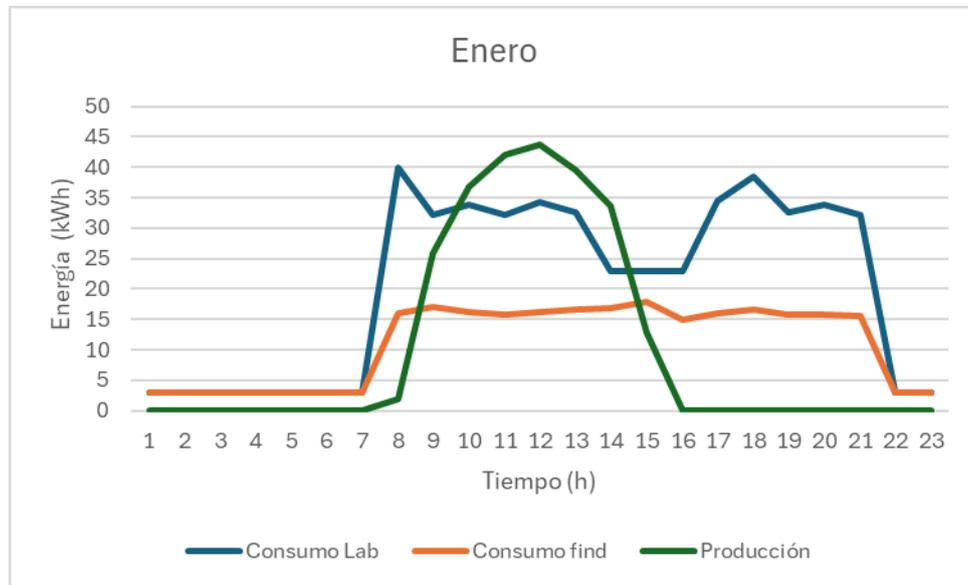


UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

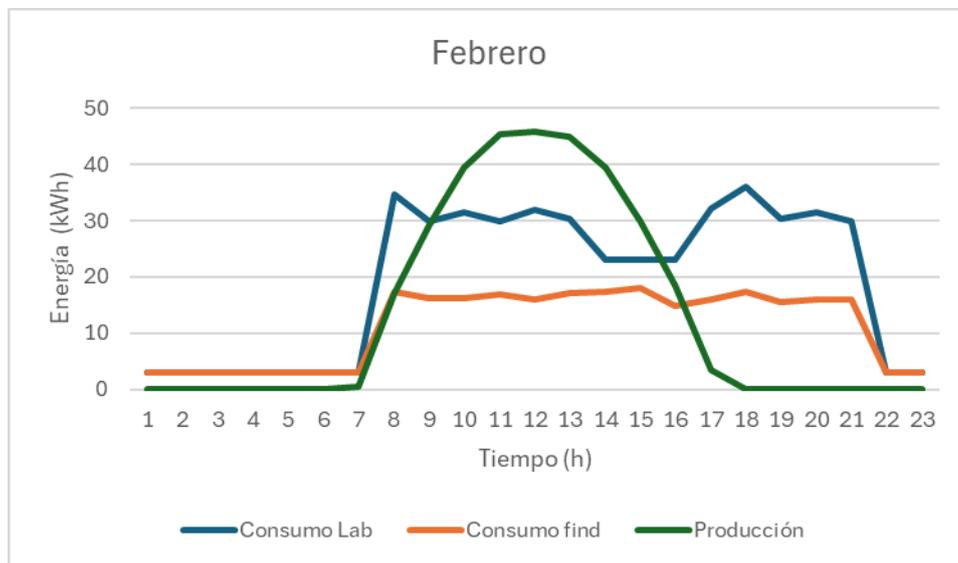


Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

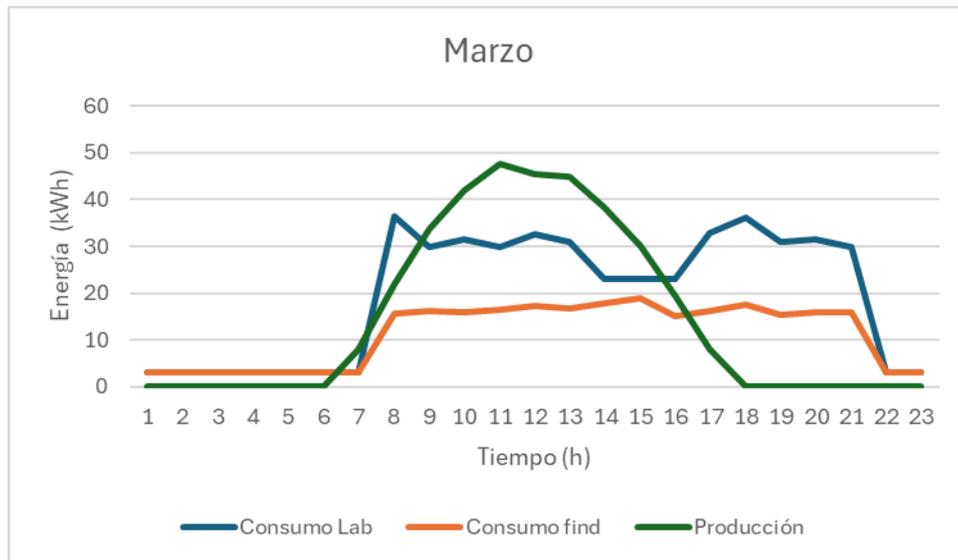
ANEXO 1



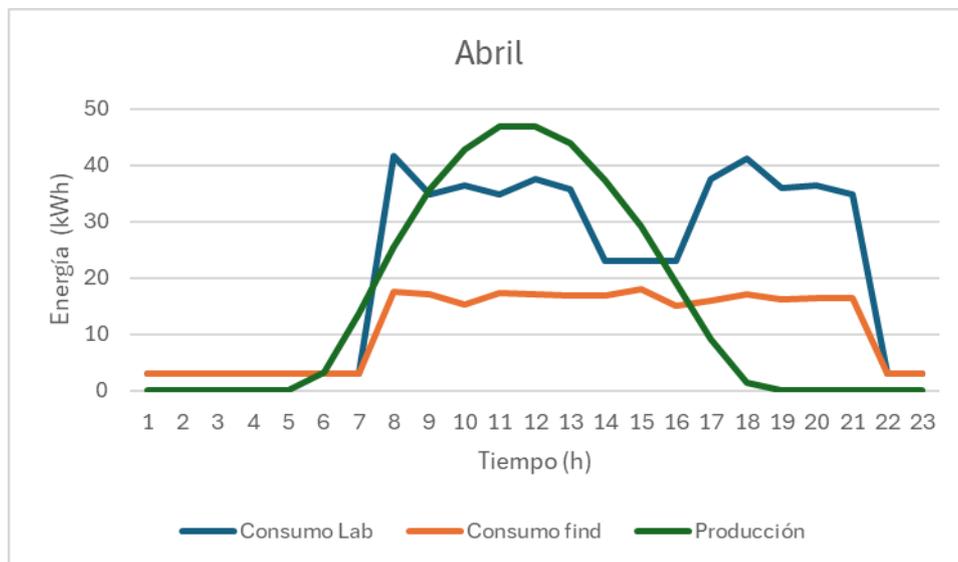
