



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN UNA URBANIZACIÓN

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

TUTORA: BENJAMÍN JESÚS GONZÁLEZ DÍAZ

La Laguna, MAYO DE 2023

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO:

Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización

EMPLAZAMIENTO GEOGRÁFICO CONCRETO

Coordenadas geográficas (ETRS89):

- Latitud 28° 23' 52,50" N
- Longitud 16° 20' 45,59" O
- Altura 199,42 m

C/Hoya Molino n18, C.P.: 38510

Término Municipal: Candelaria

Provincia: Santa Cruz de Tenerife

DATOS DEL AUTOR DEL PROYECTO

Nombre del autor: José Manuel Castilla Marrero

NIF: 42222830M

Estudios: Grado en Ingeniería Mecánica

Correo electrónico: alu0101065540@ull.edu.es

RESPONSABLE DE LA TUTORÍA DEL PROYECTO

Nombre: Benjamín Jesús González Díaz

Localización: Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología – AN.4A

Despacho: Segunda Planta, despacho P2.085

Teléfono: 922-31-65-02 Ext: 6252

Correo electrónico: bgdiaz@ull.edu.es

Abstract

The purpose of this project is to expose the implementation of a photovoltaic power generation system for a housing development, which includes grid connection and surplus energy storage. The project aims to meet the power requirements of the houses and analyze various solutions for individual consumption. It serves as a practical application of the knowledge acquired during the Degree program.

The document will outline the calculations and considerations involved in the project. It will start by studying the energy consumption of every house, to then address the optimal solution for a photovoltaic system that fulfills the housing needs accurately, in addition to the project's. The results obtained from different scenarios will be analyzed to achieve an optimal outcome. All the results obtained have been carried out through calculations that follow the corresponding regulations, and therefore complying with legal and quality standards.

This document includes a health and safety study, the specifications, and a material execution budget. In this way, the projected facilities are proposed with a complete definition of them, both in terms of results and costs, as well as execution and safety.

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad exponer la implementación de un sistema de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos conectados a red y acumulación del excedente energético, que permita abastecer a una urbanización de viviendas de la energía requerida, estudiando las posibles soluciones al respecto, y estudiando tanto el consumo individual de las viviendas como las instalaciones de iluminación en las zonas comunes. Asimismo, se pretenden demostrar y aplicar en este documento los conocimientos aprendidos durante el Grado.

En el documento se establecerán los cálculos y consideraciones. Se estudiarán las necesidades de consumo en las viviendas y las posibles soluciones que se podrían llevar a cabo. Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos de las distintas situaciones planteadas, para así obtener un resultado óptimo.

Todos los resultados obtenidos se han realizado mediante cálculos que siguen las normativas correspondientes, y por ende cumpliendo los estándares legales y de calidad.

Este documento cuenta con un estudio de seguridad y salud, un pliego de condiciones, y un presupuesto de ejecución material. De esta manera, las instalaciones proyectadas se plantean con una definición completa de las mismas, tanto de resultados y costes, como de ejecución y seguridad.

ÍNDICE GENERAL

Hoja de identificación	1
Abstract	2
Resumen.....	2
ÍNDICE: MEMORIA	
1.1. Objeto	10
1.2. Alcance	10
1.3. Antecedentes.....	11
1.4. Normas y referencias	11
1.4.1 Disposiciones legales, normas consultadas o aplicadas.	11
1.4.2 Softwares utilizados.....	13
1.4.3 Bibliografía.....	14
1.5. Definiciones	15
1.6. Requisitos de diseño	17
1.6.1 Situación y emplazamiento.....	17
1.7. Análisis de soluciones.....	19
1.7.1 Cantidad de módulos fotovoltaicos a utilizar	20
1.7.2 Tipo de instalación	21
1.7.2.1 Comparación energética	22
1.7.2.2 Comparación económica.....	25
1.7.3 Orientación e inclinación.....	26
1.7.4 Consumo energético	26
1.7.5 Requisitos de diseño	27
1.8. Resultados finales	27
1.8.1 Ubicación de los módulos fotovoltaicos.....	28
1.8.2 Módulos fotovoltaicos	29
1.8.2.1 Tamaño de la instalación	30
1.8.3 Estructura de soporte para los módulos.....	31
1.8.4 Inversor.....	32
1.8.5 Baterías	33
1.8.6 Cableado	34
1.8.7 Tubos para la canalización	35

1.8.8	Protecciones.....	36
1.8.8.1	Protecciones en corriente continua	36
1.8.8.2	Protecciones en corriente alterna	36
1.8.8.3	Puesta a tierra.....	37
1.8.9	Conexión a red.....	37
1.9.	Presupuesto	38
1.10.	Orden de prioridad entre los documentos.....	38

ANEXO I - CÁLCULOS

2.1.1.	Objeto	42
2.1.2.	Cálculos	42
2.1.2.1.	Previsión de cargas.....	42
2.1.2.2.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica	43
2.1.2.2.1.	Posición y orientación.....	43
2.1.2.2.2.	Espacio disponible	45
2.1.2.2.3.	Paneles utilizados.....	45
2.1.2.3.	Cálculos eléctricos	46
2.1.2.3.1.	Elección del inversor	47
2.1.2.3.2.	Elección de la batería.....	50
2.1.2.3.3.	Selección del cableado.....	51
2.1.2.4.	Tubos para la canalización	57
2.1.2.5.	Protecciones de corriente continua	58
2.1.2.6.	Protecciones de corriente alterna	60
2.1.2.6.1.	Elección del interruptor automático diferencial	61
2.1.2.7.	Rendimiento energético de la instalación	63
2.1.2.7.1.	Performance ratio.....	63
2.1.2.7.2.	Pérdidas por inclinación y orientación	63
2.1.2.7.3.	Pérdidas por sombras	65
2.1.2.7.4.	Pérdidas por cableado	66
2.1.2.7.5.	Pérdidas del inversor.....	66
2.1.2.7.6.	Pérdidas por temperatura	66
2.1.2.7.7.	Otras pérdidas ^[17]	68
2.1.2.7.8.	Resultado del performance ratio	68
2.1.2.8.	Generación anual.....	70

ANEXO II – ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

2.2.1.	Aspectos Generales	78
2.2.2.	Objeto	78
2.2.3.	Descripción de la actividad	79
2.2.3.1.	Operaciones a realizar	79
2.2.3.2.	Inicio de las obras	79
2.2.3.3.	Duración de las obras	79
2.2.4.	Recursos empleados	79
2.2.4.1.	Mano de obra	79
2.2.4.2.	Herramientas	80
2.2.4.3.	Energía y fluidos	80
2.2.4.4.	Maquinaria	80
2.2.4.5.	Equipos Auxiliares	80
2.2.5.	Normativa de seguridad en la obra	80
2.2.6.	Equipos de protección individual (EPI)	81
2.2.6.1.	Protectores de la cabeza	81
2.2.6.2.	Protectores del oído	82
2.2.6.3.	Protectores de los ojos y de la cara	82
2.2.6.4.	Protectores de las vías respiratorias	82
2.2.6.5.	Protectores de manos y brazos	82
2.2.6.6.	Protectores de pies y piernas	82
2.2.6.7.	Protectores de la piel	83
2.2.6.8.	Protectores del tronco y el abdomen	83
2.2.6.9.	Protección total del cuerpo	83
2.2.7.	Sistemas de protección colectiva	83
2.2.8.	Riesgos característicos en este tipo de instalaciones	84
2.2.9.	Obligaciones de las partes implicadas en un EBSyS	85
2.2.9.1.	Obligaciones del promotor	85
2.2.9.2.	Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud	86
2.2.9.3.	Obligaciones de contratista y subcontratas	86
2.2.9.4.	Obligaciones de los trabajadores autónomos	87
2.2.9.4.1.	Libro de incidencias	88
2.2.9.4.2.	Paralización de los trabajos	89
2.2.9.4.3.	Disposiciones mínimas de seguridad que deben aplicarse en las obras	89

2.2.9.5.	Resistencia y calidad de los materiales en materia de seguridad	89
2.2.9.6.	Vías de salida y emergencia.....	89
2.2.9.7.	Incendios	90
2.2.9.8.	Ventilación	90
2.2.9.9.	Temperatura	90
2.2.9.10.	Espacio de trabajo	90
2.2.9.11.	Primeros auxilios.....	90
2.2.9.12.	Servicios higiénicos	91
2.2.9.13.	Zonas de descanso.....	91

ANEXO III – FICHAS TÉCNICAS

2.3.1.	Panel fotovoltaico JAM72S20-450/MR.....	94
2.3.2.	Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1	96
2.3.3.	Batería LUNA2000-5-S0	98
2.3.4.	Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H.....	100
2.3.5.	Cable PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K	102
2.3.6.	Acti 9 - fuse-disconnector STI - 1 pole - 25 A	105
2.3.7.	Acti9 iID - Interruptor diferencial - 2P	107
2.3.8.	Interruptor automático magnetotérmico - A9K17632	110
2.3.9.	Protector contra sobretensiones transitorias NU6-III.....	112

PLANOS

3.1.	Situación y emplazamiento	116
3.2.	Vistas vivienda par.....	117
3.3.	Vistas vivienda impar.....	118
3.4.	Cubierta y distribución de los módulos.....	119
3.5.	Esquema unifilar	120
3.6.	Simulación fotográfica.....	121

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1.	Mediciones y presupuesto de vivienda par	125
4.2.	Mediciones y presupuesto de vivienda impar	129

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

5.1.	Objeto.....	134
5.1.1	Descripción general de la obra	134
5.2.	Documentos del proyecto.....	134

5.3.	Normativa de aplicación	135
5.3.1	Permisos y licencias.....	138
5.4.	Condiciones particulares	138
5.4.1	Condiciones legales	138
5.4.1.1.	Leyes laborales de accidentes de trabajo	138
5.4.1.2.	Mano de obra.....	138
5.4.1.3.	Daños en propiedades vecinas.....	138
5.4.1.4.	Rescisión del contrato	139
5.4.1.5.	Formalizaciones del contrato.....	139
5.4.2	Condiciones de carácter facultativo.....	139
5.4.2.1.	Del titular de la instalación y sus obligaciones	139
5.4.2.2.	De la dirección facultativa.....	141
5.4.2.3.	De la empresa instaladora o contratista.....	141
5.4.2.4.	Documentación final	142
5.4.2.5.	Libro de órdenes.....	143
5.4.2.6.	Variaciones y planos de detalle	144
5.4.3	Condiciones del Contratista.....	144
5.4.3.1.	Verificación de los documentos del proyecto	145
5.4.3.2.	Plan de seguridad e higiene	146
5.4.3.3.	Limpieza de las obras	146
5.4.3.4.	Representación del contratista.....	146
5.4.3.5.	Trabajos no estipulados expresamente	146
5.4.3.6.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto	147
5.4.4	Condiciones económicas	147
5.5.	Condiciones técnicas.....	148
5.5.1	Sistemas generadores fotovoltaicos.....	148
5.5.2	Estructura soporte	149
5.5.3	Inversores.....	150
5.5.4	Conductores	152
5.5.5	Armarios de distribución, protección y seccionamiento.....	153
5.5.6	Conexión a red.....	153
5.5.7	Protecciones.....	153
5.5.8	Puesta a tierra.....	153
	Conclusions.....	154



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

MEMORIA

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: MEMORIA

1.1. Objeto	10
1.2. Alcance	10
1.3. Antecedentes.....	11
1.4. Normas y referencias	11
1.4.1 Disposiciones legales, normas consultadas o aplicadas.....	11
1.4.2 Softwares utilizados.....	13
1.4.3 Bibliografía.....	14
1.5. Definiciones.....	15
1.6. Requisitos de diseño	17
1.6.1 Situación y emplazamiento.....	17
1.7. Análisis de soluciones	19
1.7.1 Cantidad de módulos fotovoltaicos a utilizar	20
1.7.2 Tipo de instalación.....	21
1.7.2.1 Comparación energética	22
1.7.2.2 Comparación económica	25
1.7.3 Orientación e inclinación.....	26
1.7.4 Consumo energético	26
1.7.5 Requisitos de diseño	27
1.8. Resultados finales.....	27
1.8.1 Ubicación de los módulos fotovoltaicos.....	28
1.8.2 Módulos fotovoltaicos	29
1.8.2.1 Tamaño de la instalación	30
1.8.3 Estructura de soporte para los módulos	31
1.8.4 Inversor.....	32
1.8.5 Baterías	33
1.8.6 Cableado	34
1.8.7 Tubos para la canalización	35
1.8.8 Protecciones.....	36
1.8.8.1 Protecciones en corriente continua	36
1.8.8.2 Protecciones en corriente alterna	36
1.8.8.3 Puesta a tierra.....	37
1.8.9 Conexión a red.....	37
1.9. Presupuesto.....	38
1.10. Orden de prioridad entre los documentos.....	38

1.1. Objeto

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es el de estudiar las necesidades energéticas de una urbanización situada en la zona de Barranco Hondo (Candelaria), para proyectar una instalación de paneles fotovoltaicos conectados a red que permita abastecerla. El objetivo principal es el de investigar y proponer una solución eficiente que permita abastecer las viviendas de una forma respetuosa con el medio ambiente, no ignorando el aspecto económico del proyecto. Para ello se plantean distintas opciones de abastecimiento que serán estudiadas más adelante en el documento.

Teniendo presente el objetivo final, a continuación, se establecen las actividades realizadas en este documento y necesarias para el estudio mencionado:

- Recopilación de información sobre la urbanización y su consumo energético actual
- Cálculo de las necesidades energéticas de las viviendas.
- Estudio de la ubicación y diseño de la instalación fotovoltaica
- Estudio del presupuesto de ejecución material.
- Presentación del apoyo gráfico (tablas y planos) para hacer posible la ejecución de este proyecto.

Con estas actividades se espera cumplir de manera óptima con el desarrollo del proyecto, mediante el estudio exhaustivo del mismo.

1.2. Alcance

A continuación, se establece la magnitud del proyecto en función de los límites a los que se acogen las actividades planteadas.

El alcance del proyecto abarca el estudio y diseño de la instalación fotovoltaica que permita suministrar las necesidades energéticas que se estudien, planteando la opción con que mayor proyección a futuro presente.

Toda actividad externa a lo mencionado queda fuera de este proyecto, tales como la obra civil para excavaciones, zanjas, albañilerías, etc. De igual manera, no se realizará un análisis económico de la rentabilidad de la instalación en el tiempo. Sin embargo, las decisiones tomadas en el documento se respaldarán con comentarios acerca de aspectos económicos.

1.3. Antecedentes

Las energías renovables representan una necesidad para el desarrollo sostenible de la actividad humana. En la actualidad, la implementación de estas se está comenzando a incluir en las normativas de cada país, por los beneficios a futuro en relación con el cuidado del planeta, los beneficios económicos que genera, y los de salud de sus habitantes.

La implementación de estos sistemas, a nivel usuario, hace que la dependencia de combustibles fósiles sea cada vez menor. Teniendo en cuenta las recientes subidas de precios de estos por la situación sociopolítica del planeta, el elevado coste inicial que supone para un particular el cambio a un sistema de generación de energías renovables puede amortizarse en un periodo de entre 5 a 10 años.

El presente TFG estudia la posibilidad de implementar la producción de energías renovables para suministrar las necesidades energéticas de una.

La urbanización objeto de estudio está situada en una posición que le permite recibir radiación solar sin sombras durante prácticamente todo el día, por lo que la utilización de paneles solares se plantea como una opción en la evolución de esta a una edificación que trabaje con energías limpias.

Se plantea conectar el sistema fotovoltaico a red a la misma vez que se hace uso de almacenamiento del excedente energético producido, con el fin de depender lo mínimo de la red eléctrica, además de reducir los costes de la factura de la luz lo máximo posible y así reduciendo el tiempo de amortización de la instalación.

1.4. Normas y referencias

1.4.1 Disposiciones legales, normas consultadas o aplicadas.

- *Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico*, B.O.E. núm. 285 publicado el 28/11/1997.
- *UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema*, AENOR.
- *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior*, Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre, B.O.E. nº 279 publicado el 19/11/2008.

- *Documento Básico de Ahorro de Energía sección 3 (DB HE-3), Código Técnico de la Edificación (CTE), 2022.*
- *Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, B.O.E. nº 148 publicado el 21/06/2001.*
- *Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, B.O.E. nº 310 publicado el 27/12/2000.*
- *Orden de 16 de abril de 2010, por la que se aprueban las Normas Particulares para las Instalaciones de enlace de la empresa Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Canarias, B.O.C. nº 081 publicado el 27/14/2010.*
- *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, establecidos por el IDAE (PCT – C – REV– Julio 2011).*
- *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, B.O.E. nº 83, publicado el 06/04/2019.*
- *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, B.O.E. nº 224 publicado el 18/09/2002.*
- *ITC- BT 18, Instalaciones de Puesta a Tierra.*
- *ITC-BT-19, Instalaciones interiores o receptoras.*
- *ITC-BT-21, Tubos y canales protectoras.*
- *ITC-BT-22, Protección contra sobreintensidades.*
- *ITC-BT-23, Protección contra sobretensiones.*
- *ITC- BT 24, Protección Contra los Contactos Directos e indirectos.*
- *ITC- BT 40, Instalaciones Generadoras de BT.*
- *Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, B.O.E. nº 256 publicado el 25/10/1997.*
- *UNE 157001: Criterios generales para la elaboración de proyectos, AENOR.*
- *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, B.O.E. nº 269 publicado el 10/11/1995.*
- *UNE 21123-1: Cables con aislamiento, AENOR.*

- UNE 60228: *Conductores de cables aislados*, AENOR.
- *Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia*, B.O.E. nº 295, publicado el 18/12/2011.

1.4.2 Softwares utilizados

Durante el desarrollo de este trabajo se han utilizado distintos softwares:

- SunnyDesign: Programa de cálculo y diseño de instalaciones solares fotovoltaicas. Permite dimensionar y optimizar la instalación de paneles solares, teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica, inclinación, orientación y sombreado, obteniendo resultados que permiten evaluar la viabilidad de la instalación.
- AutoCAD 2023: Software de diseño asistido por ordenador que permite generar planos, diagramas y representaciones gráficas precisas, facilitando tanto el diseño como la generación de documentación para proyectos.
- Microsoft Office Word 2021: Procesador de textos para la creación y edición de documentos.
- Microsoft Office Excel 2021: Aplicación de hoja de cálculo que facilita la manipulación, análisis y visualización de datos.
- Grafcan: Herramienta cartográfica utilizada en las Islas Canarias, España. Proporciona información geoespacial detallada y actualizada sobre el territorio, incluyendo mapas, imágenes aéreas y datos geográficos.
- Arquímedes (CYPE): Software de presupuestos y control de obra desarrollado por CYPE. Se utiliza en el ámbito de la construcción y permite elaborar presupuestos detallados, realizar mediciones y llevar un control exhaustivo de los costos en proyectos de construcción.
- Photoshop: Software de edición de imagen.

1.4.3 Bibliografía.

- [1] Endef: Tipos de instalaciones solares fotovoltaicas: ¿Cómo encontrar mi instalación ideal? <<https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas-como-encontrar-la-ideal-para-mi/>> (Octubre 2022).
- [2] Solar Panel Tilt by Charles Landau: Optimum Tilt of Solar Panels, <<https://www.solarpaneltilt.com/>> (Octubre 2022).
- [3] Sunfields Europe: Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia y HSP <<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/#Orientacion-de-placas-solares-Irradiancia-ensuperficies-inclinadas>> (Octubre 2022).
- [4] Sunny Design web: Planificación para plantas fotovoltaicas y sistemas energéticos integrales <<https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/>> (Noviembre 2022).
- [5] Grafcan: Visor web <<https://visor.grafcan.es/visorweb/>> (Marzo 2023).
- [6] OlaSolar: Panel solar JA Solar JAM72S20-144 Half Cell 450 Wp <<https://www.olasolar.com/paneles-solares/ja-solar-jam72s20-144-half-cell-450-wp.html>> (Abril 2023).
- [7] Autosolar: Estructura Horizontal Tejas 2 Paneles Solares con varilla 01H <<https://autosolar.es/estructuras-cubierta-teja/estructura-horizontal-tejas-2-paneles-solares-con-varilla-01h>> (Mayo 2023).
- [8] Autosolar: Inversor Huawei SUN2000 5KTL L1 <<https://autosolar.es/inversores-hibridos/inversor-huawei-sun2000-5ktl-l1-5000w>> (Mayo 2023).
- [9] Teknosolar: Batería Huawei LUNA2000-5-S0 <<https://www.teknosolar.com/bateria-de-litio-huawei-luna2000-5-s0-5kwh>> (Abril 2023).
- [10] Prysmiangroup: Cable Prysmian PRYSOLAR H1Z2Z2-K <<https://es.prysmiangroup.com/centro-de-productos/construction-and-infrastructures/Prysmian-Prysolar-1-5-1-5-kVdc-H1Z2Z2-K-Eca/>> (Abril 2023).
- [11] Dielca: Tubo flexible Forroplast <<https://www.dielca.com/producto-detalle/511162>> (Mayo 2023).
- [12] GrupoElektra: Aparamenta de protección de BT <<https://www.clientes.grupoelektra.es/catalogo/marcas/SEI/120100/>> (Mayo 2023).

- [13] Atersashop: Cómo orientar los paneles solares, <<https://atersa.shop/como-orientar-paneles-solares/>> (Octubre 2022).
- [14] MPPT Solar: Orientación e inclinación de los Paneles, <<https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>> (Octubre 2022).
- [15] Atersa.shop: Cómo elegir un inversor para paneles solares <<https://atersa.shop/como-elegir-un-inversor-para-paneles-solares/>> (Octubre 2022).
- [16] AgroCabildo Cabildo de Tenerife: Mediciones de la estación meteorológica de Araya, <<https://www.agrocabildo.org/tablas/araya20-21.html>> (Octubre 2022).
- [17] J. M. Fernández Salgado, *Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica (adaptado al Código Técnico de la Edificación y al nuevo RITE)*, Edición 20. Madrid: A. Madrid Vicente; Mundi-Prensa, 2010. (Abril 2023).
- [18] Clean Energy Solar: Factor de corrección K para superficies inclinadas, <<https://renovablesconsaburum.files.wordpress.com/2015/12/tablas-factor-correccion-k.pdf>> (Octubre 2022).
- [19] Energema: Cálculo de la Hora Solar Pico (HSP), <<https://www.grupoelektra.es/blog/wp-content/uploads/2014/10/como-somos-los-delektra-que-son-las-HSP.pdf>> (Octubre 2022).