A1.1 Producción Enero



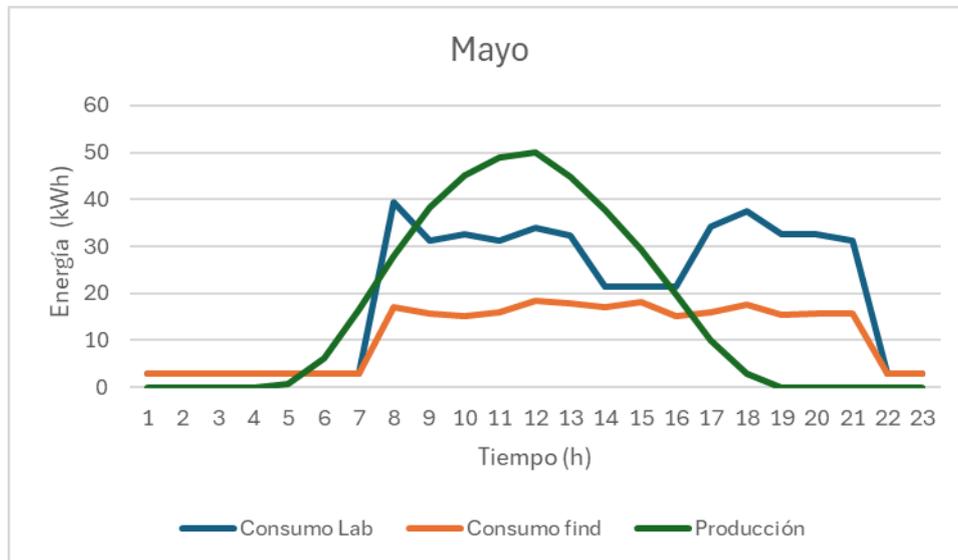
A1.2 Producción Febrero



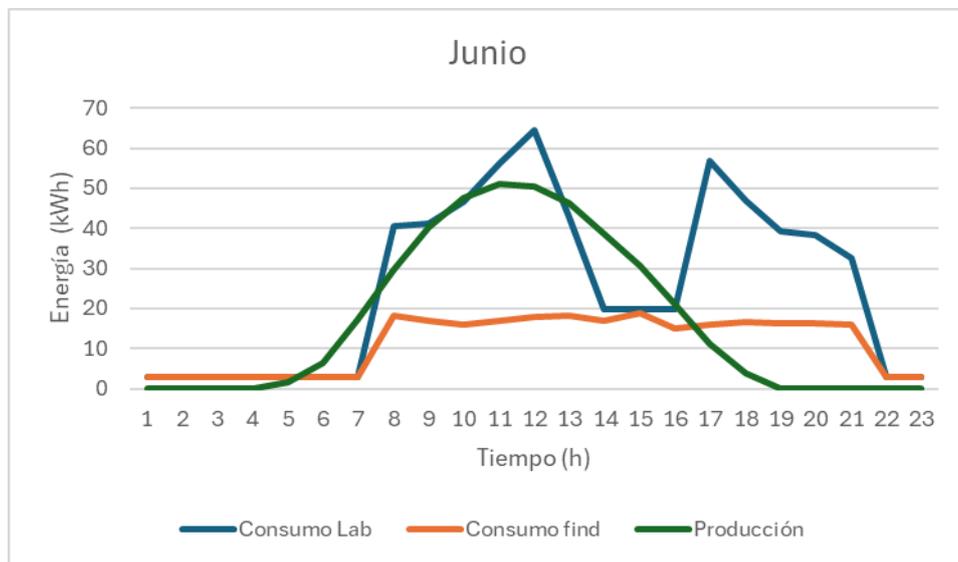
A1.3 Producción Marzo



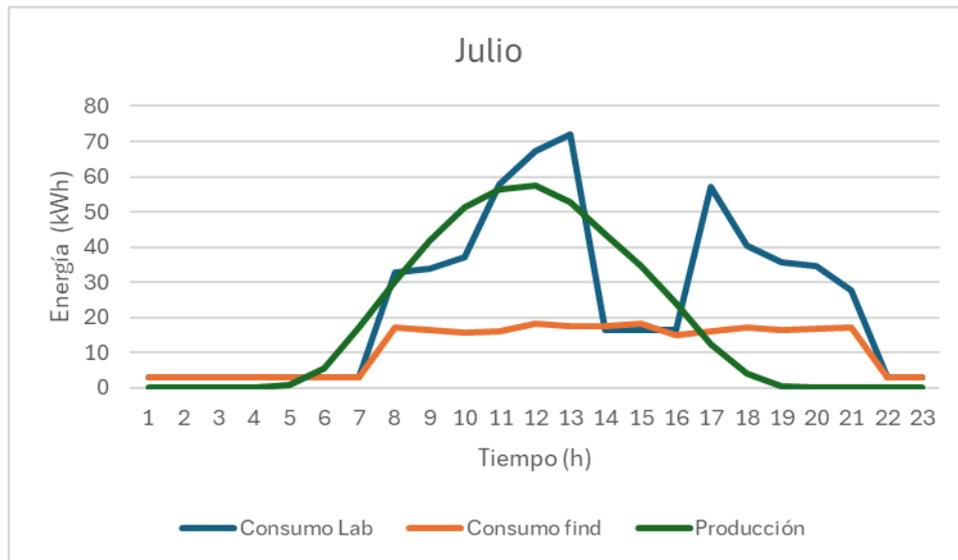
A1.4 Producción Abril



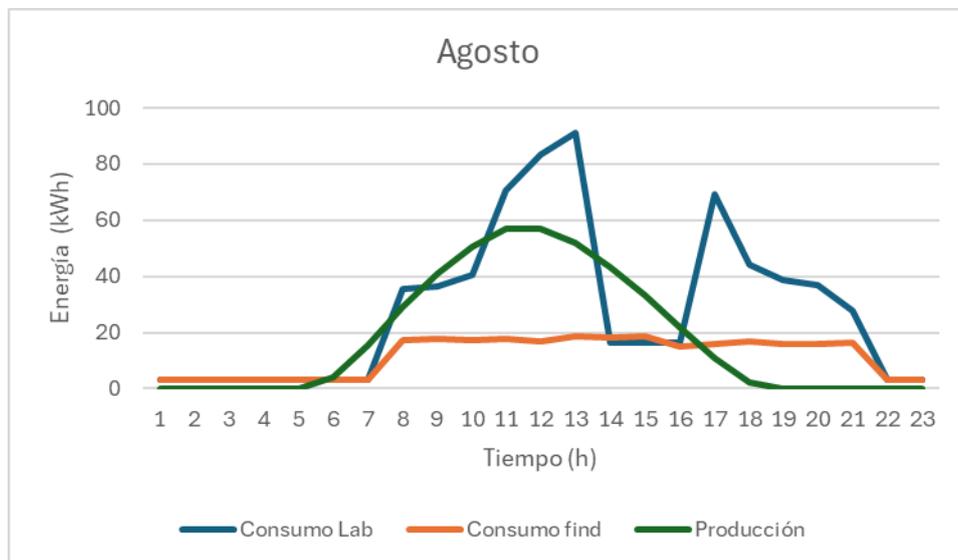
A1.5 Producción Mayo



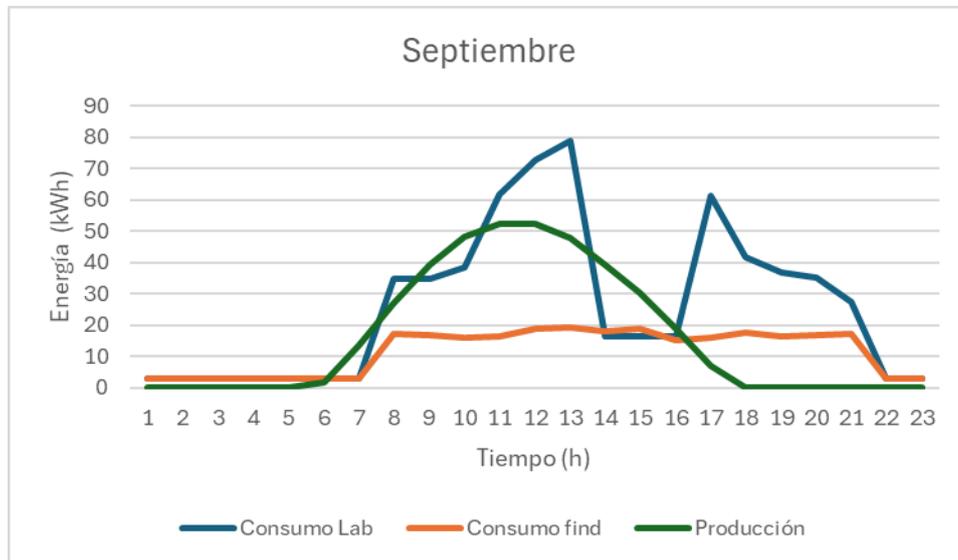
A1.6 Producción Junio



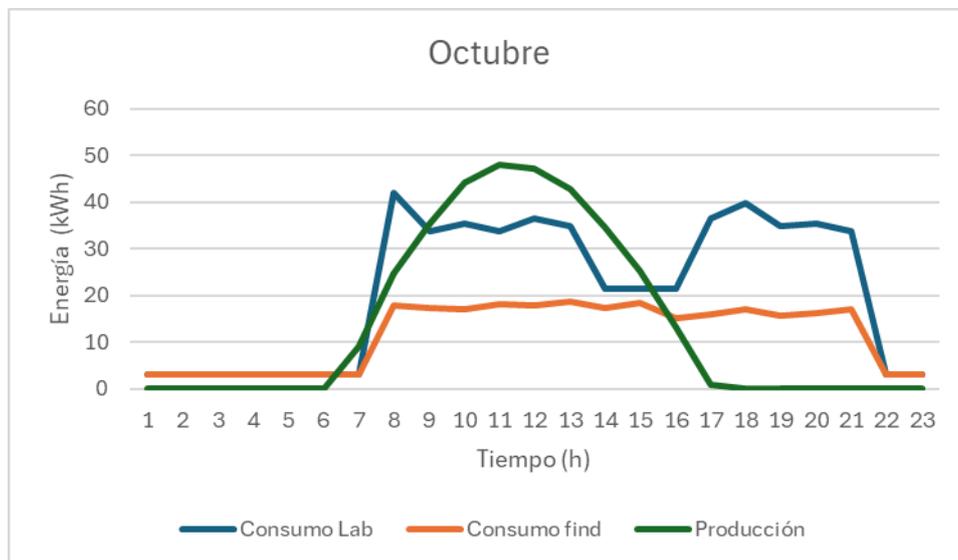
A1.7 Producción Julio



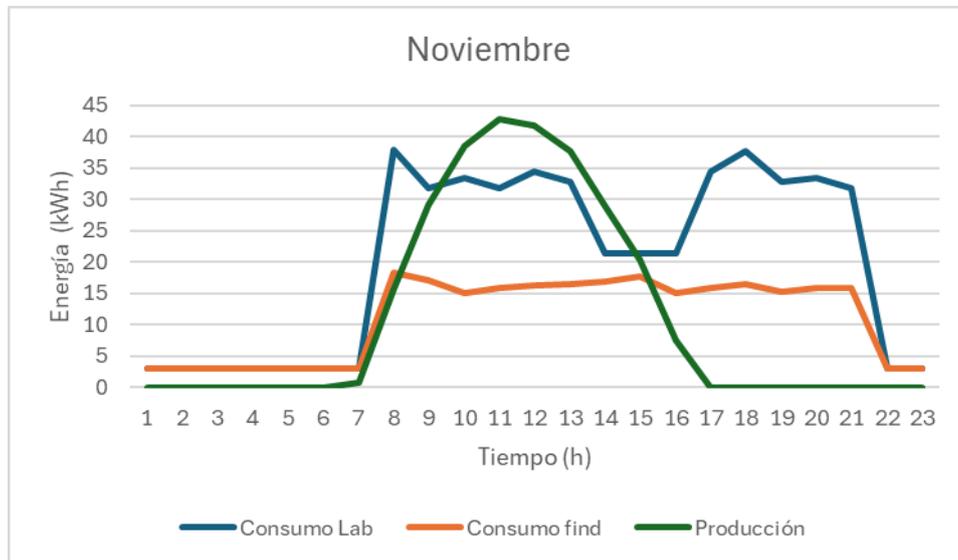
A1.8 Producción Agosto



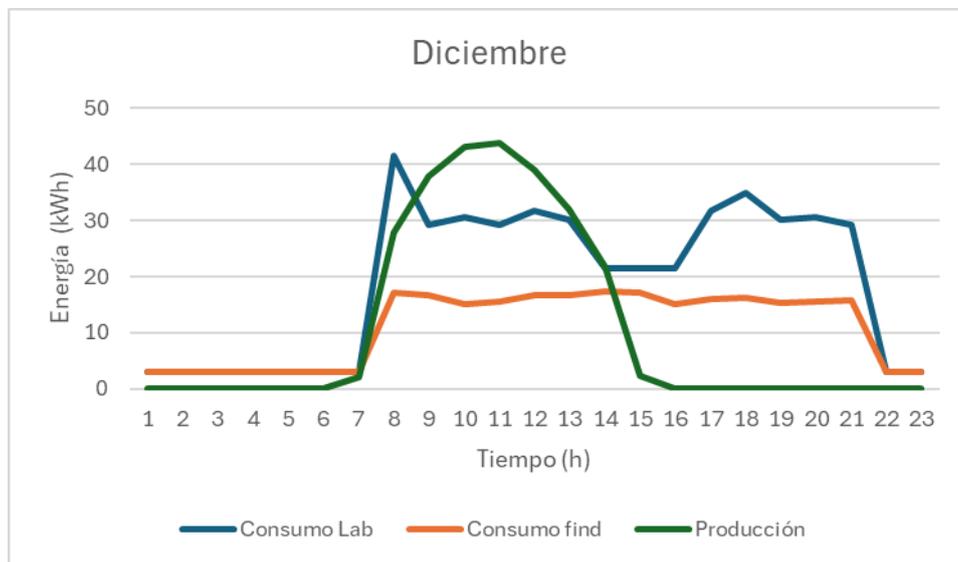
A1.9 Producción Septiembre



A1.10 Producción Octubre



A1.11 Producción Noviembre



A1.12 Producción Diciembre



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ANEXO 2



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Tiger Neo N-type 66HL4M-BDV 600-620 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018

Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.