1.5. Definiciones

Instalaciones conectadas a red eléctrica (Autoconsumo)

Es el tipo de instalaciones que se mantienen conectadas a la red eléctrica, pudiendo obtener energía de esta en los momentos en los que no sea posible obtenerla de la generada por la instalación fotovoltaica.

Dentro de este tipo de instalaciones se presentan varias variantes que dependen de lo que se haga con la energía generada que no se utilice.

Autoconsumo con excedentes (acogido a compensación)

Con este sistema, se rentabilizan los excedentes energéticos de la instalación inyectándolos a la red eléctrica y recibiendo a cambio una compensación que puede ser de tres formas diferentes dependiendo de la legislación vigente del país en el que se encuentre:

- Balance neto: Por cada kWh inyectado a la red, el prosumidor tiene derecho a consumir, sin coste adicional, un kWh de la red en el momento que lo necesite.
- Venta a red: Se recibe un beneficio económico por cada kWh inyectado a la red.
- La tarifa neta (compensación): Cada kWh vertido a la red aporta al prosumidor una reducción en su factura eléctrica, nunca pudiendo llegar a valores positivos.

Esta opción de compensación es la vigente en España a través del RD 244/2019.

Autoconsumo con acumulación en baterías

Mediante este sistema, el excedente de energía generada en la instalación se acumula en baterías, lo que permite su consumo en las horas en las que no sea posible la generación de energía, pudiendo en caso de que siga sobrando energía, esta se inyecte a red con la variante correspondiente a la legislación del país, y en el caso de que aparezca un punto de consumo superior de energía, es posible el consumo de la energía que proporciona la red, ya que se está conectado.

La principal ventaja es la versatilidad a nivel energético que proporciona este sistema, pero esto conlleva una gran inversión inicial debido al elevado coste de los dispositivos que lo permiten, como la batería y el regulador en el caso en el que sea necesario. Cuanto más independiente se quiera ser, más elevado el precio ya que se requerirán baterías de mayor capacidad que pueden suponer precios que imposibiliten la rentabilidad de la instalación o la permitan a muy largo plazo, por lo que hay que tener en cuenta el tiempo de vida de los dispositivos que se usen.

Autoconsumo sin excedentes

La característica distintiva de este sistema es que no existe la inyección a red eléctrica, pero puede tomar energía de ella en caso de que fuera necesario. Para llevarlas a cabo es necesario el uso de un mecanismo que comunica con el inversor para que no se produzca más energía de la consumida y evitar que ésta pase a la red. Dependiendo de la legislación del país, esta instalación puede o no ser necesaria, en caso de que no se permita la inyección a red.

Instalaciones desconectadas de la red eléctrica

Instalación fotovoltaica aislada

Instalaciones que no se encuentran conectadas a la red eléctrica, por lo que toda la energía generada se debe consumir en el mismo punto en el que se encuentre la instalación fotovoltaica, evitando depender de la red.

Este tipo de instalaciones requiere tanto de un inversor como de un dispositivo de almacenamiento que permita adquirir energía en los momentos en los que esta no esté siendo generada. Para evitar problemas futuros, la capacidad de las baterías se recomienda, dependiendo de la situación en la que se encuentre, estimada a mínimo tres días.

Esta opción está pensada para instalaciones situadas en lugares que lo requieran debido a que estén aislados de la red eléctrica, y por las cualidades de esta no permiten el mismo grado de rentabilidad que las conectadas a red.

Cuota autárquica

Es el cociente entre la energía autoconsumida y la energía total demandada por el consumidor.

1.6. Requisitos de diseño

1.6.1 Situación y emplazamiento

El emplazamiento de la instalación se lleva a cabo en la Urbanización Magnolia (Referencia catastral 8121123CS6482S), ubicada en la calle Hoya Molino número 18, en la zona de Barranco Hondo, Candelaria, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.



Imagen 1.1: Ortofoto de la zona de intervención [5].

Las cubiertas de las 8 viviendas serán utilizadas como ubicación principal para la instalación de los paneles solares, ya que ofrecen un espacio adecuado y óptimo para llevar a cabo la implementación del sistema fotovoltaico. Esto permitirá aprovechar de manera eficiente la superficie disponible y maximizar la captación de energía solar, además de minimizar el impacto visual optimizar el aprovechamiento del espacio en la urbanización. En la imagen a continuación se muestra la numeración de las distintas viviendas, para referirse a ellas más adelante en el documento.



Imagen 1.2: Ortofoto de la parcela del proyecto [5].

Posteriormente, en los anexos se estudiará con mayor profundidad las características que la ubicación, las cubiertas, y demás factores característicos del lugar, ofrecen.

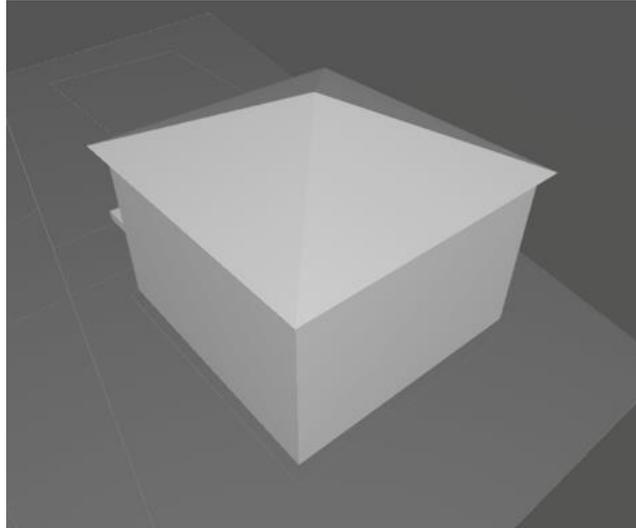


Imagen 1.3: Modelo de vivienda estándar (Fuente propia)

La urbanización a tratar posee 8 viviendas con orientaciones ligeramente similares. Esta característica se estudia más adelante en el documento. En todo caso, la instalación se llevará a cabo en una cubierta a cuatro aguas, con las caras sur y este siendo las más adecuadas para la colocación de los paneles fotovoltaicos. Estas orientaciones reciben la mayor cantidad de radiación solar a lo largo del día, optimizando así la producción de energía solar.

1.7. Análisis de soluciones

En el análisis de soluciones se evaluarán las distintas alternativas para realizar el proyecto, considerando ventajas y desventajas, y justificando cada una de ellas. Para ello se examinan aspectos técnicos, económicos y ambientales, entre otros.

1.7.1 Cantidad de módulos fotovoltaicos a utilizar

Teniendo en cuenta que se va a utilizar la cubierta para colocar los módulos, la elección de qué caras se van a utilizar de las cuatro disponibles (norte, sur, este y oeste) debe realizarse en función del rendimiento de los paneles en cada cara, y de la cantidad de paneles que se pueden colocar en cada uno. La orientación, tal y como se observa en el punto 7.3 de este apartado y en el anexo de cálculos, influye directamente con el rendimiento de la instalación.

Siguiendo la figura 3 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red de IDAE, es posible hacer una rápida estimación de las pérdidas por orientación e inclinación para cada cara de la cubierta. Como ejemplo se toman las orientaciones de la vivienda 4, pero como se comprueba más adelante en los anexos, las distintas viviendas, a pesar de no estar orientadas de la misma forma, presentan porcentajes de pérdidas similares.

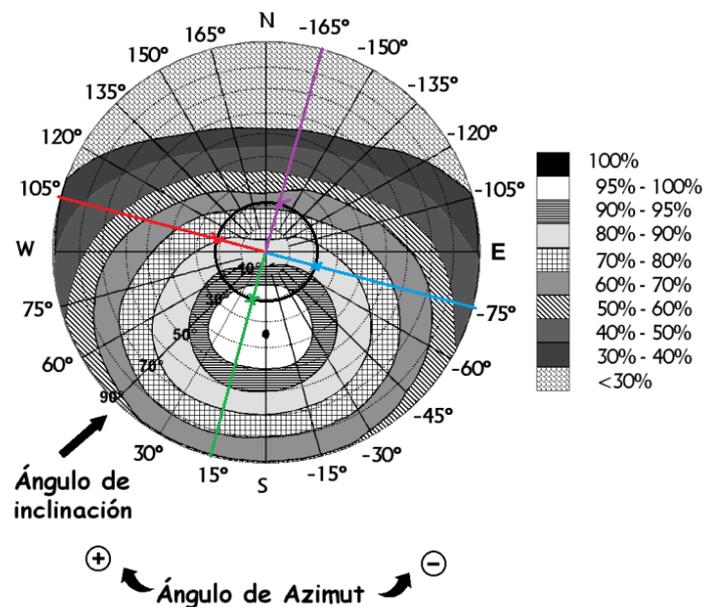


Imagen 1.4: Diagrama para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación según IDAE.

Como resultado, se obtiene (en orden) pérdidas mayores para las líneas violeta (cara norte), roja (cara oeste), azul (cara este) y la que presenta menores pérdidas corresponde a la línea verde (cara sur).

Otro factor a tener en cuenta es el de que la cantidad de energía generada no debe ser excesiva. Una vez cubiertas las necesidades de consumo y almacenamiento en el caso de una instalación

conectada a la red, la energía comienza a ser vertida. Según el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril: <<En ningún caso, el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de la energía horaria consumida de la red en el periodo de facturación>>. Esto significa que el tener una instalación de mayor dimensión no implica un mayor beneficio.

Para concluir, a mayor sea la instalación fotovoltaica, mayor el incremento en su coste, lo que puede aumentar el tiempo de amortización.

1.7.2 Tipo de instalación

Con el conocimiento de qué clases de instalaciones existen tal como se vio en el apartado 5 de esta memoria, se puede comenzar a plantear la opción óptima para este proyecto.

Teniendo en cuenta su ubicación, se puede observar cómo no es necesario el planteamiento de una instalación desconectada de la red, permitiendo la conexión para ahorrar costes de instalación y poder hacer uso de la red en los casos que sea necesario, reduciendo costes.

Una vez elegida la modalidad de autoconsumo, se requiere plantear el tipo de este que se va a utilizar. Según el Real Decreto 244/2019, en España se puede escoger entre con y sin excedentes. Teniendo esas opciones, la mayor rentabilidad se obtendrá con la que nos permita obtener un beneficio económico de la energía sobrante de nuestra instalación, por lo que la opción elegida será la de autoconsumo con excedentes.

Finalmente, para esta modalidad se pueden plantear dos variantes, con y sin acumulación en baterías. El factor principal a tener en cuenta en esta elección es el de que la batería es normalmente el elemento de mayor costo en las instalaciones fotovoltaicas, por lo que puede suponer un problema a la hora de su implementación. Conociendo el avance tecnológico de estas, cada vez con un mayor tiempo de uso y a precios cada vez más económicos, se plantea mediante el software de SunnyDesign, para una vivienda tipo de esta urbanización, la instalación con y sin baterías [1].

Las características para esta comparación van a ser las mismas en cuanto a la vivienda en la que se va a realizar, la cantidad de paneles, situación de estos, orientación, el tipo de inversor, y por ende generación de energía. Para la comparación se utilizará el mayor número de paneles que permitan colocar las dos caras de la cubierta que ofrezcan un mayor rendimiento energético, en este caso, la cara sur y la este con 6 paneles cada una.

También los costes de consumo eléctrico serán los mismos. Para esto último hay que tener en cuenta que los valores de coste de consumo eléctrico con los que se hace este pequeño estudio, que no deja de ser una estimación, y que son de 0,28€/kWh con una inflación eléctrica anual del 3%, son valores aproximados. La batería tendrá una capacidad de 5kWh. Además, hay que considerar las subvenciones a las que se puede optar a la hora de realizar una instalación fotovoltaica, y que permiten reducir considerablemente la factura de esta. Como último punto antes de proceder a la comparación, se ha de tener en cuenta el coste añadido que supone una batería, que no viene incluido en los cálculos de SunnyDesign.

1.7.2.1 Comparación energética

El primer análisis que se lleva a cabo es la comparación en cuanto a resultados energéticos. Para ello se ha supuesto un sistema de dos strings de seis paneles cada uno, con una potencia pico de 5400 W. Los paneles están situados coplanares a la cubierta teniendo la orientación que presente esta, en este caso un acimut de 15° y de -75°, y unas inclinaciones de 22° y 24°, respectivamente.

En el caso de no utilizar sistema de baterías, anualmente se obtiene una cuota autárquica del 45,5%, y una cuota de autoconsumo del 15,2%. A continuación, en la figura 1.5 y en la tabla 1.1 se puede observar la distribución de la energía para la vivienda.

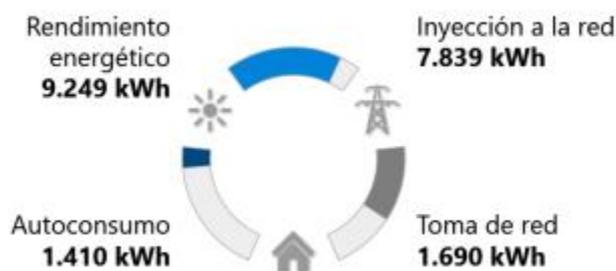


Imagen 1.5: Distribución de la energía sin batería [4].

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
Enero	588 (6,4 %)	108	480	165
Febrero	578 (6,2 %)	95	483	150
Marzo	747 (8,1 %)	130	617	142
Abril	848 (9,2 %)	134	714	136
Mayo	955 (10,3 %)	146	809	141
Junio	947 (10,2 %)	140	807	129
Julio	993 (10,7 %)	139	854	129
Agosto	929 (10,0 %)	51	878	44
Septiembre	798 (8,6 %)	124	674	149
Octubre	724 (7,8 %)	120	605	170
Noviembre	606 (6,6 %)	110	496	169
Diciembre	535 (5,8 %)	112	423	165

Tabla 1.1: Distribución de la energía sin batería [4].

En este caso, los valores de energía tomada de la red ascienden a 1690 kWh, los de inyección a red a 7839 kWh, y los de autoconsumo a 1410 kWh.

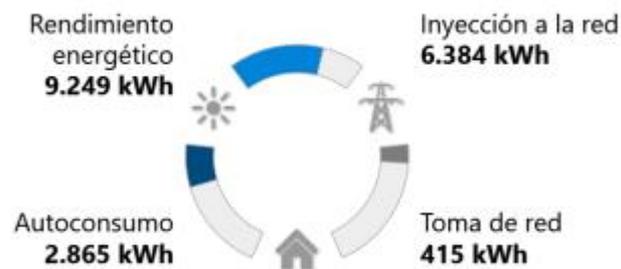


Imagen 1.6: Distribución de la energía con batería [4].

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
Enero	588 (6,4 %)	242	346	45
Febrero	578 (6,2 %)	214	364	47
Marzo	747 (8,1 %)	259	489	30
Abril	848 (9,2 %)	257	591	28
Mayo	955 (10,3 %)	275	680	28
Junio	947 (10,2 %)	262	685	22
Julio	993 (10,7 %)	261	732	24
Agosto	929 (10,0 %)	94	835	5
Septiembre	798 (8,6 %)	255	543	34
Octubre	724 (7,8 %)	258	467	52
Noviembre	606 (6,6 %)	236	371	57
Diciembre	535 (5,8 %)	253	283	43

Tabla 1.2: Distribución de la energía con batería [4].

En la situación de uso de batería, los valores cambian drásticamente. La toma de red baja hasta los 415 kWh, siendo menos de un tercio del valor sin batería. La inyección a red, por consiguiente, se reduce hasta los 6384 kWh. Por último, como puede verse en la tabla 1.2 y en la imagen 1.6, el valor del autoconsumo se sitúa prácticamente en el doble, llegando hasta los 2865 kWh.

Para justificar la elección entre estas dos instalaciones, analizando los valores obtenidos en la simulación:

- Autoconsumo: El valor en la instalación con batería considerablemente mayor, aprovechando casi el doble la generación fotovoltaica.
- Inyección a red: La instalación con batería inyecta menos energía generada a red. Teniendo en cuenta que en la actualidad, las tarifas de pago por la energía vertida a red son bajas en comparación con el coste de la que se usa de red, tener una inyección menor para luego tener un mayor autoconsumo es la opción más rentable.

- Toma de red: Por lo explicado en el punto anterior, una mayor toma de red conlleva mayores costes a largo plazo, y la función principal de la instalación fotovoltaica que es la de depender lo mínimo posible de la red eléctrica al menor coste se vería perjudicada en la opción sin baterías.

A nivel energético, la opción más viable es la del autoconsumo con baterías.

1.7.2.2 Comparación económica

SunnyDesign proporciona un estudio económico que puede actuar de estimación para la instalación fotovoltaica.

Costes de la energía ahorrados en el primer año	395 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	16.847 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	10.530 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	14.844 EUR
Tiempo de amortización estimado	5,5 años
Rentabilidad anual (TIR)	17,70%
Inversión total	6.077,50 EUR

Tabla 1.3: Estimación económica sin batería [4].

Costes de la energía ahorrados en el primer año	752 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	23.399 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	19.929 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	11.997 EUR
Tiempo de amortización estimado	4,6 años
Rentabilidad anual (TIR)	22,20%
Inversión total (sin batería)	6.077,50 EUR

Tabla 1.4: Estimación económica con batería [4].

Los valores obtenidos para las distintas configuraciones demuestran un claro vencedor en la comparación realizada. La rentabilidad a largo plazo de la opción con batería es un factor determinante a la hora de la elección del sistema. Incluso añadiéndole el precio de la batería, el

costo de la instalación con batería presenta los mejores valores. Además, habría que considerar la independencia de la red que te proporciona este sistema y el avance constante de los precios que no se ve reflejado en este estudio.

1.7.3 Orientación e inclinación

Cuando se habla de un mayor rendimiento de los paneles fotovoltaicos, uno de los factores principales a tener en cuenta es el de la inclinación y orientación de estos. Debido a que los paneles requieren de la irradiación solar para la generación de la carga eléctrica, a mayor sea la cantidad recibida dentro de los límites de la célula fotovoltaica, mayor será la producción. Por lo tanto, la colocación de la placa en la que reciba una mayor radiación durante más tiempo será la que optimice el resultado [2] [3].

Para el correcto cálculo de la posición óptima, se trabajará con dos parámetros:

- Ángulo de orientación (azimut) (α): Es el ángulo que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol, hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando la orientación sur como $\alpha = 0^\circ$, negativo hacia el noreste y positivo hacia el noroeste.
- Ángulo de inclinación (β): Es el ángulo entre el plano horizontal y la superficie de los módulos. El valor 0° , por ende, será el de los módulos en horizontal, y el valor 90° será el de los módulos en vertical.

En este proyecto, tras realizar los cálculos correspondientes que se encuentran en el Anexo de Cálculos, se ha llegado a la conclusión de que los ángulos adecuados para una óptima colocación de los paneles son:

Ángulo de orientación (α)	0°
Ángulo de inclinación (β)	25°

Tabla 1.5: Ángulos de orientación e inclinación.

1.7.4 Consumo energético

El consumo energético desempeña un papel fundamental en la instalación fotovoltaica, ya que determina tanto la capacidad requerida de generación como la eficiencia y rentabilidad del sistema.

En el caso del presente proyecto, se estudiaron distintos perfiles de consumo para cada vivienda.

Vivienda	Perfil de carga	Consumo anual (kWh)
1	2 adultos, 1 hijo	3600
2	3 adultos	4000
3	2 adultos, 2 hijos	4400
4	2 adultos	3100
5	2 adultos	3600
6	2 adultos	3600
7	2 adultos, 2 hijos	4400
8	2 adultos	3600

Tabla 1.6: Consumo de las viviendas según los distintos perfiles de carga [4].

1.7.5 Requisitos de diseño

El proyecto de este TFG debe cumplir el requisito de que sea posible su correcta implementación en el emplazamiento a tratar.

Se ha fijado como punto de partida el estudio de la solución óptima, teniendo en cuenta las características materiales de la urbanización, en función tanto de diseño como económica, de instalación de un sistema de generación de energía mediante paneles fotovoltaicos que permita abastecer total o parcialmente las necesidades energéticas de esta.

En relación con el tipo de instalación eléctrica, aislada o conectada a red, y demás ámbitos a tratar, la solución queda a elección del proyectista.

1.8. Resultados finales

Con la intención de proyectar la instalación de la manera más eficiente posible, se han analizado las mejores soluciones desde un punto de vista técnico y económico.

Siguiendo con los resultados obtenidos en el Anexo de Cálculos y lo expuesto en puntos anteriores de esta memoria, el resultado escogido es el de una instalación fotovoltaica con acumulación del excedente energético e inyección a red.

En cuanto a los elementos que conforman la instalación, se expondrán en los puntos siguientes.

1.8.1 Ubicación de los módulos fotovoltaicos

Tal y como se expresó en puntos anteriores, por un menor impacto visual, evitar la pérdida de espacio útil en las viviendas, y para evitar sombras que puedan llegar a afectar al rendimiento de la instalación, esta se va a realizar en la cubierta de las viviendas. De las cuatro caras de la cubierta, se va a utilizar para un rendimiento mayor las caras sur y este, siendo estas las más próximas al ángulo de orientación 0°. El resto de caras presenta pérdidas mayores.

Los módulos fotovoltaicos se situarán coplanares a la cubierta. Las condiciones de esta por sus dimensiones plantean una inclinación y orientación distintas a las óptimas en esa localización, esto significa una pérdida de rendimiento que será estudiado en el Anexo de Cálculos.

Los valores de orientación e inclinación con los que se plantea trabajar son:

		Ángulo (°)	
		Azimut	Inclinación
Vivienda 1	Sur	6	22
	Este	-84	24
Vivienda 2	Sur	14	22
	Este	-76	24
Vivienda 3	Sur	14	22
	Este	-76	24
Vivienda 4	Sur	15	22
	Este	-75	24
Vivienda 5	Sur	17	22
	Este	-73	24
Vivienda 6	Sur	15	22
	Este	-75	24
Vivienda 7	Sur	26	22
	Este	-64	24
Vivienda 8	Sur	21	22
	Este	-69	24

Tabla 1.7: Ángulos de inclinación y orientación para las viviendas.