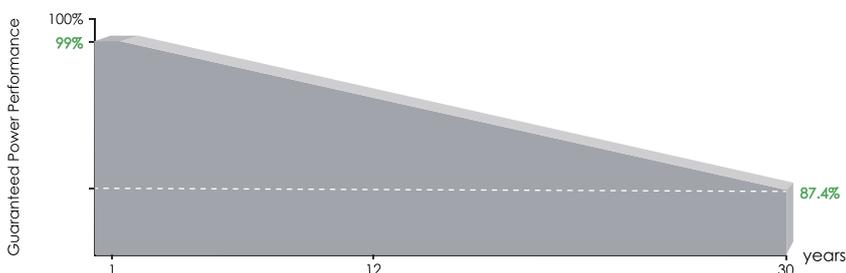


Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

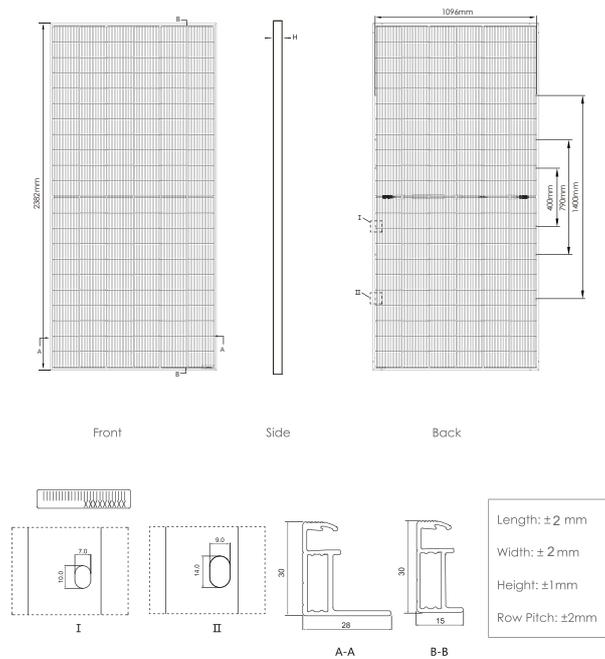


12 Year Product Warranty

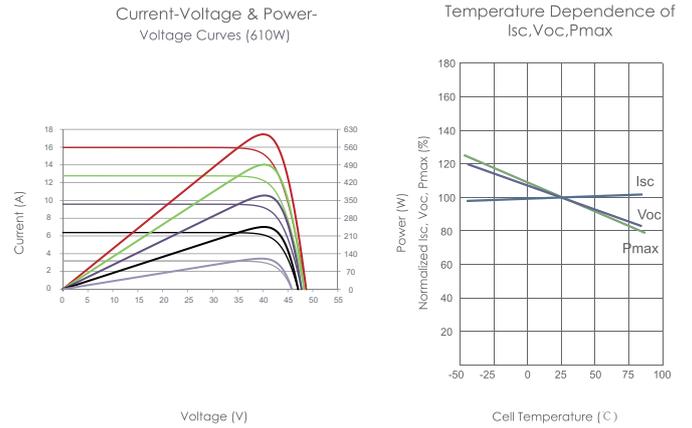
30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	132 (2×66)
Dimensions	2382×1134×30mm (93.78×44.65×1.18 inch)
Weight	33.4kg (73.63 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 720pcs/ 40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM600N-66HL4M-BDV		JKM605N-66HL4M-BDV		JKM610N-66HL4M-BDV		JKM615N-66HL4M-BDV		JKM620N-66HL4M-BDV	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	600Wp	453Wp	605Wp	457Wp	610Wp	461Wp	615Wp	464Wp	620Wp	468Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.16V	37.60V	40.31V	37.76V	40.46V	37.92V	40.60V	38.10V	40.74V	38.25V
Maximum Power Current (Imp)	14.94A	12.05A	15.01A	12.10A	15.08A	12.15A	15.15A	12.19A	15.22A	12.24A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.28V	45.86V	48.48V	46.05V	48.68V	46.24V	48.88V	46.43V	49.08V	46.62V
Short-circuit Current (Isc)	15.84A	12.79A	15.90A	12.83A	15.96A	12.88A	16.02A	12.93A	16.08A	12.98A
Module Efficiency STC (%)	22.21%		22.40%		22.58%		22.77%		22.95%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	35A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficient of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficient of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficient of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM600N-66HL4M-BDV	JKM605N-66HL4M-BDV	JKM610N-66HL4M-BDV	JKM615N-66HL4M-BDV	JKM620N-66HL4M-BDV
5%	Maximum Power (Pmax)	630Wp	635Wp	641Wp	646Wp	651Wp
	Module Efficiency STC (%)	23.32%	23.52%	23.71%	23.91%	24.10%
15%	Maximum Power (Pmax)	690Wp	696Wp	702Wp	707Wp	713Wp
	Module Efficiency STC (%)	25.54%	25.76%	25.97%	26.18%	26.40%
25%	Maximum Power (Pmax)	750Wp	756Wp	763Wp	769Wp	775Wp
	Module Efficiency STC (%)	27.77%	28.00%	28.23%	28.46%	28.69%

*STC: Irradiance 1000W/m²

Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m²

Ambient Temperature 20°C

AM=1.5

Wind Speed 1m/s

R6 SERIES

THREE PHASE



R6-25K-T3-32 | R6-30K-T3-32 | R6-33K-T3-32
R6-36K-T3-32 | R6-40K-T4-32 | R6-50K-T4-32

AFCI AFCI (Optional)

16A String current up to 16A



Max. Efficiency 98.8%



Built-in AC & DC SPD

110% 110% AC overloading



24/7 load monitoring (Optional)

Model	R6-25K-T3-32	R6-30K-T3-32	R6-33K-T3-32	R6-36K-T3-32	R6-40K-T4-32	R6-50K-T4-32
Input (DC)						
Max. PV Array Power [Wp]@STC	37500	45000	49500	54000	60000	75000
Max. Input Voltage [V]	1100					
MPPT Voltage Range [V]	180~1000					
Nominal Input Voltage [V]	600					
Start-up Voltage [V]	200					
Max. Input Current [A]	32/32/32			32/32/32/32		
Max. DC Short Circuit Current [A]	38.4/38.4/38.4			38.4/38.4/38.4/38.4		
No. of Strings per MPPT	2/2/2			2/2/2/2		
No. of MPPT	3			4		
Output (AC)						
Rated AC Output Power [W]	25000	30000	33000	36000	40000	50000
Rated Apparent Power [VA]	27500	33000	36300	39600	44000	50000
Rated AC Output Current [A]@230Vac	36.3	43.5	47.8	52.2	58	72.5
Max. AC Output Current [A]	41.7	50	55	60	66.7	75.8
Nominal AC Voltage/ Range [V]	3L+N+PE, 220/380, 230/400, 240/415; 180-280/312-485					
Nominal AC Grid Frequency/ Range [Hz]	50, 60 / 44-55, 54-65					
Total Distortion Harmonic [THDi]	<3%					
Power Factor [cos φ]	0.8 leading~0.8 lagging					
Efficiency						
Max. Efficiency	98.8%					
Euro Efficiency	98.5%					
Protection						
DCI Monitoring	Integrated					
GFCI Monitoring	Integrated					
Grid Monitoring	Integrated					
AC Grounding Detection	Integrated					
AC Short Circuit Current Protection	Integrated					
DC Insulation Resistance Detection	Integrated					
DC Surge Protection	Type II					
AC Surge Protection	Type III					
Anti-islanding Protection	AFD					
AFCI Protection	Optional					
Interface						
AC Connection	Terminal Block					
DC Connection	MC4					
Display	LED+APP (Bluetooth)					
Communication Port	RS232+RS485 (RJ45)+DRM(RJ45)					
Communication	Wi-Fi/Ethernet/4G					
Load Monitoring	24/7 (Optional)					
General Data						
Topology	Transformerless					
Consumption at Night [W]	<0.6					
Operating Temperature Range	-40°C~+60°C					
Cooling Method	Intelligent Fan Cooling					
Ambient Humidity	0%~100% Non-condensing					
Altitude	4000m (>3000m Power Derating)					
Noise [dBA]	<50					
Ingress Protection	IP65					
Mounting	Rear Panel					
Dimensions [H*W*D] [mm]	473*659.4*240					
Weight [kg]	35.5			37		37.5
Warranty [Year]	5/10/15/20/25					
Certifications	IEC/EN62109-1/2, EN61000-6-1/2/3/4, IEC61683, IEC60068-2, IEC62116, IEC61727, PEA/MEA,VDE0126-1-1/A1, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, AS/NZS4777.2, CQC NB/T 32004, G98/G99, NBR 16149, NBR 16150, C10/11,RD1669,UNE206006, UNE206007,EN50438					