La superficie disponible para la colocación en cada cara es de 25,99 m² y 26,34 m², teniendo en cuenta una altura de la cubierta de 2m. A continuación, se muestra una ilustración de las dimensiones de la cubierta en planta:

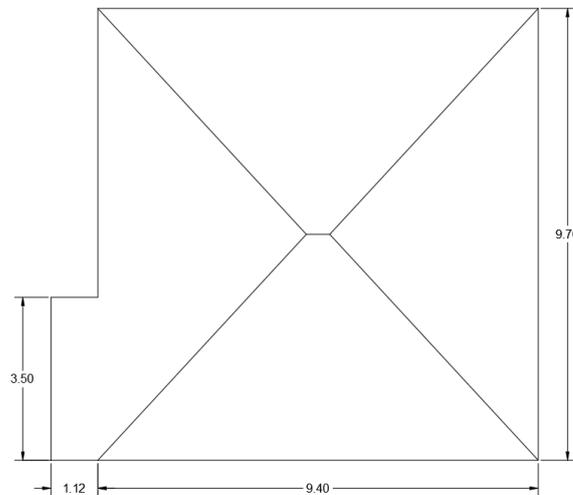


Imagen 1.7: Dimensiones de la cubierta en planta (Fuente propia).

Para evitar mayores pérdidas por la orientación y no realizar una instalación fotovoltaica excesivamente grande, el planteamiento de esta se realiza con el máximo de paneles que puedan ser situados en las dos caras de la cubierta mencionadas anteriormente.

1.8.2 Módulos fotovoltaicos

Para su elección, se han tenido en cuenta las características principales de estos, tanto de la calidad del producto, como de la compatibilidad con el resto de la instalación.

El módulo elegido es el Panel Solar JAM72S20-450/MR de la marca JA Solar de 144 medias células. Con unas dimensiones de dimensiones: 2120 x 1052 x 40 mm, este panel ofrece 450 W de potencia pico además de una alta eficiencia de conversión de energía solar. La empresa fue elegida por su alta fiabilidad y buenas referencias entre los consumidores, además por su relación calidad-precio. Estos paneles tienen una garantía de producto de 12 años lo que aporta un alto grado de fiabilidad en la instalación.



Imagen 1.8: Módulo JAM72S20-450/MR [6].

Potencia Máxima (Pmax) (W)	450
Tensión de Circuito Abierto (Voc) (V)	49,70
Tensión Máxima Potencia (Vmp) (V)	41,52
Corriente en Cortocircuito (Isc) (A)	11,36
Corriente Máxima Potencia (Imp) (A)	10,84
Eficiencia (%)	20,20

Tabla 1.8: Características eléctricas JAM72S20-450/MR.

1.8.2.1 Tamaño de la instalación

En cuanto al número de módulos a emplear, se plantea una instalación de características comunes para las 8 viviendas.

Con el fin de lograr una mayor armonía visual en la urbanización, cada cara de la cubierta que se utilice se va a utilizar en su totalidad. En la cubierta a tratar y con el módulo fotovoltaico escogido, el número máximo de módulos que se pueden colocar por cara es de 6, ofreciendo un total de 2700 Wp de potencia por cara. Para obtener una producción mayor que la que puede

ofrecer un solo cara, aprovechar el mayor número de horas de sol a máximo rendimiento aprovechando las horas de la mañana, y evitar exceder el costo de la instalación, se decide el uso de las dos caras con menor porcentaje de pérdidas por orientación e inclinación, que son la cara sur y la este, para una potencia de 5400 Wp.

La separación entre estos paneles será, teniendo en cuenta la estructura en la que se sostienen, de dos cm para la colocación en horizontal, y 8,5 cm para la vertical.

1.8.3 Estructura de soporte para los módulos

La elección de estructura debe cumplir que sea coplanar, resistente, y apta para cubierta con teja. Con estas condiciones, se ha decidido el uso de la Estructura Horizontal Tejas 1, 2 y 3 Paneles Solares con varilla 01H.

Esta estructura para módulos colocados en horizontal, permite situar los paneles solares en la posición correcta de inclinación y orientación, sin necesidad de desmontar la cubierta existente. Viene equipada con una varilla roscada metálica que se ancla al tejado, ya sea a la loseta de hormigón o a las vigas de madera, proporcionando una sujeción segura.



Imagen 1.9: Estructura Horizontal Tejas 1, 2 y 3 Paneles Solares con varilla 01H [7].

1.8.4 Inversor

El inversor solar es el encargado de transformar en corriente alterna la corriente continua procedente del generador fotovoltaico. Esto es de gran importancia porque la mayoría de viviendas usan electricidad en corriente alterna, no continua.

La instalación generará una potencia de 5400W, por lo que se requiere un inversor con una capacidad similar. Entre las distintas opciones disponibles, se ha elegido el Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 de 5000W como la opción más adecuada.

Este inversor híbrido cumple con las necesidades específicas de la instalación, que incluye tanto la conexión a la red eléctrica como el uso de baterías. Además, su capacidad de potencia de 5000W es adecuada para la generación de energía de la instalación, asegurando un rendimiento óptimo. La marca Huawei es además reconocida por su experiencia y calidad en el sector de la energía solar, lo que proporciona confianza en la durabilidad y eficiencia del inversor a largo plazo.



Imagen 1.10: Inversor SUN2000-5KTL-L1 [8].

Potencia nominal activa de CA	5000 Wp
Rango de tensión de operación	90V - 560V
Máxima tensión de entrada	600 V
Intensidad máxima por MPPT	12,5 A
Cantidad de MPPT / entradas por MPPT	2 / 1
Eficiencia europea ponderada	97,8%
Dimensiones	365x365x156 mm
Peso	12 kg

Tabla 1.9: Características Inversor SUN2000-5KTL-L1 de Huawei.

1.8.5 Baterías

La batería será el dispositivo que almacene el excedente energético en esta instalación. La elección de la batería se fundamenta en factores como la energía útil requerida y la compatibilidad con el inversor. En el caso de esta instalación, el inversor escogido es compatible según el fabricante con la batería de litio Huawei LUNA2000-5-S0 de 5 kWh, que ofrece un controlador BMS, una garantía de 10 años y la capacidad de expansión hasta 30 kWh.



Imagen 1.11: Batería Huawei LUNA2000-5-S0 [9].

Módulos de batería	1
Energía útil de la batería (kWh)	5
Potencia nominal de descarga (kW)	2,5
Tensión nominal (V)	360
Rango de funcionamiento (V)	350-560

Tabla 1.10: Características de la batería Huawei LUNA2000-5-S0.

1.8.6 Cableado

Después de elegir los diferentes dispositivos de la instalación, es necesario calcular la sección de cable que conectará cada uno de ellos.

Las condiciones para su cálculo son dos según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión:

- No superar la intensidad máxima admisible
- No superar la caída de tensión máxima entre dos puntos

Además, según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE, los positivos y los negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente. Los conductores serán de cobre y tendrán la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %. El cable correspondiente deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni la posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas. Finalmente, el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para uso en intemperie, al aire o enterrado (UNE 21123).

Los resultados de los cálculos realizados para las secciones normalizadas, después de haber realizado el conjunto de cálculos correspondientes:

	Sección normalizada (mm ²)
String 1 - Inversor	6,00
String 2 - Inversor	6,00
Baterías - Inversor	4,00
Inversor – Cuadro Vivienda	4,00

Tabla 1.11: Secciones normalizadas para la instalación.

El cableado escogido será el cable solar Prysmian PRYSOLAR con máxima resistencia al agua (AD8 y WET-I 1500) para instalaciones fotovoltaicas (30 años) y clase CPR Eca H1Z2Z2-K de la sección correspondiente. Este está diseñado y certificado expresamente para este tipo de instalaciones, cumpliendo todas las normativas que garantizan su seguridad en este tipo de aplicaciones.



Imagen 1.12: Cable Prysmian PRYSOLAR H1Z2Z2-K [10].

1.8.7 Tubos para la canalización

El método de instalación escogido (B1) requiere el uso de tubos para cubrir los conductores. El tubo escogido será de PVC corrugado flexible Forroplast. Haciendo uso de la tabla 5 del ITC-BT-21 se obtiene un diámetro de 16 mm para toda la instalación.



Imagen 1.13: Tubo flexible Forroplast [11].

1.8.8 Protecciones

Las protecciones permiten, en cualquier tipo de instalación eléctrica, evitar distintos tipos de accidentes que puedan sufrir tanto personas como equipos. El conjunto de las protecciones ha sido diseñado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en concreto:

- ITC-BT-22 Protección contra sobreintensidades.
- ITC-BT-23 Protección contra sobretensiones.
- ITC-BT-24 Protección contra los contactos directos e indirectos.

1.8.8.1 Protecciones en corriente continua

A pesar de las medidas de protección que puedan poseer los distintos elementos de la instalación en la zona de corriente continua, se opta por la colocación de una caja de protecciones para continua en la que se situarán fusibles de 16 A para los dos strings que conectan los módulos fotovoltaicos con el inversor, y de una caja de protección con un fusible de 32 A para el tramo entre el inversor y la batería, como medida de protección para las sobrecargas y cortocircuitos.



Imagen 1.14: Base de fusible A9N15635 (Schneider Electric) [12].

1.8.8.2 Protecciones en corriente alterna

En la parte de corriente alterna, las protecciones serán situadas a la salida del inversor en una caja de protecciones de CA. Estas consistirán en un interruptor magnetotérmico de 32 A, un interruptor diferencial de sensibilidad 30 mA, y un limitador de sobretensiones.



Imagen 1.15: Interruptor automático magnetotérmico A9K17632 (Schneider Electric) [12].



Imagen 1.16: Interruptor automático diferencial Acti9 iD (Schneider Electric) [12].

1.8.8.3 Puesta a tierra

Se precisa una conexión a tierra tanto para la protección de las personas, como de los equipos de la instalación. En el caso de este proyecto, la instalación a tierra será la existente ya en la vivienda, siguiendo el ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, además del Artículo 15 del RD 1669/2011.

1.8.9 Conexión a red

Para la conexión entre la instalación fotovoltaica y la red, se empleará el contador bidireccional ya existente en las viviendas, tal y como especifica el RD 244/2019 para autoconsumo con excedentes. Este dispositivo permite el cálculo del consumo de la red, además de la energía vertida en ella.

1.9. Presupuesto

El valor del presupuesto de ejecución por contrata de los dos tipos de instalación realizada asciende a la cantidad de 9.963,31 euros para las viviendas en el lado par, y de 10.057,99 euros para las viviendas en el lado impar. El desarrollo del presupuesto junto con las mediciones correspondientes se encuentra en el apartado de “Mediciones y Presupuesto” de este proyecto.

1.10. Orden de prioridad entre los documentos

El orden de prioridad de los documentos presentados será, para la correcta ejecución del proyecto, el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

ANEXOS

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

ANEXO I

CÁLCULOS

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: ANEXO I - CÁLCULOS

2.1.1.	Objeto	42
2.1.2.	Cálculos	42
2.1.2.1.	Previsión de cargas.....	42
2.1.2.2.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica	43
2.1.2.2.1.	Posición y orientación.....	43
2.1.2.2.2.	Espacio disponible	45
2.1.2.2.3.	Paneles utilizados.....	45
2.1.2.3.	Cálculos eléctricos	46
2.1.2.3.1.	Elección del inversor	47
2.1.2.3.2.	Elección de la batería.....	50
2.1.2.3.3.	Selección del cableado.....	51
2.1.2.4.	Tubos para la canalización.....	57
2.1.2.5.	Protecciones de corriente continua	58
2.1.2.6.	Protecciones de corriente alterna	60
2.1.2.6.1.	Elección del interruptor automático diferencial	61
2.1.2.7.	Rendimiento energético de la instalación	63
2.1.2.7.1.	Performance ratio.....	63
2.1.2.7.2.	Pérdidas por inclinación y orientación	63
2.1.2.7.3.	Pérdidas por sombras	65
2.1.2.7.4.	Pérdidas por cableado	66
2.1.2.7.5.	Pérdidas del inversor.....	66
2.1.2.7.6.	Pérdidas por temperatura	66
2.1.2.7.7.	Otras pérdidas ^[17]	68
2.1.2.7.8.	Resultado del performance ratio.....	68
2.1.2.8.	Generación anual.....	70

2.1.1. Objeto

El presente anexo tiene como objetivo principal el diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica, la cual permitirá acumular el excedente de energía generado por el sistema.

La instalación fotovoltaica que se diseñará tendrá como objetivo aprovechar al máximo la superficie disponible en la cubierta donde se ubicará. Por tanto, se dimensionará para alcanzar la máxima capacidad de paneles solares que se puedan instalar en dicha superficie. De esta manera, se garantizará una producción óptima de energía solar y se maximizará la eficiencia del sistema.

La instalación fotovoltaica incluirá paneles solares, inversores, baterías de almacenamiento y un sistema de control y monitorización que permita gestionar el flujo de energía de forma eficiente. Los paneles solares se encargarán de capturar la energía solar y convertirla en energía eléctrica, la cual será procesada por el inversor para ser conectada a la red eléctrica o para ser almacenada en las baterías.

El sistema de almacenamiento de energía permitirá acumular el excedente de energía generado durante las horas de máxima producción y suministrarla durante los períodos de menor producción. De esta manera, se aprovechará al máximo la energía generada por los paneles solares y se reducirá la dependencia de la red eléctrica convencional.

2.1.2. Cálculos

2.1.2.1. Previsión de cargas

Se deben conocer las necesidades energéticas que tendrá el objeto de estudio, en este caso la urbanización de 8 viviendas objeto del presente TFG. En la siguiente tabla se muestran los consumos anuales teniendo en cuenta el perfil de carga que presentan.

Vivienda	Perfil de carga	Consumo anual (kWh)
1	2 adultos, 1 hijo	3600
2	3 adultos	4000
3	2 adultos, 2 hijos	4400
4	2 adultos	3100
5	2 adultos	3600
6	2 adultos	3600
7	2 adultos, 2 hijos	4400
8	2 adultos	3600

Tabla 2.1.1: Consumo de las viviendas según los distintos perfiles de carga [4].

2.1.2.2. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

Para el dimensionado de la instalación fotovoltaica se va a plantear el uso del máximo número de paneles posibles para así obtener la mayor cantidad de energía y poder utilizar un sistema de almacenamiento que, junto con la inyección a red, ofrezca una mayor rentabilidad.

Con este planteamiento, el factor determinante para realizarlo es conocer la superficie disponible para situar los paneles. Una vez conocido esto, se tiene que decidir el panel que se va a utilizar para plantear su colocación.

Dadas las características de la urbanización, la opción óptima en relación con la colocación de los paneles solares es la de colocarlos en las cubiertas de las viviendas. Esta colocación permite evitar las sombras innecesarias que puedan afectar al rendimiento de la instalación, además de la pérdida de espacio útil del terreno que conlleva su instalación en cualquier otra zona disponible. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la colocación en cubierta dificulta la instalación y el mantenimiento, siendo necesario utilizar equipo de seguridad para ello.

2.1.2.2.1. Posición y orientación

El cálculo de la inclinación y orientación va a repercutir directamente en el rendimiento de los paneles fotovoltaicos.

Debido al clima del emplazamiento, en las Islas Canarias, la instalación se encuentra en una posición estratégica en lo que a generación fotovoltaica se refiere, si se compara con el resto de territorio español o europeo. Aun así y considerando las ventajas de las que se disponen, la colocación de estos paneles no deja de ser importante.

Para el cálculo de estos valores, lo principal es conocer la latitud en la que se va a trabajar. En este caso, se trabaja en Tenerife, que se encuentra en la latitud 28.46824° .

Una vez conocido este dato, se va a seguir el proceso de cálculo, del artículo “*Optimum Tilt of Solar Panels*” de *Charles R. Landau*. La dirección de orientación del panel va a ser, al estar la instalación situada en el hemisferio norte, el sur geográfico del planeta ($\alpha = 0^\circ$). Como se dijo en el apartado anterior, los paneles serán colocados en las cubiertas de los edificios, siendo cubiertas a cuatro aguas orientadas ligeramente a cada uno de los puntos cardinales del sistema cartesiano. En el caso de ser necesario el uso de varias caras de esta, se utilizará como segunda opción el del este, que permite después del sur un mayor rendimiento. [13], [14], [2]



Imagen 2.1.1: Rendimiento por orientación en España [13].

Al haber considerado esto, se pasa a comprobar el ángulo de inclinación (β) del panel con el plano horizontal al que se encontrará. Cabe destacar que lo óptimo sería la colocación del panel en distinto ángulo dependiendo de la estación en la que se esté, pudiendo obtener rendimientos de hasta un 75,7% frente a un 71,1% que se obtienen con el panel fijo, pero como el rendimiento no varía tanto y además la recolocación requeriría de un trabajo extra a lo largo del tiempo, se va a considerar un módulo fijo, y no ajustable.

Como la latitud está entre 25° y 50°, el grado de inclinación del módulo será:

$$\beta = \text{Latitud} * 0,76 + 3,1^\circ$$

$$\beta = 28.46824^\circ * 0,76 + 3,1^\circ = 24,74^\circ \approx 25^\circ$$

Los resultados finales obtenidos son:

Ángulo de orientación (α)	0°
Ángulo de inclinación (β)	25°

Tabla 2.1.2: Ángulos óptimos de orientación e inclinación en el emplazamiento.

2.1.2.2.2. Espacio disponible

Como se colocarán en una o varias de las cuatro aguas disponibles, el área en la que se trabajará será el área de la cara correspondiente. A continuación, se muestra una ilustración de la cubierta, cotas en metros:

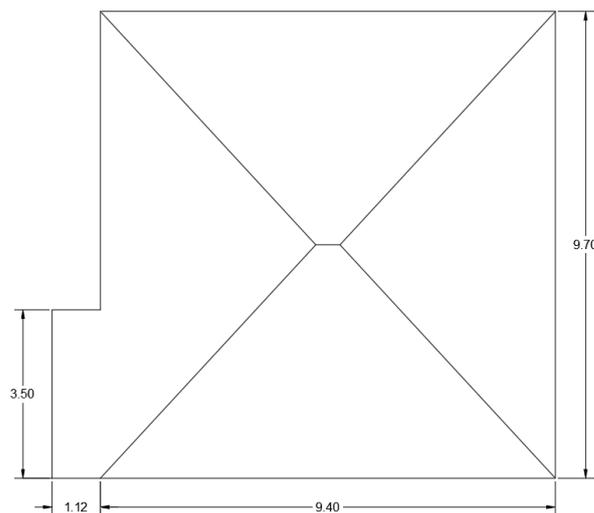


Imagen 2.1.2: Dimensiones de la cubierta (Fuente propia).

2.1.2.2.3. Paneles utilizados

La instalación se va a llevar a cabo con el panel JAM72S20-450/MR de la marca JA Solar. La elección este panel se justifica por varias razones: En primer lugar, debido a su disponibilidad en el mercado. En segundo lugar, por sus dimensiones, y es que al realizar distintas pruebas con el software fotovoltaico de SunnyDesign, los resultados obtenidos que más se acercaron al

resultado esperado eran los que utilizaban estas dimensiones de panel. Tercero, por la alta potencia de salida, pudiendo así maximizar la cantidad de energía solar que se puede producir en un espacio limitado. Finalmente, el panel JAM72S20-450/MR es conocido por su calidad y fiabilidad. Está diseñado para soportar las condiciones climáticas adversas y tiene una larga vida útil, lo que significa que puede funcionar eficazmente durante muchos años sin necesidad de mantenimiento frecuente.

Este panel presenta unas dimensiones de 2120mmx1052mmx40mm lo que nos permite utilizar en cada cara que se requiera y manteniendo una distancia de 2 cm entre ellos para el eje horizontal y 8,5 cm en el vertical, la cantidad de 6 paneles, como se puede observar en los planos correspondientes.

En el caso del presente TFG, por la localización y para aprovechar al máximo las horas de sol, se va a utilizar la cara sur y este de la cubierta, lo que permite colocar la cantidad de 12 paneles fotovoltaicos y por tanto obtener una potencia de 5400 Wp.

Potencia Máxima (Pmax) (W)	450
Tensión de Circuito Abierto (Voc) (V)	49,70
Tensión Máxima Potencia (Vmp) (V)	41,52
Corriente en Cortocircuito (Isc) (A)	11,36
Corriente Máxima Potencia (Imp) (A)	10,84
Eficiencia (%)	20,20

Tabla 2.1.3: Datos técnicos del panel JAM72S20-450/MR.

2.1.2.3. Cálculos eléctricos

Se va a realizar el cálculo de la instalación fotovoltaica. Dado que las dimensiones de las viviendas son las mismas y la única diferencia entre ellas, además del tamaño y forma de la parcela en la que se encuentran que no afectaría en este caso, consiste en la orientación de estas, la instalación se calculará para una vivienda tipo, y se replicará para el resto.

2.1.2.3.1. Elección del inversor

Un inversor solar es el encargado de transformar la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico, que en este caso será el conjunto de paneles, en corriente alterna.

Debido a las características de la instalación, que se trata de una instalación con conexión a red y uso de baterías, se va a utilizar un inversor del tipo híbrido, que permite cumplir con las dos funciones necesarias, y que en los últimos años ha aumentado su aplicación [15].

Esta instalación genera una potencia de 5400W, por lo que el inversor que se elija debe soportar una potencia similar. Entre las opciones posibles, la elección es la del Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W.

El inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W cuenta con 2 seguidores MPPT, lo que permite tener 2 orientaciones distintas para el campo fotovoltaico sin afectar la producción de una sobre la otra. Además, tiene un rango de trabajo del regulador entre los 90 y los 560V, lo que significa que con 4 paneles de 60 células ya se puede poner en funcionamiento, siendo este un número menor al que se va a utilizar. El límite alto en su voltaje de trabajo permite utilizar cualquier tipo de panel siempre que se respeten los rangos que indica el fabricante.

La eficiencia de funcionamiento del inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W es superior al 98%, lo que garantiza una alta eficiencia energética. Este inversor es de conexión a red y requiere de la red para funcionar y proporcionar energía. Es un modelo de inversor híbrido gracias a sus posibilidades en el autoconsumo con baterías.

El inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W incorpora numerosas protecciones eléctricas internas, incluyendo protección anti-isla, inversión de polaridad, cortocircuitos, sobrecorriente, sobrevoltaje, exceso de temperatura, entre otras. Además, dispone de conexión wifi interna, comunicaciones mediante RS485 e indicadores LED en su frontal para una sencilla puesta en marcha y supervisión de su funcionamiento.