DATOS ADICIONALES

REFERENCIA 373921

DESCRIPCIÓN

El cable 6 mm² Solar ZZ-F es un cable de potencia diseñado específicamente para instalaciones solares fotovoltaicas. Cumple con la norma EN50618 / TÜV2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502, lo que garantiza su calidad y seguridad para este tipo de aplicaciones. Este cable es adecuado tanto para servicios móviles como para instalaciones fijas. Se utiliza ...

CONTACTO

CERTIFICADOS Y GARANTÍA



CABLE SOLAR 6MM2 HIKRA ROJO / NEGRO



DATOS TÉCNICOS	
Dimensiones	1000L mm
Acabado	Negro, Rojo
Protección	IP68
Garantía (Años)	3

H07Z1-K L.H.



Dimensión:

Sección (mm ²)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (Kg/Km)	Caída de tensión V/m
70	14,5	675,4	0,0007

Descripción:

Este cable es de cobre pulido flexible de clase 5 según UNE EN 60228. Se trata de un cable unipolar sin cubierta, con aislamiento de poliolefina tipo TI 7 según UNE EN 50363-7, libre de halógenos. Su peso es de 0,6754 Kg/m (675,4Kg/km) con un diámetro exterior de 14,5mm. Posee una tensión de servicio de 450/750 V. Su temperatura de servicio oscila entre los -15 a 70°C. Con una tensión de caída de 0,0007 V/A por metro, cada 10 metros perdería 0,00653 V/A, a los 50 metros 0,3265 V/A y 0,0653 V/A a los 100.

Aplicación:

Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas, iluminación y aparata de mando y control. Instalado en conductos (situados sobre superficie o empotrados) o en sistemas cerrados análogos. Especialmente recomendado en locales donde se requiera un nivel bajo de humos y gases corrosivos en caso de incendio. Especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia (ITC-BT-28) y en general en todos los emplazamientos donde se requiera un comportamiento seguro del cable ante el fuego.

CPR:

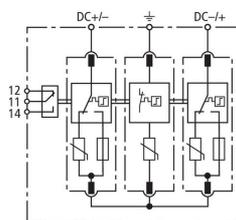
Cable apto para instalarse bajo los requerimientos de la normativa CPR (Construction Product Regulation (EU) N°305/2011) de acuerdo con la clasificación (Euroclase) especificada en el presente documento.

DG M YPV SCI 1000 FM (952 515)

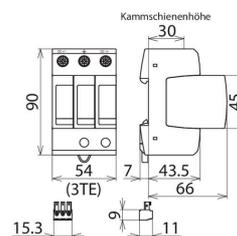
- Verdrahtungsfertige, modulare Kompletteneinheit für Photovoltaik-Anlagen, bestehend aus Basisteil und gesteckten Schutzmodulen
- Kombinierte Abtrenn- und KurzschlieÙvorrichtung mit sicherer elektrischer Trennung im Schutzmodul (patentiertes SCI-Prinzip)
- Bewährte fehlerresistente Y-Schaltung



Abbildung unverbindlich



Prinzipialschaltbild DG M YPV SCI 1000 FM



Maßbild DG M YPV SCI 1000 FM

Mehrpoliger, modularer Überspannungs-Ableiter mit dreistufiger Gleichspannungs-Schaltvorrichtung für PV-Anlagen mit Fernmeldekontakt für Überwachungseinrichtung (potentialfreier Wechsler).

Typ	DG M YPV SCI 1000 FM
Art.-Nr.	952 515
Max. PV-Spannung (U_{CPV})	1000 V
Kurzschlussfestigkeit (I_{SCPV})	10 kA
Gesamtableitstoßstrom (8/20 μ s) (I_{total})	40 kA
Nennableitstoßstrom (8/20 μ s) [(DC+/DC-) --> PE] (I_n)	12,5 kA
Max. Ableitstoßstrom (8/20 μ s) [(DC+/DC-) --> PE] (I_{max})	25 kA
Schutzpegel (U_p)	≤ 4 kV
Schutzpegel bei 5 kA (U_p)	$\leq 3,5$ kV
Ansprechzeit (t_A)	≤ 25 ns
Betriebstemperaturbereich (T_U)	-40 °C ... +80 °C
Funktions- / Defektanzeige	grün / rot
Anzahl der Ports	1
Anschlussquerschnitt (min.)	1,5 mm ² ein- / feindrätig
Anschlussquerschnitt (max.)	35 mm ² mehrdrätig / 25 mm ² feindrätig
Montage auf	35 mm Hutschiene nach EN 60715
Gehäusewerkstoff	Thermoplast, Farbe rot, UL 94 V-0
Einbauort	Innenraum
Schutzart	IP 20
Einbaumaße	3 TE, DIN 43880
Zulassungen	KEMA, UL, CSA
FM-Kontakte / Kontaktform	Wechsler
Schaltleistung AC	250 V / 0,5 A
Schaltleistung DC	250 V / 0,1 A; 125 V / 0,2 A; 75 V / 0,5 A
Anschlussquerschnitt für FM-Klemmen	max. 1,5 mm ² ein- / feindrätig
Gewicht	323 g
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85363030
GTIN (EAN)	4013364126435
VPE	1 Stk.