Huawei es una marca reconocida por su fiabilidad en el mercado de tecnología y ofrece facilidades en la compra de sus productos, lo que también es una razón para elegir el inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W. Una vez conectado a internet, se puede acceder a toda la información relativa a la instalación mediante la aplicación y portal de Huawei, lo que permite una monitorización detallada y un fácil control del inversor.

Los datos técnicos sobre el inversor se encuentran en el Anexo de Fichas Técnicas. A continuación, se indican las características de la instalaciones frente a los requerimientos del inversor.

La instalación cuenta con 12 paneles de 450W cada uno que presentan 5,4 kW de potencia pico. Como la potencia nominal del inversor es de 5 kW, la relación de potencia activa será:

$$\frac{\text{Potencia inversor}}{\text{Potencia instalación fotovoltaica}} = \frac{5 \text{ kW}}{5,4 \text{ kW}} * 100 = 92,59 \%$$

Módulos	12
Potencia Módulo (W)	450
Potencia Pico (kWp)	5,40
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos: (kWp)	5,00
Relación de la potencia activa: (%)	92,59

Tabla 2.1.4: Características de la instalación fotovoltaica.

La instalación está dividida en dos strings de 6 módulos cada uno. Para ver la compatibilidad con el inversor, se requiere comprobar los valores de trabajo de este. A continuación se calculan los valores de la instalación fotovoltaica para su posterior comparación con los que requiere el inversor. La tensión fotovoltaica por string será el número de módulos en serie de ese string, multiplicado por el valor de voltaje de máxima potencia del módulo (V_{mp}). En este caso el valor de tensión fotovoltaica por string supera la tensión de CC mínima del inversor, y se acerca al de tensión nominal. La tensión fotovoltaica máxima, en este caso el número de paneles multiplicado por la tensión de circuito abierto del panel, no podrá superar el valor de tensión de CC máxima del inversor. La corriente de entrada máxima por MPPT se calcula multiplicando la cantidad de strings que se conectan a cada MPPT, con la intensidad de máxima potencia (I_{mp}) del módulo fotovoltaico. Por último, el valor final a comprobar será el de la corriente máxima de cortocircuito, que siguiendo los pasos de los cálculos anteriores, se obtendrá mediante la multiplicación del número de strings que se conectan a cada MPPT, con la

intensidad de cortocircuito (I_{sc}) del módulo utilizado. A continuación se muestra una tabla con los cálculos realizados y los valores requeridos por el inversor:

	MPPT1		MPPT2	
Nº de strings	1		1	
Nº de módulos	6		6	
Potencia pico (entrada) (kW_p)	2,70		2,70	
Tensión de CC mín. INVERSOR (230V) (V)	90		90	
Tensión fotov. normal: (V)	249,12	√	249,12	√
Tensión nominal: (V)	360		360	
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx. (V)	560		560	
Tensión fotovoltaica máx. (V)	298,2	√	298,2	√
Corriente de entrada máx. por entrada del MPPT (A)	12,5		12,5	
Corriente máx. del generador (A)	10,84	√	10,84	√
Corriente de cortocircuito máx. por entrada del MPPT (A)	18		18	
Corriente máx. de cortocircuito FV (A)	11,36	√	11,36	√

Tabla 2.1.5: Planteamiento de las conexiones del inversor.

Se comprueba como los dos strings de seis módulos cada uno, cumplen las necesidades máximas y mínimas del inversor, permitiendo su instalación sin problemas. En la siguiente tabla se muestran las características del inversor escogido:

Potencia nominal activa de CA	5000 Wp
Rango de tensión de operación	90V - 560V
Máxima tensión de entrada	600 V
Intensidad máxima por MPPT	12,5 A
Cantidad de MPPT / entradas por MPPT	2 / 1
Eficiencia europea ponderada	97,8%
Dimensiones	365x365x156 mm
Peso	12 kg

Tabla 2.1.6: Características Inversor SUN2000-5KTL-L1 de Huawei.

2.1.2.3.2. Elección de la batería

En relación con la elección de la batería, se tienen diversas opciones en función de las necesidades. En el caso de una vivienda habitual, la elección óptima está entre la de las baterías solares estacionarias, las cuales tienen una tecnología superior a los otros tipos, ofreciendo 3000 ciclos de carga y descarga, pudiendo además descargarse hasta el 80%, frente al 60% del resto, o baterías de litio, que ofrecen hasta 6000 ciclos y un porcentaje de descarga del 100%. Esto conlleva elevar el coste de las baterías, aumentando considerablemente dependiendo de la necesidad energética.

La elección de la batería se va a realizar por la energía útil, que se optará por unos 5 kWh, y por la compatibilidad con el inversor. En este caso se escogerá la Batería Litio Huawei LUNA2000-5-S0 5kWh. Cuenta con un controlador o BMS en su parte superior y un módulo acumulador de 5kWh que se puede ampliar hasta los 30kWh, pero cuya decisión de instalación no será objeto de este proyecto.

Dispone de protección IP65, una garantía de 10 años y una capacidad de expansión de hasta 30kWh para los sistemas de autoconsumo con inversor híbrido Huawei. La gama Huawei LUNA2000-5-S0 funciona a un voltaje nominal de 360V si se conectan a un sistema monofásico, con un rango operativo entre 350 y 560V.

Esta batería cuenta con una energía útil de 5 kWh, una potencia nominal de descarga de 2,5 kW y una potencia máxima de descarga de 3,5 kW durante 10 segundos. Tiene un rango de

temperatura de funcionamiento entre -10°C y $+55^{\circ}\text{C}$, y una humedad relativa de 5% a 95%. Su refrigeración es por convección y tiene una clasificación de protección IP 55. Además, su emisión de ruido es inferior a 29 dB. Esta batería utiliza tecnología celular de fosfato de hierro y litio (LiFePO_4) y es escalable con un máximo de 2 sistemas en funcionamiento en paralelo.

Módulos de batería	1
Energía útil de la batería (kWh)	5
Potencia nominal de descarga (kW)	2,5
Tensión nominal (V)	360
Rango de funcionamiento (V)	350-560

Tabla 2.1.7: Características de la batería Huawei LUNA2000-5-S0.

2.1.2.3.3. Selección del cableado

Se calcula el dimensionado del conjunto de cables que conectarán los dispositivos del sistema. Para ello se hará uso del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, con sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

El cableado será dimensionado por tramos. Optando por la utilización de un conductor de baja tensión de cobre, de tipo aislado, y con una tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV. Como el cableado se encuentra a la intemperie, un aislamiento XLPE (polietileno reticulado) que pueda soportar una temperatura máxima de 90° , normalizado según la UNE 21123-1:2017.

Para el cálculo de la sección se realizará una comparativa entre los resultados de dos criterios de cálculo:

- Por caída de tensión: Debido a que se produce una pérdida de potencia a lo largo del conductor, el pliego de condiciones de la IDAE especifica una caída de tensión máxima.
- Por el criterio de la intensidad máxima admisible o sobrecalentamiento: Para evitar un deterioro del conductor debido a la intensidad que lo atraviesa, se dimensiona la sección en función de esta.

La sección será calculada mediante la ecuación de caída de tensión, que se define como:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I}{\gamma * S}; \Delta V = cp * V$$

Siendo

- ΔV = caída de tensión (V)
- S = área de la sección del conductor (mm^2)
- L = longitud del conductor (m)
- cp= caída de tensión porcentual
- V = Voltaje de la línea
- I = intensidad de la corriente que circula (A)
- γ = conductividad del material utilizado ($56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$)

El resultado final de la sección se usará para escoger el siguiente valor por encima, normalizado. Como mínimo, se escogerá la sección de $1,5 \text{ mm}^2$.

Norma internacional para secciones de cables eléctricos (IEC 60228)					
0.5 mm ²	0.75 mm ²	1 mm ²	1.5 mm ²	2.5 mm ²	4 mm ²
6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²	25 mm ²	35 mm ²	50 mm ²
70 mm ²	95 mm ²	120 mm ²	150 mm ²	185 mm ²	240 mm ²
300 mm ²	400 mm ²	500 mm ²	630 mm ²	800 mm ²	1000 mm ²

Imagen 2.1.3: Norma internacional para secciones de cables eléctricos (UNE 60228).

A continuación, se muestran los valores de caída de tensión máxima estipulados por IDAE:

Subsistema	Caída de tensión máxima	Recomendada
Paneles-Regulador	3%	1%
Regulador-Baterías	1%	0,50%
Baterías-Inversor	1%	1%

Tabla 2.1.8: Recomendaciones según IDAE en el subsistema a analizar.

Pero como el ITC-BT-40 estipula una caída de tensión no mayor al 1,5% en el tramo de CC, se va a trabajar con ese valor.

Se va a realizar el cálculo de tres tramos. Primero, el tramo de CC que conecta cada string (dos strings) con el inversor. Segundo, el cableado de CA que conecta la batería con el inversor. Finalmente, el último cálculo necesario será el del cableado de CA entre el inversor y el cuadro de la vivienda. Se plantea trabajar con la caída de tensión recomendada, y para los cálculos se va a aumentar, por seguridad, un 10% en las longitudes y un 25% en las intensidades.

Módulos - Inversor

En el primer tramo consiste, por cada tipo de vivienda (par-impar) en dos strings formados por 6 paneles conectados en serie cada uno conectados al inversor. Se calcula el valor de la intensidad de línea ($I_{línea}$) que corresponderá con el del Imp del panel para el criterio de caída de tensión, y el Isc para el criterio de sobrecalentamiento.

$$I_{línea} \text{ (caída de tensión)} = Imp * 1,25 = 10,84 * 1,25 = 13,55 A$$

$$I_{línea} \text{ (sobrecalentamiento)} = Isc * 1,25 = 11,36 * 1,25 = 14,20 A$$

Una vez obtenida la $I_{línea}$, se calcula el valor del voltaje. En este caso, equivale a la V_{mp} del panel fotovoltaico, multiplicado por el número de paneles del string. Una vez obtenidos estos valores, se procede al uso de la ecuación de caída de tensión ya con los valores mencionados.

En el caso del criterio de caída de tensión, se utiliza la Tabla 1 del ITC-BT-19 para obtener el valor de sección respecto al de intensidad admisible de esa sección. Se va a escoger un método de instalación B1, de conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra, sabiendo que vamos a tener una línea monofásica de cable XLPE (polietileno reticulado). Se escoge XLPE debido a su alta resistencia al calor, a los rayos UV y al envejecimiento. Además, tiene una mayor capacidad de carga y una menor pérdida de energía en comparación con los cables convencionales. Esto resulta en una mayor eficiencia y una vida útil más larga del sistema fotovoltaico.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos ⁹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ⁹⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾					3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
95				180	194	207	230	245	271	296	391	
120				208	225	240	267	284	314	348	455	
150				236	260	278	310	338	363	404	525	
185				268	297	317	354	386	415	464	601	
240				315	350	374	419	455	480	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Imagen 2.1.4: Tabla 1 del ITC-BT-19.

String	Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada	%Cp
1	249,12	3,74	20,80	13,55	2,69	4,00	2,52	1,01
2	249,12	3,74	24,90	13,55	3,22	4,00	3,01	1,21

Tabla 2.1.9: Cálculo de sección del primer tramo en vivienda par (criterio de caída de tensión).

String	Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada	%Cp
1	249,12	3,74	35,84	13,55	4,64	6,00	2,89	1,16
2	249,12	3,74	30,97	13,55	4,01	6,00	2,50	1,00

Tabla 2.1.10: Cálculo de sección del primer tramo en vivienda impar (criterio de caída de tensión).

Con estas condiciones y teniendo una intensidad de línea de 13,55 A, en la columna 9 vemos como la intensidad admisible siguiente es de 21 A y que equivale a 1,5 mm². El valor de la longitud condiciona la sección en el cálculo aumentándola, por lo que el valor calculado será el escogido en los dos strings y los dos tipos de vivienda al ser mayor.

Para el criterio de sobrecalentamiento, cambiando el valor de la $I_{línea}$ con el calculado anteriormente se obtiene la sección:

String	Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada	%Cp
1	249,12	3,74	20,80	14,20	2,82	4,00	2,64	1,06
2	249,12	3,74	24,90	14,20	3,38	4,00	3,16	1,27

Tabla 2.1.11: Cálculo de sección del primer tramo en vivienda par (criterio de sobrecalentamiento).

String	Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada	%Cp
1	249,12	3,74	35,84	14,20	4,86	6,00	3,03	1,22
2	249,12	3,74	30,97	14,20	4,20	6,00	2,62	1,05

Tabla 2.1.12: Cálculo de sección del primer tramo en vivienda impar (criterio de sobrecalentamiento).

Realizando los cálculos correspondientes se obtiene el mismo valor por los dos criterios. Al obtener un resultado de 4 mm para las viviendas pares y de 6 mm para las impares, con el fin de unificar el diseño de las instalaciones, se opta por una sección de 6 mm para todo el tramo.

Inversor - Batería

En este tramo que conecta la batería con el inversor, las características de la instalación serán comunes para todas las viviendas, al igual que en el siguiente. El voltaje será el de operación

de la batería, y la intensidad el valor de intensidad máxima del inversor. El dimensionado del tramo será:

Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada (V)	%Cp
450,00	6,75	1,10	31,25	0,18	1,50	0,21	0,09

Tabla 2.1.13: Cálculo de sección del segundo tramo.

Debido a la reducida longitud, la sección da un valor considerablemente bajo. Como el valor de la intensidad admisible de esa sección es inferior al del tramo, se sigue la Tabla 1 del ITC-BT-19 para obtener el primer valor de sección que lo permita, que en este caso será de 4 mm (Iadm=38A) y cumplir así con el criterio de sobrecalentamiento.

Inversor – Cuadro de la vivienda

Finalmente, para el cálculo del último tramo se mantiene el mismo proceso de cálculo. El voltaje será el de la vivienda (230V), y la intensidad la máxima del inversor.

Voltaje (V)	AV (V)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normal. (mm ²)	AV sección normalizada (V)	%Cp
230,00	3,45	7,79	31,25	2,52	4,00	0,94	0,38

Tabla 2.1.14: Cálculo de sección del tercer tramo.

Como se observa en la última columna de la tablas (%Cp), ningún porcentaje de caída de tensión supera los valores recomendados, siendo todos menores a 1,5% que es el mínimo de ellos.

Una vez obtenidas las secciones, en la siguiente tabla se resumen por tramos y con sus intensidades admisibles correspondientes:

	Sección normalizada (mm ²)	Intensidad adm. (B1) (A)
String 1 - Inversor	6,00	49,00
String 2 - Inversor	6,00	49,00
Baterías - Inversor	4,00	38,00
Inversor – Cuadro vivienda	4,00	38,00

Tabla 2.1.15: Intensidad admisible del conductor según Tabla 1 del ITC-BT-19, método de instalación B1.

2.1.2.4. Tubos para la canalización

El método de instalación escogido requiere el uso de tubos para cubrir los conductores. Para su cálculo se hace uso de la tabla 5 del ITC-BT-21, que determina el diámetro mínimo exterior de los tubos dependiendo de la cantidad de conductores que vaya a albergar en su interior y de la sección de estos.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	--
150	50	63	75	--	--
185	50	75	--	--	--
240	63	75	--	--	--

Imagen 2.1.5: Tabla 5 del ITC-BT-21, Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección.

La canalización de esta instalación tendrá que albergar dos conductores (fase y neutro). Para las zonas de 4 mm de conductor, el diámetro exterior de los tubos será de 16mm. Para las secciones de 6 mm, también será de 16 mm.

2.1.2.5. Protecciones de corriente continua

El conjunto de elementos de protección para corriente continua será colocado en una caja de protección. Los distintos strings que correspondan irán a la caja mencionada, donde se encontrarán los fusibles para interrumpir la corriente en caso de sobrecargas o cortocircuitos.

La elección de las distintas protecciones del generador, se llevarán a cabo según la ITC-BT-22 para la protección de sobreintensidades.

El funcionamiento de un fusible dedicado a la protección de un conductor frente a sobrecargas debe cumplir una serie de características:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 * I_Z$$

- I_B = Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas realizada (A)
- I_N = Corriente asignada del fusible (A)
- I_Z = Corriente admisible del cable (A)
- I_f = Intensidad de funcionamiento que asegura la actuación del fusible tras un tiempo prolongado (A)

Con las condiciones de I_f :

- $I_f = 1,60 * I_N$ si $I_N \geq 16$ A
- $I_f = 1,90 * I_N$ si 4 A < I_N < 16 A
- $I_f = 2,10 * I_N$ si $I_N \leq 4$ A

Teniendo en cuenta los resultados de tensión admisible obtenidos anteriormente en los dos casos diferentes ($I=49$ A e $I=38$ A) se va a utilizar la primera condición ($I_f = 1,60 * I_N$).

$I_B \leq I_N \leq I_Z$	I_B (A)	I_Z (A)
String 1 - Inversor	13,55	49,00
String 2 - Inversor	13,55	49,00
Inversor - Baterías	31,25	38,00

Tabla 2.1.16: Intensidades máximas y mínimas para la elección del fusible.

Se escogen un fusibles de 16 A y de 32 A.

	I_N (A)	I_f (A)
String 1 - Inversor	16,00	25,6
String 2 - Inversor	16,00	25,6
Inversor - Baterías	32,00	51,2

Tabla 2.1.17: Cálculo de la primera condición.

Una vez calculada la intensidad de funcionamiento, con la segunda fórmula ($I_f \leq 1,45 * I_Z$) se puede comprobar si el fusible cumple los requerimientos.

$$I_f \leq 1,45 * I_Z$$

$$25,6 \leq 1,45 * 49$$

$$25,6 \leq 71,05$$

$$I_f \leq 1,45 * I_Z$$

$$51,2 \leq 1,45 * 38$$

$$51,2 \leq 55,1$$

Cumplen correctamente el fusible de 16 A para los dos tramos entre los paneles y el inversor, y el de 32 A en el tramo entre el inversor y la batería.

Para la elección de la tensión asignada al fusible de 16 A, se debe tener en cuenta la cantidad de módulos fotovoltaicos que estén conectados en serie en cada string, además de la tensión en circuito abierto de estos (V_{oc}). El valor seleccionado asignado a los fusibles será un 120% superior a la suma de la tensión de los módulos en serie.

$$V_N \geq 1.2 * V_{oc} * n^{\circ} \text{ módulos}$$

V_N (V)	357,84
-----------	--------

Tabla 2.1.18: Cálculo de la tensión del fusible de 16 A.

Se escoge un fusible que cumpla con un valor comercial como 400V. Para la tensión asignada del de 32 A, los valores normalizados de tensión asignada serán superiores a los requeridos por el tramo (1000V-1500V), por lo que cumplirán correctamente.

2.1.2.6. Protecciones de corriente alterna

A la salida del inversor, se colocará una caja de protección que contendrá un limitador de sobretensiones, luego un interruptor automático magnetotérmico, y un interruptor automático diferencial.

Los procedimientos realizados para el cálculo en alterna siguen las directrices de los del cálculo de las protecciones en corriente continua. Para la selección del interruptor automático magnetotérmico, se sigue la norma UNE 20460-4-43, como especifica la ITC-BT-22.

$I_B \leq I_N \leq I_Z$	I_B (A)	I_Z (A)
Inversor – Cuadro		
Vivienda	31,25	38,00

Tabla 2.1.19: Intensidades máximas y mínimas para la elección del magnetotérmico.

	I_N (A)	I_f (A)
Inversor – Cuadro Vivienda	32,00	51,2

Tabla 2.1.20: Cálculo de la primera condición.

$$I_f \leq 1,45 * I_Z$$

$$51,2 \leq 1,45 * 38$$

$$51,2 \leq 55,1$$

Al cumplir correctamente, se escoge un magnetotérmico de 32 A.

2.1.2.6.1. Elección del interruptor automático diferencial

Para todas estas protecciones se aplicará expuesto en la ITC-BT-24 para la protección contra los contactos directos e indirectos. Además, a esto se le añade lo especificado en la Norma UNE 20.460 -4-41, que enuncia que todos los dispositivos eléctricos susceptibles de un contacto directo poseerán las siguientes protecciones:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

La razón de implementar un interruptor automático diferencial es la de velar por la protección contra contactos indirectos, tomando las medidas necesarias para proteger a las personas contra los peligros que pueden ser producidas por un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Para determinar la sensibilidad del elemento de protección, se siguen los siguientes pasos:

$$I_S < I_r$$

$$I_r = V / R_T$$

Siendo:

- I_S = Sensibilidad del interruptor diferencial (A)
- I_r = Intensidad residual (A)
- V = Tensión de contacto (V)
- R_T = Resistencia a tierra (Ω)

Por motivos de seguridad se va a considerar la tensión de contacto para un local húmedo o emplazamiento conductor ($V = 24$ V). Para el cálculo de la resistencia a tierra se va a hacer uso de lo estipulado en la ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

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

Imagen 2.1.6: Tabla 4 del ITC-BT-18 del REBT.

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Imagen 2.1.7: Tabla 5 del ITC-BT-18 del REBT.

Este cálculo se realiza según la tabla 5 del nombrado anteriormente ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Para la resistividad del terreno, en la tabla 4 se usará el valor de 50 Ω m de terrenos cultivables y fértiles.

Se utiliza una longitud de la pica (L) de 2 m, siendo esta una pica vertical:

$$R = \rho / L$$

$$R = 50 / 2 = 25 \Omega$$

El valor obtenido de 25 Ω cumple con la Guía-BT-26 para edificaciones sin pararrayos, en la que se expone el valor de 37 Ω como máximo para edificios sin pararrayos.

$$I_r = V / R_T$$

$$I_r = 24 / 25 = 0,96 \text{ A}$$

Por lo tanto, el valor de sensibilidad del interruptor automático diferencial será menor a 0,96 A. Se escoge un valor normalizado de 30 mA.

2.1.2.7. Rendimiento energético de la instalación

2.1.2.7.1. Performance ratio

El performance ratio de una instalación se define como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, es un parámetro utilizado para evaluar el rendimiento de una instalación fotovoltaica en condiciones reales de operación. Se define como la relación entre la energía eléctrica producida por la instalación y la energía que debería haberse producido si la instalación funcionara en condiciones ideales. Tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros factores.

2.1.2.7.2. Pérdidas por inclinación y orientación

En el apartado 2.2.2.1 se calcularon las características óptimas para la generación de energía en la instalación. Una vez calculadas, se requiere tomar los valores reales de esta para calcular las pérdidas que estas diferencias generan. El procedimiento a seguir será el indicado por el Pliego de condiciones de la IDAE para instalaciones conectadas a red. Previo al cálculo, se debe conocer las pérdidas máximas que estipula:

Pérdidas admisibles	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 2.1.21: Pérdidas admisibles para la instalación según IDAE.

Una vez conocidos los datos, se puede proceder al cálculo. Este se realiza ejemplificando para una vivienda tipo (Vivienda 4) y replicando el proceso para el resto, ya que todas las cubiertas presentan las mismas dimensiones.

Como se nombró anteriormente, la latitud en la ubicación es de 28°. La cubierta presenta una orientación, en la cara sur, de 15° hacia el oeste (azimut = +15°) y una inclinación de 22°. En la cara este, presenta un acimut de -75°, y una inclinación de 24°.

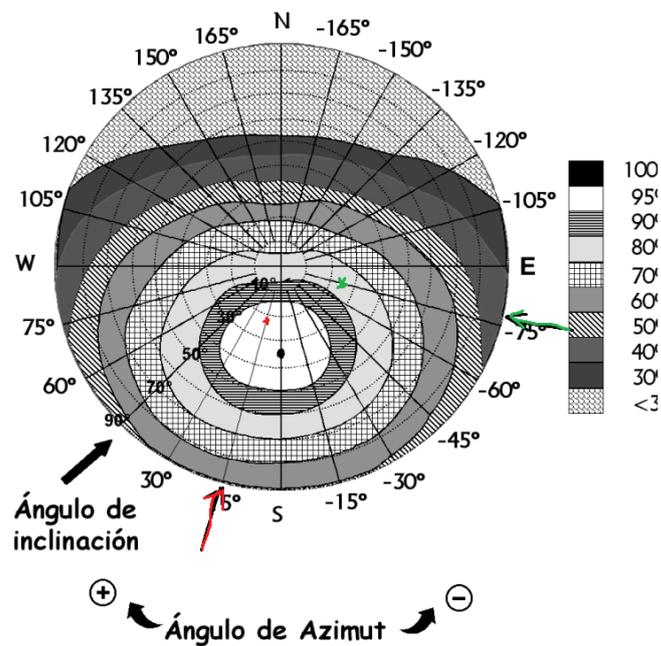


Imagen 2.1.8: Diagrama para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación según IDAE.

Si seguimos el diagrama, podemos ver como para las distintas caras de la cubierta obtenemos distintos resultados.

En este caso, debido a la orientación de la vivienda y teniendo en cuenta la inclinación de los paneles que serán coplanares con la, se puede comprobar como el rendimiento de la instalación en función de orientación e inclinación se encuentra en el mismo porcentaje para todas. La orientación y dimensión de las viviendas se podrá comprobar en el anexo de planos.

		Ángulo		Pérdidas (%)
		Azimut	Inclinación	
Vivienda 1	Sur	6	22	0-5%
	Este	-84	24	10-20%
Vivienda 2	Sur	14	22	0-5%
	Este	-76	24	10-20%
Vivienda 3	Sur	14	22	0-5%
	Este	-76	24	10-20%
Vivienda 4	Sur	15	22	0-5%
	Este	-75	24	10-20%
Vivienda 5	Sur	17	22	0-5%
	Este	-73	24	10-20%
Vivienda 6	Sur	15	22	0-5%
	Este	-75	24	10-20%
Vivienda 7	Sur	26	22	0-5%
	Este	-64	24	10-20%
Vivienda 8	Sur	21	22	0-5%
	Este	-69	24	10-20%

Tabla 2.1.22: Pérdidas de cada vivienda según orientación e inclinación.

Se obtienen de la cara sur unas posibles pérdidas del 0-5%, frente a las posibles pérdidas del 10-20% de la cara este, por lo que estamos dentro del rango admisible.

2.1.2.7.3. Pérdidas por sombras

Debido a que los paneles se encuentran en la cubierta de las viviendas coplanares a estas, que no se encuentran rodeados de ningún elemento que pueda generar problemas al respecto, y justificándonos en los resultados obtenidos por el software SunnyDesign, las cubiertas no presentan pérdidas cuantificables anualmente por sombras.



Imagen 2.1.9: Porcentaje anual de sombras en la instalación [4].

2.1.2.7.4. Pérdidas por cableado

Las pérdidas por cableado se refieren a la energía que se pierde durante la transmisión de la electricidad desde los paneles solares al inversor y luego a la red eléctrica o a la batería de almacenamiento. Estas pérdidas se deben a la resistencia eléctrica del cableado y pueden reducir la cantidad de energía disponible para su uso. La calidad del cableado y su diámetro son factores importantes que pueden influir en estas pérdidas. Se estimará en 1,5%.

2.1.2.7.5. Pérdidas del inversor

Para conocer este valor habrá que recurrir a las fichas técnicas. En el caso de este proyecto, con el inversor SUN2000-5KTL-L1 se obtiene un rendimiento del 97,8%, no superando un 3% de pérdidas.

2.1.2.7.6. Pérdidas por temperatura

La pérdida de energía debido a la temperatura se debe a que la eficiencia de los paneles fotovoltaicos disminuye a medida que aumenta la temperatura. Este efecto causa una reducción en la producción de energía, ya que la cantidad de energía generada por los paneles solares disminuye a medida que su temperatura aumenta.

Se calculan las pérdidas mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20^{\circ}C) \times \frac{E}{800 \text{ W/m}^2}$$

Definiendo:

$$T_{amb} = T \text{ ambiente } [^{\circ}C]$$

$$TONC = T \text{ de operación de la célula } [^{\circ}C] (45^{\circ}C)$$

$$E = \text{Irradiancia } [W/m^2]$$

Expresándolas como el rendimiento obtenido mediante:

$$\text{Rendimiento por temperatura (\%)} = 100 \times [1 - 0,0035 \times (T_c - 25^{\circ}C)]$$

En la siguiente tabla se encuentran los cálculos para cada mes. El cálculo de la cuarta columna € se llevó a cabo multiplicando la tercera (Radiación total diaria) por una estimación de horas de sol al día de 10 horas. Los valores de la radiación y la temperatura se tomaron de la estación meteorológica de la de Araya, de la sede de AgroCabildo [16].

Mes	Tamb (°C)	Rad (Wh/m ²)	E (W/m ²)	Tc (°C)	Rendimiento (%)
Enero	14,7	3310,40	331,04	25,05	99,98
Febrero	14,6	4498,50	449,85	28,66	98,72
Marzo	15,3	5329,30	532,93	31,95	97,57
Abril	16,4	5392,60	539,26	33,25	97,11
Mayo	19,0	7752,40	775,24	43,23	93,62
Junio	19,7	7477,10	747,71	43,07	93,68
Julio	24,0	8230,20	823,02	49,72	91,35
Agosto	23,4	7146,80	714,68	45,73	92,74
Septiembre	22,5	5243,80	524,38	38,89	95,14
Octubre	20,1	4471,80	447,18	34,07	96,82
Noviembre	18,9	3141,90	314,19	28,72	98,70
Diciembre	15,5	3061,30	306,13	25,07	99,98

Tabla 2.1.23: Cálculo del rendimiento debido a las pérdidas por temperatura.

2.1.2.7.7. Otras pérdidas ^[17].

- Pérdidas por suciedad y polvo: el polvo y la suciedad en los paneles solares pueden afectar su capacidad para absorber la luz del sol, disminuyendo la cantidad de energía generada. Se estimará en 3%.
- Pérdidas angulares: las pérdidas angulares se deben a la inclinación y orientación de los paneles solares. Si los paneles no están orientados hacia el sol o están inclinados en un ángulo incorrecto, la cantidad de energía generada se reduce. Se estimará en 3%.
- Pérdidas espectrales: algunas longitudes de onda de la luz solar pueden no ser absorbidas eficientemente por los materiales de los paneles solares, lo que da lugar a pérdidas espectrales. Se estimará en 1%.
- Pérdidas por explotación y mantenimiento: las pérdidas por explotación y mantenimiento son causadas por factores como la ineficiencia en la gestión de la instalación y la falta de mantenimiento regular. Se estimará en 3%.
- Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal: esto se refiere a la diferencia entre la potencia nominal del sistema y la potencia real que se genera. Las pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal pueden ser causadas por factores como el envejecimiento del sistema o la falta de mantenimiento. Se estimará en 3%.

2.1.2.7.8. Resultado del performance ratio

Una vez obtenidos los resultados de las pérdidas, se procede a calcular el total de ellas sumando todos los valores, obteniendo de esta manera el antes nombrado “performance ratio”.

	%	Eficiencia (%)
Inclinación y orientación	2,5	97,5
Sombras	0	100
Cableado	1,5	98,5
Inversor	2,2	97,8
Suciedad y polvo	3	97
Angulares	3	97
Espectrales	1	99
Explotación y mantenimiento	3	97
No cump. Pot. Nominal	3	97
PERFORMANCE RATIO		80,8

Tabla 2.1.24: Performance ratio sin temperatura para la cara sur.

	%	Eficiencia (%)
Inclinación y orientación	15	85
Sombras	0	100
Cableado	1,5	98,5
Inversor	2,2	97,8
Suciedad y polvo	3	97
Angulares	3	97
Espectrales	1	99
Explotación y mantenimiento	3	97
No cump. Pot. Nominal	3	97
PERFORMANCE RATIO		68,3

Tabla 2.1.25: Performance ratio sin temperatura para la cara este.

A continuación, se realiza el cálculo mensual sumando las pérdidas por temperatura.

	Eficiencia por temperatura (%)	PERFORMANCE RATIO
Enero	99,98	80,78
Febrero	98,72	79,52
Marzo	97,57	78,37
Abril	97,11	77,91
Mayo	93,62	74,42
Junio	93,68	74,48
Julio	91,35	72,15
Agosto	92,74	73,54
Septiembre	95,14	75,94
Octubre	96,82	77,62
Noviembre	98,70	79,50
Diciembre	99,98	80,78

Tabla 2.1.26: Performance ratio mensual, cara sur.

	Eficiencia por temperatura (%)	PERFORMANCE RATIO
Enero	99,98	68,28
Febrero	98,72	67,02
Marzo	97,57	65,87
Abril	97,11	65,41
Mayo	93,62	61,92
Junio	93,68	61,98
Julio	91,35	59,65
Agosto	92,74	61,04
Septiembre	95,14	63,44
Octubre	96,82	65,12
Noviembre	98,70	67,00
Diciembre	99,98	68,28

Tabla 2.1.27: Performance ratio mensual, cara este.

2.1.2.8. Generación anual

Teniendo en cuenta la generación teórica de la instalación y las pérdidas de esta, se puede realizar un cálculo aproximado de producción real. La energía generada en la instalación fotovoltaica dependerá de factores climáticos y del emplazamiento, así como de las características de la propia instalación.

El primer paso para calcular la generación anual es el conocimiento de la generación de la instalación. Se requiere conocer la cantidad de energía que puede recibir nuestra instalación. Para ello hace falta conocer la Hora Solar Pico (HSP), esto es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie.

Para su cálculo se tomó los datos de AgroCabildo[16], donde se buscó la información de la estación meteorológica más cercana, siendo esta la de Araya.

Estación: ARAYA			Desde el 01/09/2020 hasta el 31/08/2021							
Fecha	T	TM	Tm	P	HR	HRM	HRm	Vo	VMax	Rad
sep-2020	22,5	34,1	16,1	1,7	67,4	97,7	21,3	1,2	8,8	5.243,8
oct-2020	20,1	34,2	14,4	28,8	70,4	98,1	19,5	1,5	6,4	4.471,8
nov-2020	18,9	31,7	10,8	77,2	61,4	96,4	18,7	1,5	7,4	3.141,9
dic-2020	15,5	22,3	10,6	19,3	74,6	99,1	37,5	1,5	6,1	3.061,3
ene-2021	14,7	27,1	9,0	135,3	73,9	95,6	21,0	1,6	11,1	3.310,4
feb-2021	14,6	25,3	7,9	85,6	68,0	96,2	21,5	1,8	11,1	4.498,5
mar-2021	15,3	26,4	8,7	5,2	66,1	93,9	11,7	1,7	7,4	5.329,3
abr-2021	16,4	25,1	10,7	18,3	74,7	96,4	35,8	1,4	6,6	5.392,6
may-2021	19,0	32,2	11,4	0,1	55,2	94,2	10,2	1,7	11,6	7.752,4
jun-2021	19,7	33,9	12,2	1,0	63,0	97,0	21,2	1,5	7,4	7.477,1
jul-2021	24,0	38,2	15,2	0,0	50,0	95,3	9,6	1,2	4,2	8.230,2
ago-2021	23,4	40,5	15,1	1,1	57,1	95,4	4,2	1,3	7,1	7.146,8
* Media	18,7 *	30,9 *	11,8 *	373,6 **	65,2 *	96,3 *	19,3 *	1,5 *	7,9 *	5.421,3 *
** Total										

Imagen 2.1.10: Tabla de información meteorológica de la estación de Araya [16].

Leyenda:

- T: Temperatura media (°C)
- TM: Temperatura máxima absoluta (°C)
- Tm: Temperatura mínima absoluta (°C)
- P: Precipitación (mm)
- HR: Humedad relativa media (%)
- HRM: Humedad relativa máxima absoluta (%)
- HRm: Humedad relativa mínima absoluta (%)
- Vo. Velocidad media del viento (m/s)
- VMax: Velocidad y Dirección máxima media por cada 10 minutos (m/s ° sexagesimales)
- Rad: Radiación Total (Wh/m² - día)
- ND: Dato no disponible
- ETo PM: Evapotranspiración calculada por el método FAO-56

Una vez que se han obtenido los valores de radiación solar para cada mes, se ha observado que existe una gran variación entre ellos. Por este motivo, se ha decidido utilizar los datos de radiación solar de cada mes en los cálculos, con el fin de tener en cuenta las posibles fluctuaciones de radiación solar en diferentes momentos del año.

El siguiente valor a tener en cuenta es el factor de corrección k para superficies inclinadas, que representa el cociente entre la energía incidente, en un día, sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal. Para el caso trabajado, se coge

la latitud correspondiente que es 28°, y la inclinación variará entre 22° (sur) y 24° (este), así que se cogerá un valor aproximado de 22,5° para una leve simplificación de los cálculos [18].

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.05	1.04	1.03	1.01	1	1	1	1.02	1.03	1.05	1.06	1.06
10	1.1	1.08	1.05	1.02	1	.99	1	1.02	1.06	1.1	1.12	1.12
15	1.14	1.11	1.07	1.02	.99	.98	.99	1.03	1.08	1.13	1.17	1.17
20	1.17	1.13	1.08	1.02	.97	.95	.97	1.02	1.09	1.16	1.21	1.21
25	1.2	1.15	1.08	1	.95	.93	.95	1.01	1.09	1.19	1.25	1.24
30	1.22	1.15	1.07	.98	.92	.89	.92	.99	1.09	1.2	1.27	1.27
35	1.23	1.16	1.06	.96	.88	.85	.88	.96	1.08	1.21	1.29	1.29
40	1.24	1.15	1.04	.92	.84	.8	.84	.93	1.06	1.21	1.3	1.3
45	1.23	1.14	1.01	.89	.79	.75	.79	.89	1.04	1.2	1.3	1.3
50	1.22	1.12	.98	.84	.73	.69	.73	.84	1	1.18	1.3	1.3
55	1.2	1.09	.94	.79	.68	.63	.67	.79	.96	1.15	1.28	1.28
60	1.18	1.05	.9	.73	.61	.57	.61	.73	.92	1.12	1.26	1.26
65	1.14	1.01	.85	.67	.55	.5	.54	.67	.86	1.08	1.22	1.23
70	1.1	.97	.79	.61	.48	.42	.47	.6	.81	1.03	1.18	1.19
75	1.06	.91	.73	.54	.4	.35	.39	.53	.74	.97	1.14	1.15
80	1	.86	.66	.47	.33	.27	.32	.46	.67	.91	1.08	1.1
85	.94	.79	.59	.39	.25	.19	.24	.38	.6	.84	1.02	1.04
90	.88	.72	.52	.32	.17	.11	.16	.31	.53	.77	.95	.98

Imagen 2.1.11: Factor de corrección k para superficies inclinadas en latitud 28° [18].

Siguiendo los pasos de Energema [19]:

Mes	Rad. Diaria (Wh/m ²)	k	HSP (h)
Enero	3310,40	1,20	3,97
Febrero	4498,50	1,15	5,17
Marzo	5329,30	1,08	5,76
Abril	5392,60	1,00	5,39
Mayo	7752,40	0,95	7,36
Junio	7477,10	0,93	6,95
Julio	8230,20	0,95	7,82
Agosto	7146,80	1,01	7,22
Septiembre	5243,80	1,09	5,72
Octubre	4471,80	1,19	5,32
Noviembre	3141,90	1,25	3,93
Diciembre	3061,30	1,24	3,80

Tabla 2.1.28: Cálculo mensual de la HSP.

Para un cálculo más preciso, se deberá hacer uso del valor de corrección atmosférico, que representa la limpieza de la atmósfera en la zona de actuación, variando en un 5% mayor o menor el futuro cálculo a realizar. Para evitar problemas en relación con la situación climática, se utilizará el valor de corrección para sobredimensionar la instalación, se mantendrá este valor como 1 para que no afecte al resultado.

Como se ve en la tabla anterior, el valor de la HSP en el mes de Diciembre es el menor, con 3,8 h de media, y el mayor será el de Julio, con 7,82 h.

Ahora con el valor de las HSP, el de potencia pico de la instalación (6 paneles x 450W/panel = 2700W / cara), y el de pérdidas por distintos factores, se puede estimar la generación mensual multiplicando por el número de días de cada mes.

Mes	HSP (h)	Performance ratio	Generación (kWh)
Enero	3,97	80,78	268,60
Febrero	5,17	79,52	311,00
Marzo	5,76	78,37	377,53
Abril	5,39	77,91	340,32
Mayo	7,36	74,42	458,75
Junio	6,95	74,48	419,49
Julio	7,82	72,15	472,16
Agosto	7,22	73,54	444,33
Septiembre	5,72	75,94	351,58
Octubre	5,32	77,62	345,74
Noviembre	3,93	79,50	252,90
Diciembre	3,80	80,78	256,65

Tabla 2.1.29: Generación mensual de la cara sur de la cubierta.

Mes	HSP (h)	Performance ratio (%)	Generación (kWh)
Enero	3,97	68,28	227,04
Febrero	5,17	67,02	262,11
Marzo	5,76	65,87	317,31
Abril	5,39	65,41	285,72
Mayo	7,36	61,92	381,70
Junio	6,95	61,98	349,08
Julio	7,82	59,65	390,35
Agosto	7,22	61,04	368,80
Septiembre	5,72	63,44	293,71
Octubre	5,32	65,12	290,07
Noviembre	3,93	67,00	213,13
Diciembre	3,80	68,28	216,93

Tabla 2.1.30: Generación mensual de la cara este de la cubierta.

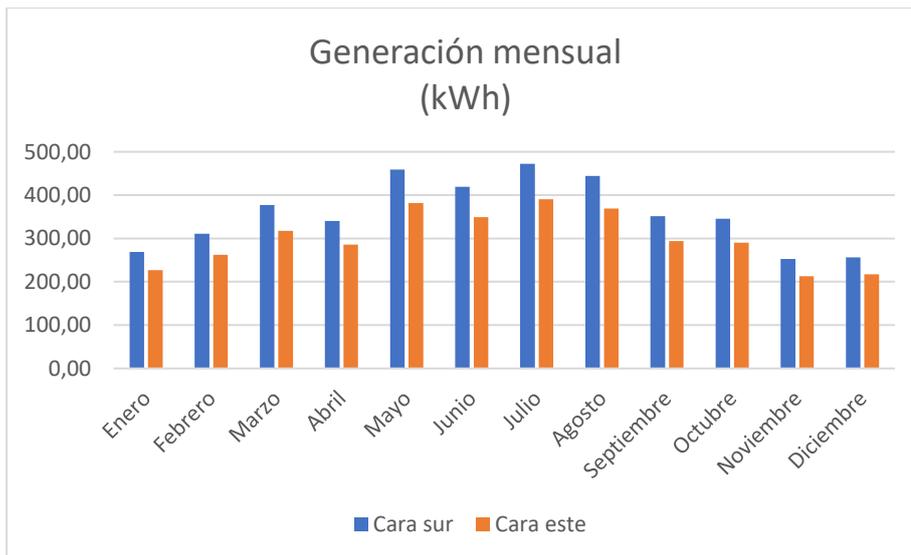


Imagen 2.1.12: Comparativa de generación de energía por cara de la cubierta (Fuente propia).

Finalmente, el valor total de la generación de la instalación será la suma del valor de generación de las dos caras:

Mes	Generación mensual total (kWh)
Enero	495,65
Febrero	573,12
Marzo	694,83
Abril	626,04
Mayo	840,45
Junio	768,58
Julio	862,51
Agosto	813,13
Septiembre	645,29
Octubre	635,81
Noviembre	466,03
Diciembre	473,58

Tabla 2.1.31: Generación total por mes de la instalación.

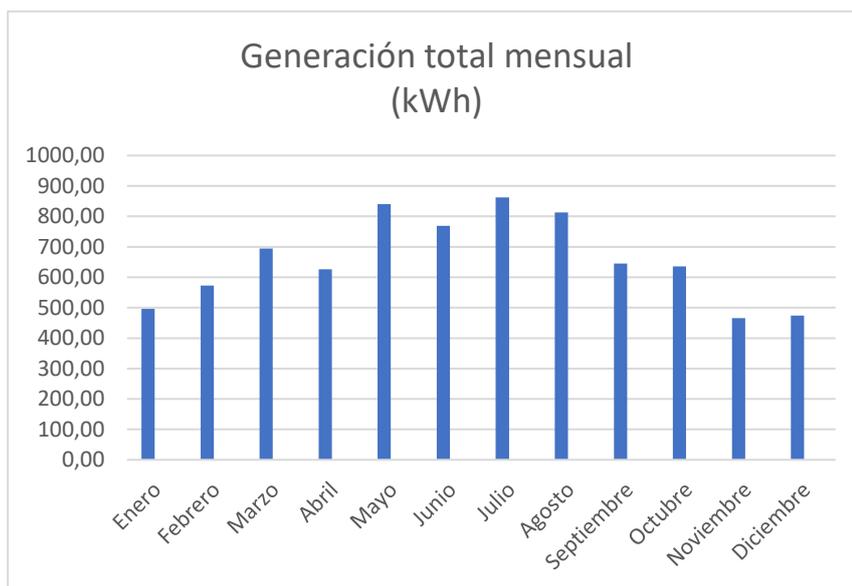


Imagen 2.1.13: Generación mensual total de la instalación (Fuente propia).