Änderungen in Form und Technik, bei Maßen, Gewichten und Werkstoffen behalten wir uns im Sinne des Fortschrittes der Technik vor. Die Abbildungen sind unverbindlich.

Hoja de características del producto

A9R61463

iID 4P 63A 30mA A-SI

Características



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	63 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo A-SI

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 1500 A Im 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	3000 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip

Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	91 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,37 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 15000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Single terminal top or bottom 1...35 mm ² rigid Single terminal top or bottom 1...25 mm ² flexible Single terminal top or bottom 1...25 mm ² flexible with ferrule
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3.5 N.m top or bottom

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 3000 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Packing Units

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,398 kg
Paquete 1 Altura	0,820 dm
Paquete 1 ancho	0,770 dm
Paquete 1 Longitud	1,000 dm
Tipo de unidad del paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	27
Peso del paquete 2	11,233 kg
Paquete 2 Altura	30 cm
Ancho del paquete 2	30 cm
Longitud del paquete 2	40 cm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto

RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto con contenido plástico sin halógenos

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Hoja de características del producto

Especificaciones



interruptor diferencial 4P 125A 300MA 400V clase AC

16907

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 Reflex iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre abreviado del equipo	RCCB-ID
Número de polos	4P
posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	125 A
Tipo de red	AC
sensibilidad de fuga a tierra	300 mA
retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC
poder de conexión y de corte	$I_m = 1250 \text{ A } 400 \text{ V}$ acorde a IEC 61008
corriente condicional de cortocircuito	$I_{nc} 10 \text{ kA } 125 \text{ A}$

Complementario

ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	400 V AC 50 Hz acorde a IEC 61008
tecnología de disparo corriente residual	Electromecánica
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50 Hz acorde a IEC 61008-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV acorde a IEC 61008-1
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Paso de conexión	18 mm entre fases
pasos de 9 mm	8
Altura	86 mm
Ancho	72 mm
Profundidad	76 mm
Peso del producto	420 g

Color	Gris
Durabilidad mecánica	5000 ciclos
Durabilidad eléctrica	2000 ciclos
preparado para candado	Con candado
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel2 cable(s) 1,5...16 mm² flexible Terminales de tipo túnel2 cable(s) 1,5...16 mm² rígido Terminales de tipo túnel1 cable(s) 1,5...50 mm² rígido Terminales de tipo túnel1 cable(s) 1,5...35 mm² flexible Terminales de tipo túnel1 cable(s) 1,5...35 mm² flexible con terminal Terminales de tipo túnel2 cable(s) 1,5...16 mm² flexible con terminal
longitud de cable pelado para conectar bornas	11 mm
par de apriete	3 N.m

Entorno

Normas	Valores instantáneos y de demanda En > 40 A IEC 61008
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	3
tropicalización	2 acorde a IEC 61008
humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud de operación	2000 m
Temperatura ambiente de operación	-25...40 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,2 cm
Paquete 1 Ancho	7,8 cm
Paquete 1 Longitud	9,8 cm
Paquete 1 Peso	417,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	S02
Número de unidades en el paquete 2	12
Paquete 2 Altura	15,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	5,334 kg

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
----------------------------	-----------

Sostenibilidad

La etiqueta **Green Premium™** es el compromiso de Schneider Electric para ofrecer productos con el mejor desempeño ambiental. Green Premium promete cumplir con las regulaciones más recientes, transparencia en cuanto al impacto ambiental, así como productos circulares y de bajo CO₂.

La **guía para evaluar la sostenibilidad de los productos** es un white paper que aclara los estándares globales de etiqueta ecológica y cómo interpretar las declaraciones ambientales.

[Obtenga más información sobre Green Premium >](#)

[Guía para evaluar la sostenibilidad del producto >](#)

Rendimiento de la sostenibilidad

✓ Sin Metales Pesados Tóxicos

✓ Sin Mercurio

✓ Información Sobre Exenciones De Rohs Sí

Reglamento Reach

[Declaración de REACH](#)

Directiva Rohs Ue

Conforme

[Declaración RoHS UE](#)

Normativa De Rohs China

[Declaración RoHS China](#)

Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)

Raee

En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Perfil De Circularidad

No se necesitan operaciones de reciclaje específicas