Obteniendo aproximadamente, teniendo en cuenta las características de localización, entorno, de instalación y de pérdidas de esta, un total de 7890,01 kWh anuales.

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

ANEXO II

**ESTUDIO BÁSICO DE
SEGURIDAD Y SALUD**

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: ANEXO II – ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

2.2.1.	Aspectos Generales.....	78
2.2.2.	Objeto	78
2.2.3.	Descripción de la actividad.....	79
2.2.3.1.	Operaciones a realizar	79
2.2.3.2.	Inicio de las obras	79
2.2.3.3.	Duración de las obras	79
2.2.4.	Recursos empleados	79
2.2.4.1.	Mano de obra.....	79
2.2.4.2.	Herramientas.....	80
2.2.4.3.	Energía y fluidos.....	80
2.2.4.4.	Maquinaria.....	80
2.2.4.5.	Equipos Auxiliares	80
2.2.5.	Normativa de seguridad en la obra	80
2.2.6.	Equipos de protección individual (EPI).....	81
2.2.6.1.	Protectores de la cabeza.....	81
2.2.6.2.	Protectores del oído	82
2.2.6.3.	Protectores de los ojos y de la cara.....	82
2.2.6.4.	Protectores de las vías respiratorias	82
2.2.6.5.	Protectores de manos y brazos.....	82
2.2.6.6.	Protectores de pies y piernas	82
2.2.6.7.	Protectores de la piel.....	83
2.2.6.8.	Protectores del tronco y el abdomen.....	83
2.2.6.9.	Protección total del cuerpo	83
2.2.7.	Sistemas de protección colectiva.....	84
2.2.8.	Riesgos característicos en este tipo de instalaciones	84
2.2.9.	Obligaciones de las partes implicadas en un EBSyS.....	85
2.2.9.1.	Obligaciones del promotor	85
2.2.9.2.	Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud.....	86
2.2.9.3.	Obligaciones de contratista y subcontratas	86
2.2.9.4.	Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	88
2.2.9.4.1.	Libro de incidencias.....	88
2.2.9.4.2.	Paralización de los trabajos	89

2.2.9.4.3.	Disposiciones mínimas de seguridad que deben aplicarse en las obras.....	89
2.2.9.5.	Resistencia y calidad de los materiales en materia de seguridad.....	89
2.2.9.6.	Vías de salida y emergencia	89
2.2.9.7.	Incendios.....	90
2.2.9.8.	Ventilación	90
2.2.9.9.	Temperatura.....	90
2.2.9.10.	Espacio de trabajo.....	90
2.2.9.11.	Primeros auxilios	90
2.2.9.12.	Servicios higiénicos.....	91
2.2.9.13.	Zonas de descanso	91

2.2.1. Aspectos Generales

En cumplimiento con el artículo 4, apartado 2 del Real Decreto 1627/1997, este proyecto desarrolla un estudio básico de Seguridad y Salud debido a que la obra no cuenta con ninguno de los requisitos dispuestos en el apartado primero de este mismo artículo. A saber:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 euros.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores de la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Este estudio definirá las normas de seguridad y salud aplicables a la ejecución de la obra, identificando los riesgos laborales que puedan evitarse e indicando las medidas preventivas para ello. Se realizará también una valoración de los posibles riesgos, así como su probabilidad de suceso.

2.2.2. Objeto

El objeto del estudio básico de seguridad y salud es identificar los posibles puntos peligrosos durante la ejecución de la instalación para evitar accidentes mediante un proceso de prevención de riesgos laborales.

Este documento formará parte del proyecto de la obra y, en aplicación de él, la entidad competente encargada de realizarlo elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio y en función de su propio sistema de ejecución de obra.

Tal estudio precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia. Además, se contemplan las previsiones y las informaciones útiles necesarias para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

El plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes de iniciar la obra por parte del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

2.2.3. Descripción de la actividad

El cumplimiento de lo dispuesto en este estudio se enfocará a la actividad a realizar en las cubiertas de un conjunto de viviendas de carácter unifamiliar una instalación fotovoltaica conectada a la red de baja tensión, situada en el municipio de Candelaria, en la Provincia de Santa Cruz de Tenerife.

2.2.3.1. Operaciones a realizar

El plan de ejecución de obra previsto para llevar cabo tal instalación será:

- Instalación de las estructuras simples encargadas de soportar de los paneles fotovoltaicos.
- Colocación sobre las estructuras simples los paneles fotovoltaicos.
- Cableado de los tramos y puesta a tierra de toda la instalación.
- Verificación de los puntos anteriores, especialmente las protecciones.
- Instalación de equipos de medida.
- Conexión a red eléctrica.

2.2.3.2. Inicio de las obras

El contratista o contratistas elegidos y el Director facultativo de Obra se reunirán antes del comienzo de la ejecución de obra, y en esta reunión determinarán la forma de ejecutar la instalación, así como medidas de seguridad y demás temas pertinentes para la correcta terminación de los trabajos.

Llegadas ambas partes a un acuerdo se le notificará al Director de Obra para que la obra comience en la fecha prevista.

Al tratarse de un conjunto de viviendas, la realización de la instalación fotovoltaica podrá llevarse a cabo en cualquier momento, sin que afecte para ello la estación del año dadas las condiciones meteorológicas del lugar.

2.2.3.3. Duración de las obras

La duración de las obras se ha estimado en dos semanas aproximadamente. Habrá que tener en cuenta que la instalación se hará en el exterior, por lo que los trabajadores deberán tomar descansos frente a su exposición al sol.

2.2.4. Recursos empleados

2.2.4.1. Mano de obra

- Operario de grúa: encargado de transportar las estructuras simples y los paneles fotovoltaicos hasta el emplazamiento, y su posterior elevación a la cubierta de la vivienda.

- Técnico instalador: encargado de anclar la estructura al suelo de la cubierta y la fijación de los paneles a la misma.
- Técnico electricista: encargado de realizar las conexiones de todos los equipos eléctricos y verificación del correcto funcionamiento.

2.2.4.2. Herramientas

- Herramientas de combustión: equipo de soldadura de propano o butano. (Soldadura de los perfiles que componen la estructura simple).
- Herramientas eléctricas: taladradora, multímetro, chequeador portátil de la instalación.
- Herramientas de mano: cuchilla, tijera, destornilladores, martillos, pelacables, cizalla cortacables, sierra de arco para metales, caja completa de herramientas dieléctricas homologadas, reglas, escuadras, nivel, etc.

2.2.4.3. Energía y fluidos

- Esfuerzo humano.
- Agua.
- Electricidad.
- Combustibles fósiles: gasoil y gasolina.

2.2.4.4. Maquinaria

- Grúa y cabestrante.

2.2.4.5. Equipos Auxiliares

- Andamios de estructura tubular móvil, andamios colgantes, andamio de caballete, banqueta aislante, alfombra aislante, lona aislante de apantallamiento, puntales, caballetes, redes, escaleras de mano, cestas, señales de seguridad, vallas, balizas de advertencia de señalización de riesgos y letreros de advertencia a terceros.

2.2.5. Normativa de seguridad en la obra

- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.

- Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1/1995, de 24 de Marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-07, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

2.2.6. Equipos de protección individual (EPI)

Los equipos de protección individual se rigen mediante lo estipulado en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Se entenderá por equipo de protección individual cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Por tanto se excluyen de tal definición:

1. La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador.
2. Los equipos de los servicios de socorro y salvamento.
3. Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden.
4. Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera.
5. El material de deporte.
6. El material de autodefensa o de disuasión.
7. Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

A su vez, los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Las protecciones individuales de exigido cumplimiento y que han de ser facilitadas por la empresa constructora en caso de necesidad son las mencionadas a continuación:

2.2.6.1. Protectores de la cabeza

- Cascos de seguridad (obras públicas y construcción, minas e industrias diversas).
- Cascos de protección contra choques e impactos.

- Prendas de protección para la cabeza (gorros, gorras, sombreros, etc., de tejido, de tejido recubierto, etc.).
- Cascos para usos especiales (fuego, productos químicos, etc.).

2.2.6.2. Protectores del oído

- Electricidad.
- Protectores auditivos tipo tapones.
- Protectores auditivos desechables o reutilizables.
- Protectores auditivos tipo orejeras, con arnés de cabeza, bajo la barbilla o la nuca.
- Cascos anti-ruido.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección para la industria.
- Protectores auditivos dependientes del nivel.
- Protectores auditivos con aparatos de intercomunicación.

2.2.6.3. Protectores de los ojos y de la cara

- Gafas de montura universal.
- Gafas de montura cazoletas.
- Pantallas faciales.
- Pantallas para soldadura (de mano, de cabeza, acoplables a casco de protección para la industria).

2.2.6.4. Protectores de las vías respiratorias

- Equipos filtrantes de partículas (molestas, nocivas, tóxicas o radiactivas).
- Equipos filtrantes frente a gases y vapores.
- Equipos filtrantes mixtos.
- Equipos aislantes de aire libre.
- Equipos aislantes con suministro de aire.
- Equipos respiratorios con casco o pantalla para soldadura.
- Equipos respiratorios con máscara amovible para soldadura.

2.2.6.5. Protectores de manos y brazos

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes contra las agresiones químicas.
- Guantes contra las agresiones de origen eléctrico.
- Guantes contra las agresiones de origen térmico.
- Manoplas.
- Manguitos y mangas.

2.2.6.6. Protectores de pies y piernas

- Calzado de seguridad.
- Calzado de protección.
- Calzado de trabajo.

- Calzado y cubrecalzado de protección contra el calor.
- Calzado y cubrecalzado de protección contra el frío.
- Calzado frente a la electricidad.
- Calzado de protección contra las motosierras.
- Protectores amovibles del empeine.
- Polainas.
- Suelas amovibles (antitérmicas, antiperforación o antitranspiración).
- Rodilleras.

2.2.6.7. Protectores de la piel

- Cremas de protección y pomadas.

2.2.6.8. Protectores del tronco y el abdomen

- Chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, proyecciones de metales en fusión).
- Chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra las agresiones químicas.
- Chalecos termógenos.
- Chalecos salvavidas.
- Mandiles de protección contra los rayos X.
- Cinturones de sujeción del tronco.
- Fajas y cinturones anti-vibraciones.

2.2.6.9. Protección total del cuerpo

- Equipos de protección contra las caídas de altura.
- Dispositivos anticaídas deslizantes.
- Arnese.
- Cinturones de sujeción.
- Dispositivos anticaídas con amortiguador.
- Ropa de protección.
- Ropa de protección contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes).
- Ropa de protección contra las agresiones químicas.
- Ropa de protección contra las proyecciones de metales en fusión y las radiaciones infrarrojas.
- Ropa de protección contra fuentes de calor intenso o estrés térmico.
- Ropa de protección contra bajas temperaturas.
- Ropa de protección contra la contaminación radiactiva.
- Ropa antipolvo.
- Ropa antigás.
- Ropa y accesorios (brazaletes, guantes) de señalización (retroreflectantes, fluorescentes).

Referencia: Anexo 1 del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.2.7. Sistemas de protección colectiva

La protección colectiva, es aquella que tiene como finalidad proteger a más de un trabajador frente a un riesgo de accidente laboral. La instalación de estos equipos y el establecimiento de un programa para su mantenimiento y utilización deben constituir una exigencia dentro del plan de emergencia y prevención de riesgos de la obra.

Será obligatorio mantener siempre las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas, con el objetivo de evitar que las herramientas de trabajo o el material suponga un riesgo para el trabajador. Así pues, para una buena evacuación de los operarios en caso de incendio se mantendrán libres de obstáculos las vías de evacuación. El personal deberá saber las normas de evacuación del edificio en caso de incendio y siempre deberá haber personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

También, previamente a la iniciación de los trabajos, se establecerán puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.

2.2.8. Riesgos característicos en este tipo de instalaciones

En este apartado se presenta cuáles son las protecciones individuales más comunes para una instalación fotovoltaica de este tipo atendiendo a los riesgos más característicos. También se presentará las principales medidas preventivas derivadas de estos riesgos.

No obstante, la no inclusión en este apartado de los equipos de protección individual mencionados anteriormente en el apartado 6. “Equipos de protección individual” no exhibe a la empresa constructora de facilitarlos en caso de necesidad.

Riesgos característicos	<ul style="list-style-type: none"> -Caídas de operarios al mismo nivel -Caídas de operarios a distinto nivel. -Caída de operarios al vacío. -Caídas de materiales transportados. -Choques o golpes contra objetos. -Atrapamientos y aplastamientos. -Lesiones y/o cortes en manos y pies. -Sobreesfuerzos. -Ambiente pulvígeno -Cuerpos extraños en los ojos. -Contactos eléctricos directos e indirectos. -Trabajos en zonas húmedas o mojadas. -Quemaduras en impermeabilizaciones.
-------------------------	--

Equipos de protección individual	<ul style="list-style-type: none"> -Casco de seguridad. -Botas o calzado de seguridad. -Guantes de lona y piel. -Guantes impermeables. -Gafas de seguridad. -Cinturón de seguridad. -Botas, polainas, mandiles y -Guantes de cuero para impermeabilización. -Ropa de trabajo.
Medidas preventivas generales	<ul style="list-style-type: none"> -Barandillas. -Pasos o pasarelas. -Redes verticales y horizontales. -Andamios de seguridad. -Escaleras auxiliares adecuadas. -Escalera de acceso peldañeada y protegida. -Plataformas de descarga de material. -Evacuación de escombros. -Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito. -Habilitar caminos de circulación.

Tabla 1: Riesgos característicos-Equipos de protección individual-Medidas preventivas generales

2.2.9. Obligaciones de las partes implicadas en un EBSyS

2.2.9.1. Obligaciones del promotor

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud, no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactara con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

2.2.9.2. Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra, podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud, durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

2.2.9.3. Obligaciones de contratista y subcontratas

El contratista y subcontratista estarán obligados en lo referente a la Seguridad y Salud en la obra a:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
 - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
 - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
 - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del periodo del tiempo efectivo que habrá que dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en o que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Por tanto, todos los trabajadores que participen en el proyecto deberán haber sido informados y formados, por sus respectivas empresas, de los posibles riesgos a los que se exponen al desempeñar su trabajo y de las medidas preventivas que deberán adoptar en las distintas fases de la obra. Es precisa la toma de conciencia de que el riesgo existe y por ello son responsables de acatar las medidas de seguridad mínimas exigidas.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.

4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud.

5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos autónomos por ellos contratados. Además, responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

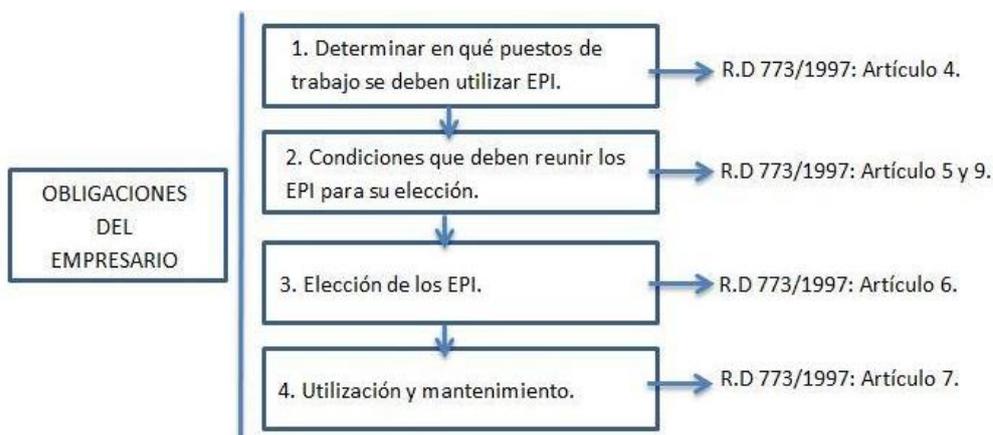


Figura 2.2.1: Obligaciones del empresario/Contratista

2.2.9.4. Obligaciones de los trabajadores autónomos

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
 - La recogida de materiales peligrosos y utilizados.
 - La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad
2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

2.2.9.4.1. Libro de incidencias

En el lugar de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

2.2.9.4.2. Paralización de los trabajos

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

2.2.9.4.3. Disposiciones mínimas de seguridad que deben aplicarse en las obras

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

A continuación, se especifican cuáles son las principales disposiciones mínimas de seguridad a tener en cuenta en una obra de estas características.

2.2.9.5. Resistencia y calidad de los materiales en materia de seguridad

Se deberá asegurar la resistencia y buena calidad de los materiales y equipos y, en general de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de forma segura.

2.2.9.6. Vías de salida y emergencia

Requisitos a cumplir:

- Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer accesibles en todo momento y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

- En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán de poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.
- En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad. -Todas las puertas exteriores, ventanas practicables y pasillos de salida estarán claramente rotulados con señales indelebles y preferentemente iluminadas o fluorescentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dichas señales deberán fijarse en los lugares adecuados y tener resistencia suficiente.
- Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de evacuación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas bajo ningún concepto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en ningún momento.

2.2.9.7. Incendios

Se dispondrá de extintores de polvo polivalente para la lucha contra incendios, los cuales deberán estar señalizados conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

2.2.9.8. Ventilación

Conociendo el trabajo a realizar, y los métodos mediante los cuales se llevará a cabo el mismo, los trabajadores deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

2.2.9.9. Temperatura

La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.

Es conveniente evitar que los trabajadores debido a la actividad a realizar sufran stress térmico.

2.2.9.10. Espacio de trabajo

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

2.2.9.11. Primeros auxilios

Será de responsabilidad de la empresa constructora garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Así mismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, a los trabajadores afectados o accidentados por una indisposición repentina.

- Se deberá disponer de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso. (Botiquín).
- Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.
- En concordancia con lo estipulado en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, todo el personal de las empresas que participen en el proyecto deberá haberse sometido como máximo hace un año (salvo que exista alguna otra exigencia legal más restrictiva al respecto) a un reconocimiento médico específico a su puesto de trabajo, del cual haya resultado apto. Asimismo, al personal de nueva incorporación, se le realizará un reconocimiento previo a su incorporación al puesto de trabajo.

2.2.9.12. Servicios higiénicos

En el caso de que los trabajadores necesiten llevar ropa especial de trabajo se les facilitará el vestuario adecuado. Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo. Cuando las circunstancias lo requieran (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo se podrá guardar separada de la ropa de calle y de los objetos personales.

Siendo la instalación en una vivienda unifamiliar, en caso de necesidades fisiológicas la empresa constructora dispondrá cerca de la misma un sanitario público o bien estas podrán ser cubiertas en la propia vivienda unifamiliar previo acuerdo con el propietario.

2.2.9.13. Zonas de descanso

- Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.
- Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.
- Cuando no existan este tipo de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas como zona de descanso.
- Cuando existan locales de alojamiento fijos, deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de recreo.
- En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.
- La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.
- Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberán permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

ANEXO III

FICHAS TÉCNICAS

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: ANEXO III – FICHAS TÉCNICAS

2.3.1. Panel fotovoltaico JAM72S20-450/MR	93
2.3.2. Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1	96
2.3.3. Batería LUNA2000-5-S0.....	98
2.3.4. Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H	100
2.3.5. Cable PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K	102
2.3.6. Acti 9 - fuse-disconnector STI - 1 pole - 25 A	105
2.3.7. Acti9 iID - Interruptor diferencial - 2P	107
2.3.8. Interruptor automático magnetotérmico - A9K17632	110
2.3.9. Protector contra sobretensiones transitorias NU6-III	112

Preliminary

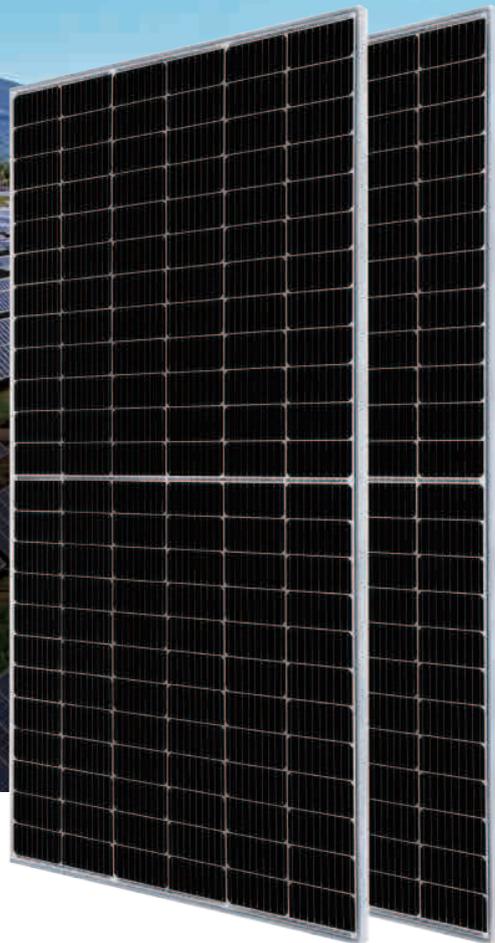
Harvest the Sunshine

Mono

465W MBB Half-Cell Module JAM72S20 440-465/MR Series

Introduction

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



Higher output power



Lower LCOE



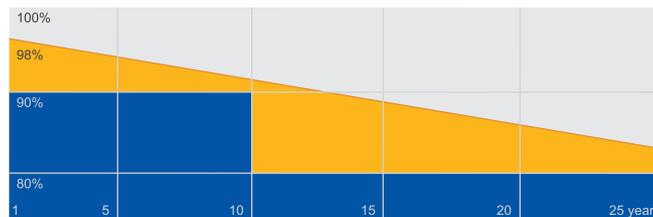
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

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



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



JA SOLAR

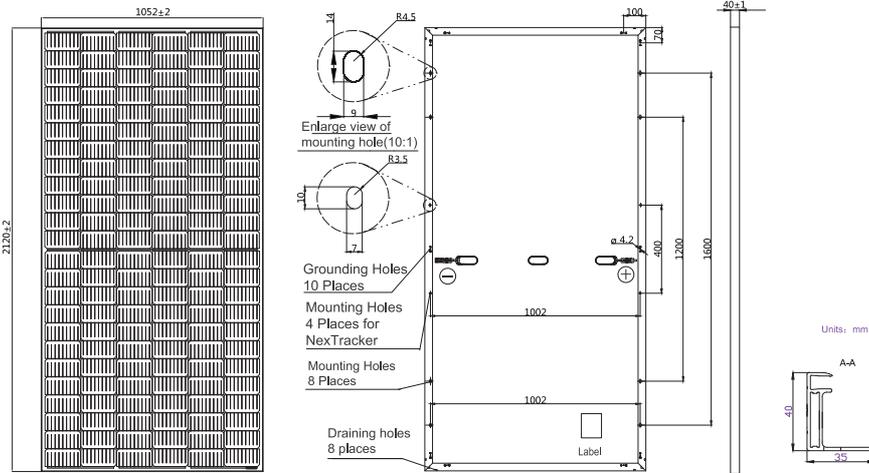
www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS

SPECIFICATIONS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

Cell	Mono
Weight	25.0kg±3%
Dimensions	2120±2mm×1052±2mm×40±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	27pcs/pallet 594pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	440	445	450	455	460	465
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.40	49.56	49.70	49.85	50.01	50.15
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	40.90	41.21	41.52	41.82	42.13	42.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.28	11.32	11.36	11.41	11.45	11.49
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.76	10.80	10.84	10.88	10.92	10.96
Module Efficiency [%]	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8
Power Tolerance				0~+5W		
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})				+0.044%/°C		
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})				-0.272%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})				-0.350%/C		
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

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

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

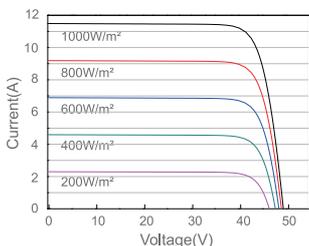
OPERATING CONDITIONS

TYPE	JAM72S20 -440/MR	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	
Rated Max Power(Pmax) [W]	333	336	340	344	348	352	Maximum System Voltage
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.40	46.65	46.90	47.15	47.38	47.61	1000V/1500V DC
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.70	38.95	39.19	39.44	39.68	39.90	Operating Temperature
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.16	9.20	9.25	9.29	9.33	9.38	-40 C ~+85 C
Max Power Current(Imp) [A]	8.60	8.64	8.68	8.72	8.76	8.81	Maximum Series Fuse
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						20A
							Maximum Static Load,Front*
							5400Pa
							Maximum Static Load,Back*
							2400Pa
							NOCT
							45±2 C
							Safety Class
							Class II
							Fire Performance
							UL Type 1

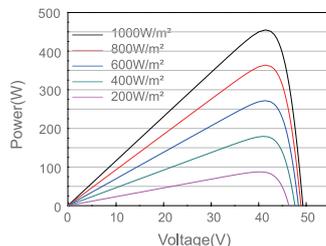
*For NexTracker installations ,Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

CHARACTERISTICS

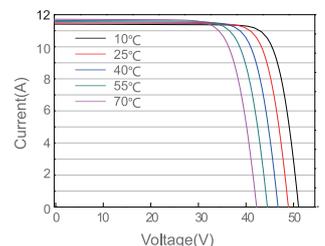
Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR





Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos
active con tecnología de IA



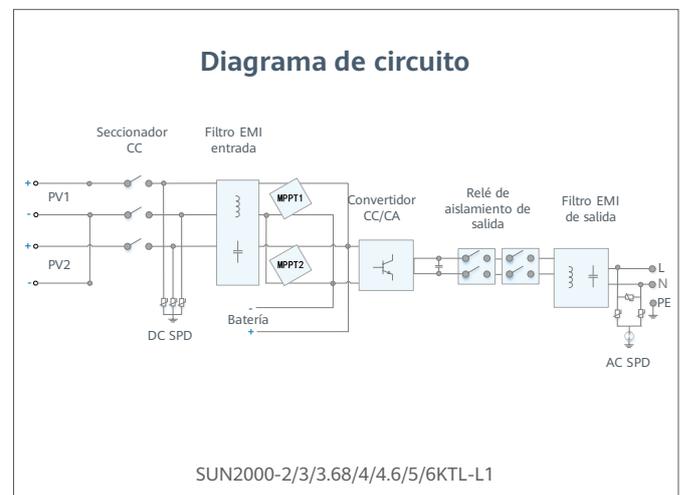
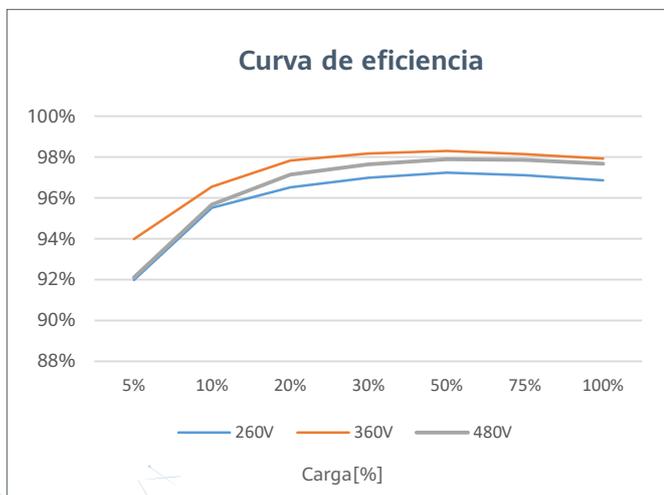
Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de
energía con optimizadores



2x POTENCIA de Batería

5kW de Salida en CA más
5kW de Carga en Baterías



SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1
Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 ¹
---------------------------	---------------------	---------------------	------------------------	---------------------	-----------------------	---------------------	----------------------------------

Eficiencia

Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %

Entrada (FV)

Entrada de CC máxima recomendada ²	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada	600 V ³						
Tensión de arranque	100 V						
Rango de tensión de operación de MPPT	90 V – 560 V ³						
Tensión nominal de entrada	360 V						
Máx. intensidad por MPPT	12.5 A						
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18 A						
Cantidad de MPPTs	2						
Máx. número de entradas por MPPT	1						

Entrada (Batería CC)

Batería compatible	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Rango de tensión de operación	350 ~ 450 Vcc						
Max. corriente de operación	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Potencia de carga máxima	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W				
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh – 30kWh ¹						
Rango de tensión de operación	350 ~ 560 Vdc						
Max. corriente de operación	15 A						
Potencia de carga máxima	5,000 W ⁴						
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W

Salida

Conexión a la red eléctrica	Monofásica						
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁵	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA ⁶	5,500 VA ⁷	6,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz						
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁸	25 A ⁸	27.3 A
Factor de potencia ajustable	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %						
Salida para SAI	Sí (a través de Backup Box-B0 ¹)						

Protección & Características

Protección anti-isla	Sí						
Protección contra polaridad inversa de CC	Sí						
Monitorización de aislamiento	Sí						
Protección contra descargas atmosféricas CC	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Monitorización de la corriente residual	Sí						
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí						
Protección contra cortocircuito de CA	Sí						
Protección contra sobretensión de CA	Sí						
Protección contra sobrecalentamiento	Sí						
Protección de falla de arco	Sí						
Carga inversa de la batería desde la red	Sí						

Datos generales

Rango de temperatura de operación	-25 ~ +60 °C						
Humedad relativa de operación	0 %RH ~ 100 %RH						
Altitud de operación	0 ~ 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)						
Ventilación	Convección natural						
Pantalla	Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar						
Comunicación	RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)						
Peso (incluido soporte de montaje)	12.0 kg						
Dimensiones (incluido soporte de montaje)	365mm * 365mm * 156 mm						
Grado de protección	IP65						
Consumo de energía durante la noche	< 2,5 W						

Compatibilidad con optimizadores

Optimizador compatible con MBUS CC	SUN2000-450W-P						
------------------------------------	----------------	--	--	--	--	--	--

Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)

Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116						

* 1 Disponible en Q3 del 2020.
 * 2 La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10.000Wp cuando las cadenas largas se diseñen y conecten al completo de optimizadores de potencia SUN2000-450W-P.
 * 3 El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reducirán a 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con la batería LG.
 * 4 2.500W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh
 * 5 AS4777.2:4,991W. * 6. VDE-AR-N 4105:4,600VA / AS4777.2:4,999VA. *7. AS4777.2:4,999VA / C10/11:5,000VA. * 8. AS4777.2: 21.7A.

Smart String Energy Storage System



More Usable Energy

100% Depth of Discharge
Pack Level Energy Optimization



Flexible Investment

5kWh Modular Design,
Scalable from 5 to 30 kWh



Safe & Reliable

Lithium Iron Phosphate (LFP) Cell



Easy Installation

12 kg Power Module
50 kg Battery Module



Quick Commissioning

Automatically Detected in App



Perfect Compatibility

Compatible to Both Residential
Single & Three Phase Inverter

LUNA2000-5/10/15-S0

Technical Specification

Technical Specification	LUNA2000-5-S0	LUNA2000-10-S0	LUNA2000-15-S0
			

Performance

Power module	LUNA2000-5KW-C0		
Number of power modules	1		
Battery module	LUNA2000-5-E0		
Battery module energy	5 kWh		
Number of battery Modules	1	2	3
Battery usable energy ¹	5 kWh	10 kWh	15 kWh
Max. output power	2.5 kW	5 kW	5 kW
Peak output power	3.5 kW, 10 s	7 kW, 10 s	7 kW, 10 s
Nominal voltage (single phase system)	450 V		
Operating voltage range (single phase system)	350 – 560 V		
Nominal voltage (three phase system)	600 V		
Operating voltage range (three phase system)	600 – 980 V		

Communication

Display	SOC status indicator, LED indicator
Communication	RS485 / CAN (only for parallel operation)

General Specification

Dimension (W*D*H)	670 * 150 * 600 mm (26.4 * 5.9 * 23.6 inch)	670 * 150 * 960 mm (26.4 * 5.9 * 37.8 inch)	670 * 150 * 1320 mm (26.4 * 5.9 * 60.0 inch)
Weight (Floor stand toolkit included)	63.8 kg (140.7 lb)	113.8 kg (250.9 lb)	163.8 kg (361.1 lb)
Power module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 240 mm (26.4 * 5.9 * 9.4 inch)		
Power module weight	12 kg (26.5 lb)		
Battery module dimension (W*D*H)	670 * 150 * 360 mm (26.4 * 5.9 * 14.0 inch)		
Battery module weight	50 kg (110.2 lb) ²		
Installation	Floor stand (standard), Wall mount (optional)		
Operating temperature	-20°C ~ +55°C (-4°F ~ 131°F) ³		
Max. operating altitude	4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2,000 m)		
Environment	Outdoor / Indoor ⁴ (*Please refer to the user manual for installation condition)		
Relative humidity	5% ~ 95%		
Cooling	Natural convection		
Protection rating	IP 66		
Noise emission	<29 dB		
Cell technology	Lithium-iron phosphate (LiFePO4)		
Scalability	Max. 2 systems in parallel operation		
Compatible inverters	SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1, SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 ⁵ , SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1		

Standard Compliance (more available upon request)

Certificates	CE, RCM, CEC, VDE2510-50, IEC62619, IEC 60730, UN38.3
--------------	---

Ordering and Deliverable Part

Product ordering model ⁶	LUNA2000-5KW-C0, LUNA2000-5-E0, LUNA2000 Wall Mounting Bracket
-------------------------------------	--

1. Test conditions: 100% depth of discharge (DoD), 0.2C rate charge & discharge at 25°C, at the beginning of life. If no PV modules are installed or the system has not detected sunlight for at least 24 hours, the minimum end of discharge SOC is 15%.
2. The weight of the battery module is subject to the actual product, with a tolerance of ±3%.
3. Refer to battery warranty letter for conditional application.
4. Improper storage system installation may compromise product warranty and operation safety. Please follow the user manual during the installation, use, and maintenance of the storage system.
5. Please contact local engineer for the compatibility between the SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 with the LUNA2000.
6. Storage system is ordered and delivered in the form of power module and battery module separately with corresponding quantity.

Ficha técnica

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

01H



Viga hormigón: consultar ficha técnica taco utilizado

Viga madera: broca Nº9

Llave de montaje: Fija/tubo hexagonal núm. 7

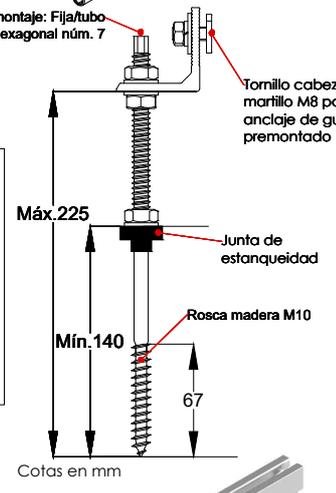
Tornillo cabeza de martillo M8 para anclaje de guía - premontado



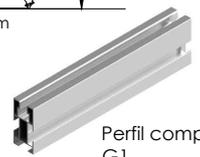
Colocar el tornillo martillo (muesca del tornillo en horizontal en el interior del perfil por la guía estrecha. Girar a la derecha hasta su tope (muesca del tornillo en vertical)

Asegurarse de que la muesca del tornillo está en posición vertical y apretar la fuerza. (Nunca debe quedar la muesca horizontal ni inclinada una vez apretado)

Carga de nieve: 40 kg/m²



Cotas en mm



Perfil compatible G1

- Soporte coplanar para anclaje a losa de hormigón y/o madera.
- Válido para todo tipo de tejas.
- Sin necesidad de desmontar la cubierta.
- La fijación incluye junta de estanqueidad.
- Disposición de los módulos: Horizontal.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Kits disponibles de 1 a 3 módulos.

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

Para módulos de hasta 2279x1150

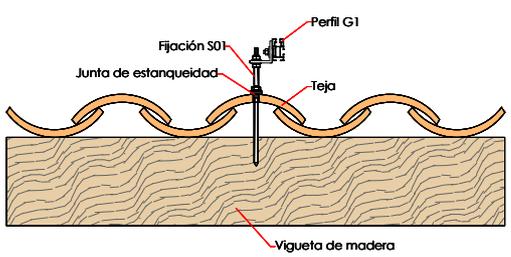
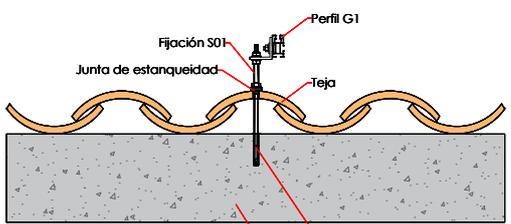
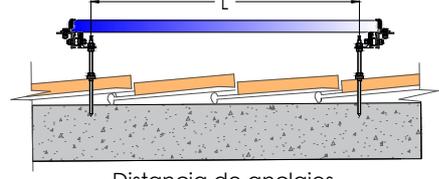
2279x1150

Carga de nieve: 40 kg/m²

Nota
 La fijación L no se debe montar hasta haber fijado el anclaje.

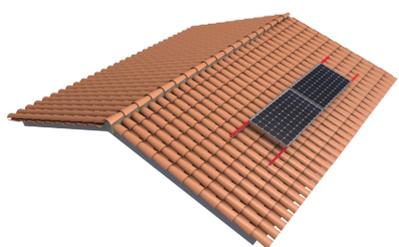


$$L = (\text{Ancho del módulo}) - 120\text{mm}$$



Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M4.2/4.8 Hexagonal	6 Nm



Perfiles paralelos a la cumbre

Herramientas necesarias:



Seguridad:



100% Reciclable

Marcado ES19/86524 CE



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

Velocidades de viento

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

01H
Sistema kit

SUNFER

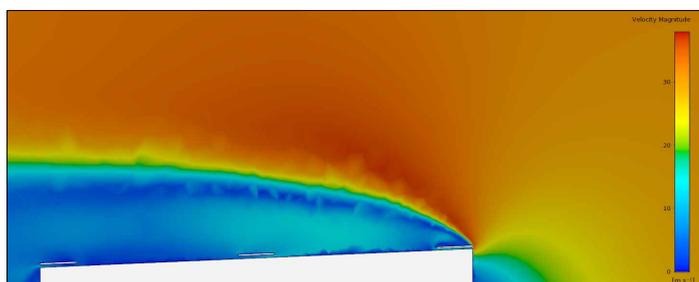


- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

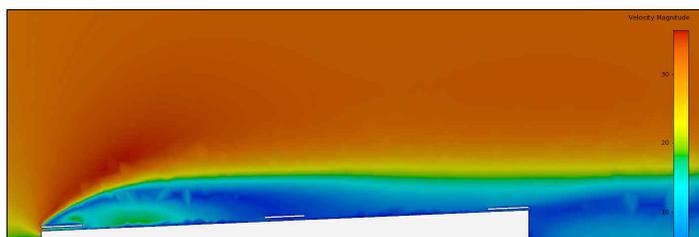
Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento				
Tamaño del módulo 	1	2	3	nº de módulos
2000x1000	150	150	150	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado
ES19/86524 

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



L C I E

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica: H1Z2Z2-K

E_{ca}

N° DoP 1017844

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



NUEVO

WET-I 1500

Test Prysmian Group para asegurar el comportamiento del cable inmerso en agua por periodos prolongados.

Simula una situación similar a la que el cable está expuesto en una planta FV.

Condiciones del test:

- 1800 V DC (Máx voltaje)
- Agua a 70 °C
- > 1500 ciclos



No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2
NFC 32070-C2



Libre de halógenos
IEC 62821-1
UNE-EN 50525-1



Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2



Máxima Resistencia al agua en dc (ADB + test especial WET-I 1500)



Resistencia al frío



Cable flexible



Resistencia a los rayos ultravioleta



Resistencia a los golpes



Resistencia a los agentes químicos



Resistencia al ozono



Resistencia al calor húmedo

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable), +120°C (20 000h).
- Ensayo de tensión durante 5 min: 6500 Vac / 15000 Vdc.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos: IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos: UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



LCIE

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica: H1Z2Z2-K



Ensayos adicionales cable PRYSMIAN PRYSOLAR

Vida estimada	30 años *
Protección frente al agua	AD8 (test ac) **
	WET-I1500
Resistencia a los rayos UVA	EN 50525-2-21 Ensayo mejorado de Prysmian Group específico FV: >1500 ciclos sumergido en agua a 70 °C con la máxima tensión continua (1800 Vdc)
Certificación	IEC 62930 Anexo E; UNE-EN 50618 Anexo E 720 h (360 ciclos) Bureau Veritas LCIE
Servicios móviles	Sí
Doble aislamiento (clase II)	Sí
Temperatura máxima del conductor	90 °C (120 °C 20 000 h) 250 °C (cortocircuito)
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)
Máxima tensión de tracción	50 N/mm ² durante el tendido 15 N/mm ² en operación (instalado)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; UNE-EN 50618 Tab.2 según UNE-EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y UNE-EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según IEC 60811-404; UNE-EN 60811-404).
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab. 2 según IEC 60811-503; UNE-EN 50618 Tab. 2 según UNE-EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y UNE-EN 50618 Tab.2 1000 h a 90 °C y 85 % de humedad para IEC 60068-2-78, UNE-EN- 60068-2-78
Resistencia de aislamiento a largo plazo (dc)	IEC 62821-2; UNE-EN 50395-9 (240 h/85 °C agua /1,8 kVdc)
Respetuoso con el medio ambiente	Directiva RoHS 2014/35/UE de la Unión Europea
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; UNE-EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y UNE-EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y UNE-EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40 °C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y UNE-EN 50618 Anexo C según UNE-EN 60811-506
Durabilidad del marcado	IEC 62930; UNE-EN 50396

* Para la estimación de la vida del cable se utilizó el ensayo de durabilidad térmica según la IEC 60216.

** La condición AD8 habitual es una autodeclaración de fabricante sin norma de referencia. Declara la posibilidad de funcionamiento del cable permanentemente sumergido pero el ensayo habitual está pensado para corriente alterna y hasta 450/750 V de tensión asignada del cable. Situación muy alejada de la realidad de las instalaciones fotovoltaicas. Los cables de Prysmian superan el ensayo especial WET-I1500 a 1800 V en corriente continua.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido estañado.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor:

90 °C (120 °C, por 20 000 h). 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

3. Cubierta

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

Colores: negro o rojo.

Aplicaciones

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores...). Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

Especialmente resistente a la acción del agua (AD8 + test especial para corriente continua WET-I1500), en instalaciones subterráneas bajo tubo o conducto.

Indicado para el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

Sistemas de corriente continua (ITC-BT 53, UNE-HD 60364-7-712).

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K



L C I E

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)

Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930

Designación genérica: H1Z2Z2-K



Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm ²)	Diámetro máximo del conductor (mm) (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) (mm)	Radio mínimo de curvatura dinámico (mm)	Radio mínimo de curvatura estático (mm)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (W/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C (3)	Intensidad admisible bajo tubo enterrado (4) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)
1x1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	24	27,4
1x2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	32	16,42
1x4	3,0	6,6	26	20	61	5,09	46	55	42	10,18
1x6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	53	6,78
1x10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	70	3,90
1x16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	91	2,48
1x25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	116	1,59
1x35	9,2	14,0	70	56	390	0,565	182	218	140	1,13
1x50	11,0	16,3	82	65	542	0,393	220	276	166	0,786
1x70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	204	0,554
1x95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	241	0,42
1x120	17,0	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	275	0,328
1x150	19,0	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	311	0,264
1x185	21,0	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	348	0,216
1x240	24,0	32,1	193	128	2304	0,0817	617	775	402	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar la corriente por 0,85.

→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

(4) Instalación bajo tubo enterrada con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W y temperatura del terreno 25 °C. XLPE2 con instalación tipo D1 (Cu) (monofásica o continua).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C. Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (30 años).

Product datasheet

Specifications



Acti 9 - fuse-disconnector STI - 1 pole - 25 A - for fuse 10.3 x 38 mm

A9N15636

Main

Range	Acti9
Product name	Acti9 STI
Product or component type	Fuse-disconnector
Device short name	STI
Poles description	1P

Complementary

[In] rated current	2 A 4 A 6 A 10 A 16 A 20 A 25 A
Fuse curve	AM GG
Fuse size	10.3 x 38 mm
[Ue] rated operational voltage	500 V AC
[Ui] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz
Mounting mode	Clip-on
Mounting support	DIN rail
9 mm pitches	2
Height	81 mm
Width	18 mm
Depth	75 mm
Colour	White
Connections - terminals	Screw clamp terminals1 cable(s) 0.75...10 mm ² rigid Screw clamp terminals1 cable(s) 0.5...6 mm ² flexible Screw clamp terminals2 cable(s) 0.75...4 mm ² rigid Screw clamp terminals2 cable(s) 0.5...6 mm ² flexible
Wire stripping length	12 mm
Tightening torque	2 N.m

Environment

Standards	IEC 60269-1/2
-----------	---------------

IP degree of protection	IP20
Pollution degree	3
Ambient air temperature for operation	-20...60 °C
Ambient air temperature for storage	-40...80 °C

Packing Units

Unit Type of Package 1	PCE
Number of Units in Package 1	1
Package 1 Height	7.800 cm
Package 1 Width	1.800 cm
Package 1 Length	8.400 cm
Package 1 Weight	55.000 g
Unit Type of Package 2	BB1
Number of Units in Package 2	12
Package 2 Height	8.600 cm
Package 2 Width	9.400 cm
Package 2 Length	22.200 cm
Package 2 Weight	710.000 g
Unit Type of Package 3	S03
Number of Units in Package 3	144
Package 3 Height	30.000 cm
Package 3 Width	30.000 cm
Package 3 Length	40.000 cm
Package 3 Weight	9.050 kg

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Green Premium product
REACH Regulation	REACH Declaration
REACH free of SVHC	Yes
EU RoHS Directive	Compliant EU RoHS Declaration
Toxic heavy metal free	Yes
Mercury free	Yes
China RoHS Regulation	China RoHS declaration Pro-active China RoHS declaration (out of China RoHS legal scope)
RoHS exemption information	Yes
Environmental Disclosure	Product Environmental Profile
WEEE	The product must be disposed on European Union markets following specific waste collection and never end up in rubbish bins
Halogen content performance	Halogen free product

Contractual warranty

Warranty	12 months
----------	-----------

Recommended replacement(s)

Hoja de características del producto

Especificaciones



Acti9 iID - Interruptor diferencial - 2P - 40A - 30mA - clase AC

A9R60240

Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID40
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID K
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC
Etiquetas de calidad	VDE

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220...240 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 500 A Im 500 A
Corriente condicional de cortocircuito	GL63, estado 1 Inc 4,5 kA K60, estado 1 Inc 6 kA C60, estado 1 Inc 6 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	NA

Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	69 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	5000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 2000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...35 mm ² rígido Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...25 mm ² flexible Terminales de tipo túnel arriba o abajo1...25 mm ² flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	16 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1 EN/IEC 61008-2-1
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	2
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 200 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °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	8 cm
Paquete 1 Ancho	4 cm
Paquete 1 Longitud	10 cm
Paquete 1 Peso	184 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	9,4 cm
Paquete 2 Ancho	10 cm
Paquete 2 Longitud	25,5 cm
Paquete 2 Peso	1,304 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03

Número de unidades en el paquete 3	54
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	13,248 kg

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración de REACh
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
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 y cables sin halógenos

Información Logística

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

Garantía contractual

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

Sustituciones recomendadas

Ficha de producto

Características

A9K17632

Interruptor automático magnetotérmico - iK60N - 1P+N - 32 A - curva C



Principal

Aplicación de dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iK60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IK60N
Número de polos	1P + N
Número de polos protegidos	1
Posición de neutro	Izquierda
Intensidad nominal (In)	32 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn de acuerdo con EN/IEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz
Apto para seccionamiento	Sí de acuerdo con EN/IEC 60898-1
Normas	EN/IEC 60898-1
Certificaciones	Aenor

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % x Icu de acuerdo con EN/IEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 de acuerdo con EN/IEC 60898-1
[Ui] tensión nominal de aislamiento	440 V CA 50/60 Hz de acuerdo con EN/IEC 60898-1
[Uimp] tensión nominal soportada al impulso	4 kV de acuerdo con EN/IEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación encendido/apagado
Modo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	200 g
Color	Blanco
Endurancia mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal tipo túnel, arriba o abajo rígido cableado(s) 1...25 mm ² max
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm arriba o abajo
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

Medioambiente

grado de protección IP	IP20 de acuerdo con IEC 60529
grado de contaminación	2 de acuerdo con EN/IEC 60898-1
categoría de sobretensión	III
temperatura ambiente de trabajo	-25...60 °C
temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Sostenibilidad de la oferta

estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
RoHS (código de fecha: AASS)	Compliant - since 0627 - Schneider Electric declaration of conformity
REACH	La referencia no contiene SVHC
perfil ambiental del producto	Disponible
instrucciones para el fin del ciclo de vida del producto	No requiere de operaciones específicas para reciclaje



Protector contra sobretensiones transitorias NU6-III

1. General

- 1.1 Certificados: certificados internacionales en trámite;
- 1.2 Valores nominales eléctricos: Alimentación monofásica y sistema de control de CA50Hz, 230V;
- 1.3 Corriente de cortocircuito: hasta 5kA (8/20μs);
- 1.4 Aplicación: Protección de los sistemas y equipos eléctricos contra rayos y sobrecargas instantáneas;
- 1.5 Norma : IEC61643-1, EN61643-11



2. Datos técnicos

Modelo	Uoc (1.2/50μs) (kV)	Corriente de cortocircuito Isc (8/20us)(KA)	Tensión máxima de funcionamiento continuo Uc (V~)	Nivel de protección Up (kV)
NU6-III	10	5	275	1.5
			320	1.5
			385	1.5

Auxiliares	Configuraciones	Tensión nominal Un(V)	Corriente nominal In(A)
contacto	INA+INC	CA125	3

3. Tipo y diagrama de circuito

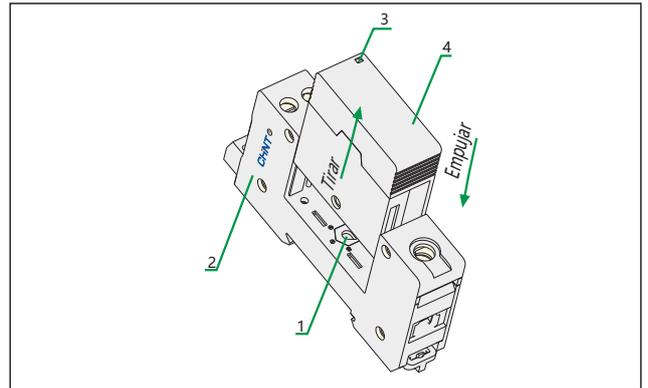
Modelo	Tipo	Diagrama de circuito
NU6-III	1P+N 	Tipo compuesto
	2P 	Tipo compuesto

4. Tipo de diseño y modo de protección para los distintos protectores de sobretensiones transitorias

Modelo	Uoc (1.2/50µs) (kV)	Uc (V~)	Tipo de diseño y modo de protección correspondiente
NU6-III	10	275	Modelo compuesto (con tubo de descarga de gas+resistencia sensible a la tensión) L-N/N-PE
		320	Modelo compuesto (con tubo de descarga de gas+resistencia sensible a la tensión) L-PE/N-PE
		385	

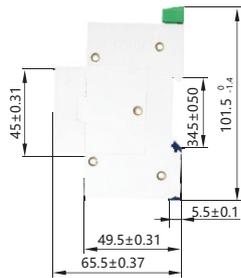
5. Funciones

- 5.1 Este producto está compuesto por dos elementos independientes: un módulo de protección extraíble (4) y la base (2);
- 5.2 Si el producto se encuentra dañado, el componente 3 lo indicará; sustituya el módulo de protección extraíble 4 directamente y no será necesario desconectar el circuito;
- 5.3 El componente 1 indica la máxima tensión de trabajo continuo, a la vez que evita la sustitución de un módulo por otro que no sea adecuado.



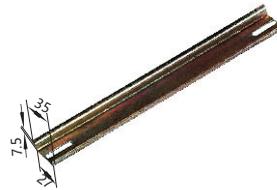
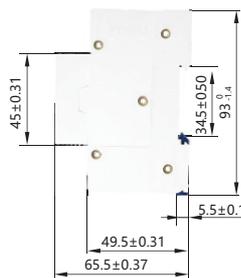
NU6-III/F con puerto de control remoto

6. Dimensiones totales y de montaje (mm)



← Contacto auxiliar

NU6-III sin puerto de control remoto



Serie NU6-II protector contra sobretensiones transitorias	Serie NU6-III protector contra sobretensiones transitorias
Límite entre las zonas de protección contra rayos LPZ1 y LPZ2	Límite entre las zonas de protección contra rayos LPZ2 y LPZ3
Categoría de protección: C	Categoría de protección: D
Categoría de montaje de sobretensión: II	Categoría de montaje de sobretensión: I
Tensión nominal soportada al impulso: 2500V	Tensión nominal soportada al impulso: 1500V
Parámetros de descarga: I _{max} e I _n	Parámetros de descarga: U _{oc} e I _{sc}
Aplicable a cuadros eléctricos de distribución en ramales	Aplicable a puntos terminales de distribución de potencia



*Nota: Es imprescindible la instalación de fusibles/disyuntores aguas arriba del protector de sobretensión.

7. Selección de interruptor automático recomendada

Protector contra sobretensiones	Corriente de descarga máxima (kA)	Fusible o disyuntor (aguas arriba)
NU6-II	40	gL/gG 125A
	60	gL/gG 160A
	100	gL/gG 250A
NU6-III	ALL	NB1 C10



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

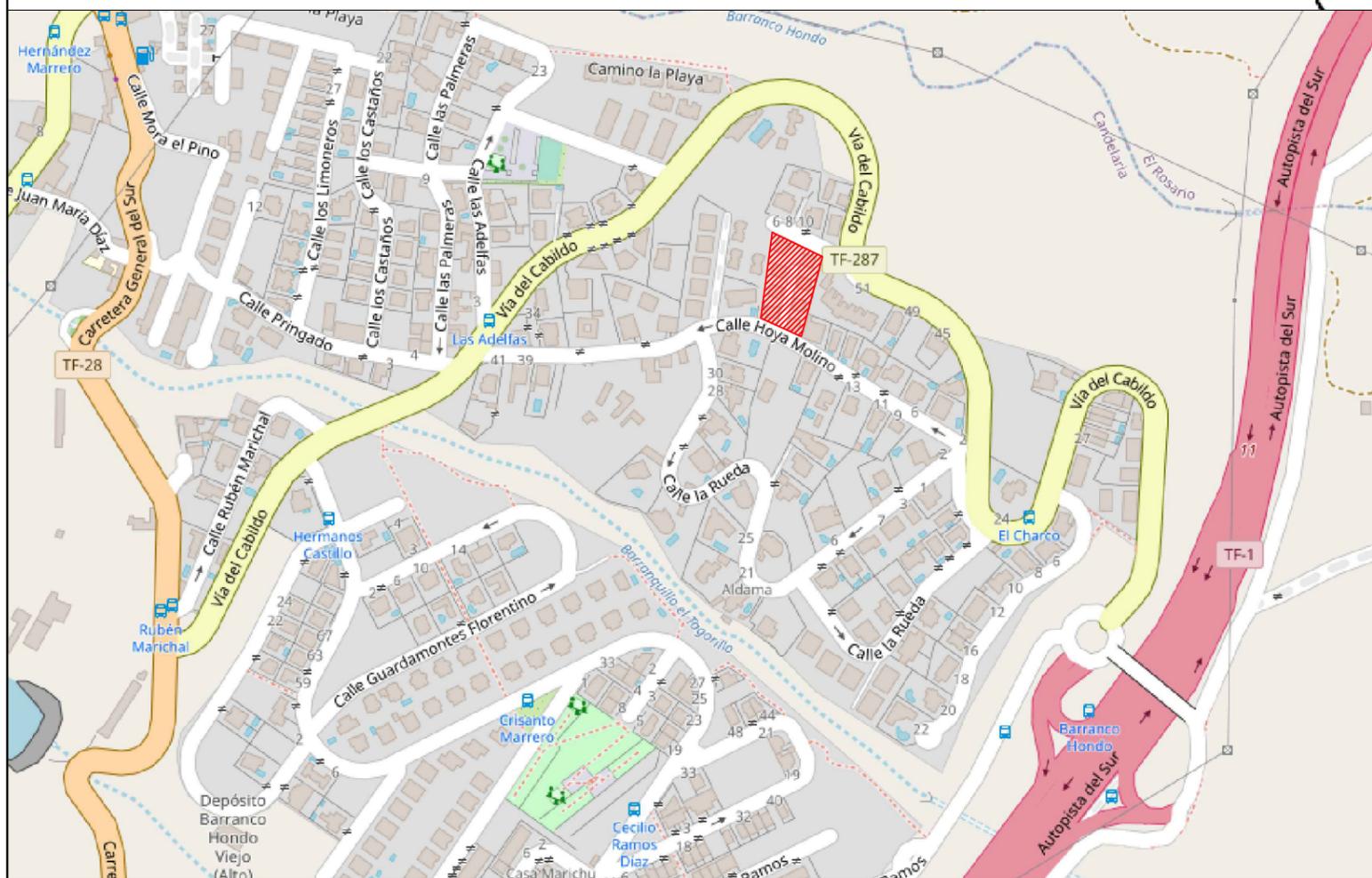
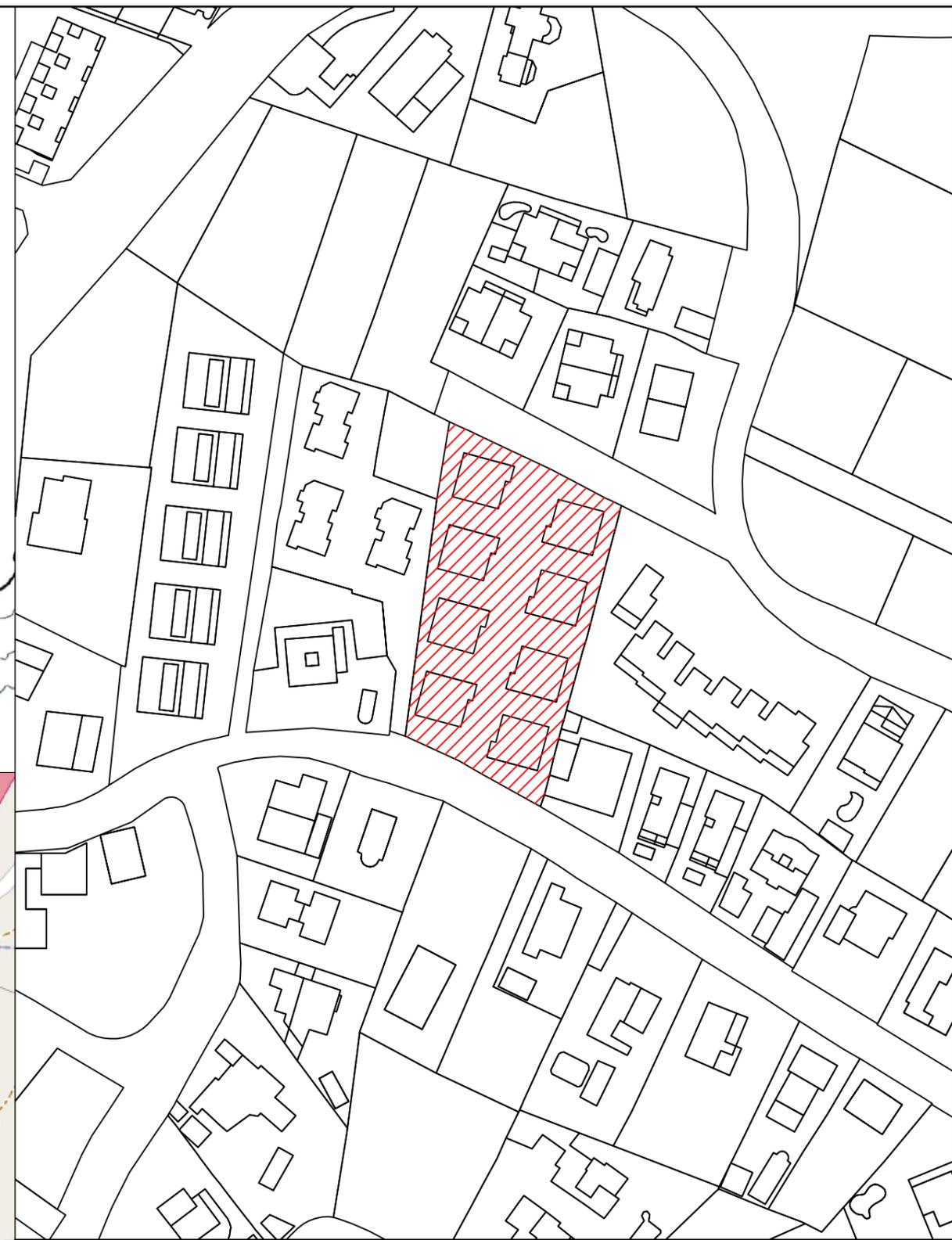
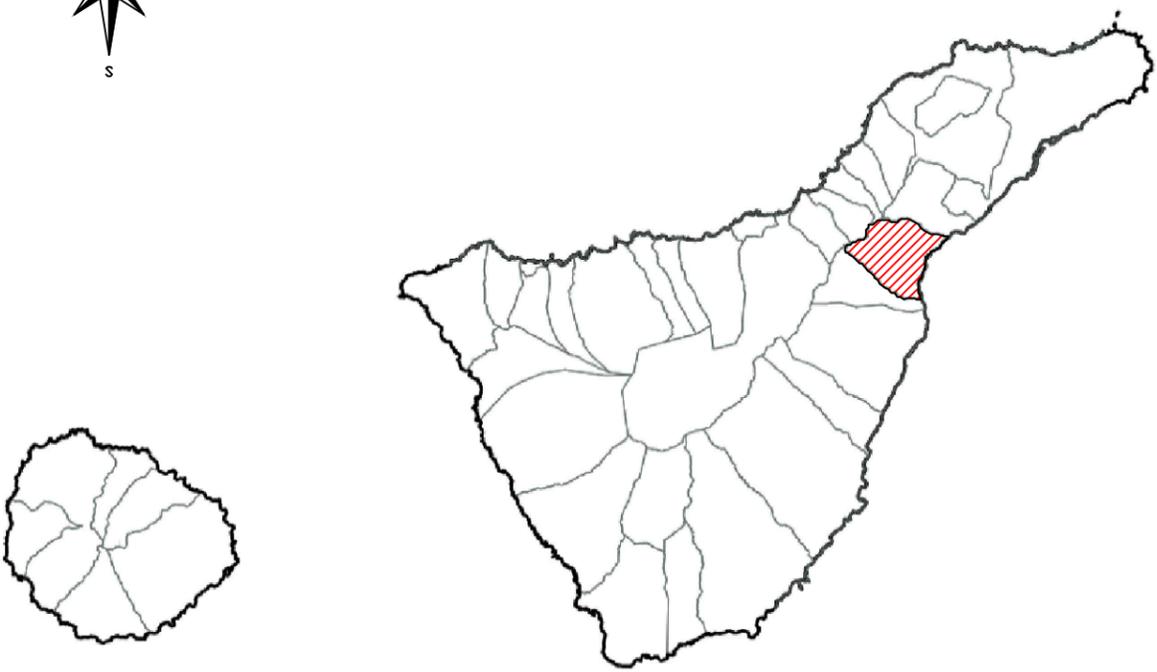
PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

PLANOS

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: PLANOS

3.1. Situación y emplazamiento	116
3.2. Vistas vivienda par.....	117
3.3. Vistas vivienda impar	118
3.4. Cubierta y distribución de los módulos	119
3.5. Esquema unifilar	120
3.6. Simulación fotográfica.....	121



Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización

Autor: José M. Castilla Marrero

Id. s. normas:
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Grado Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna

Comprobado: Mayo 2023

ESCALA:
S/E

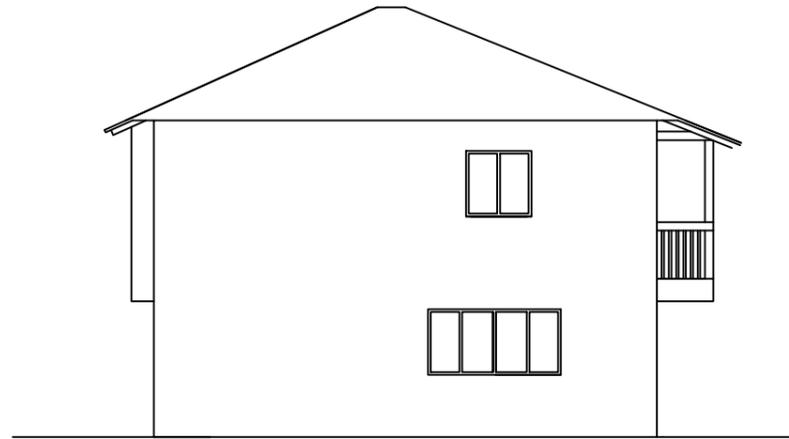
Situación y emplazamiento

Nº PLANO:
3.1

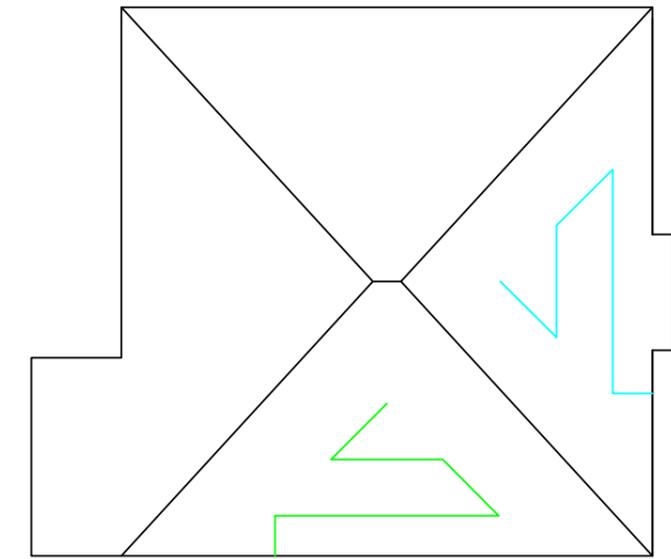
Cara oeste



Cara norte



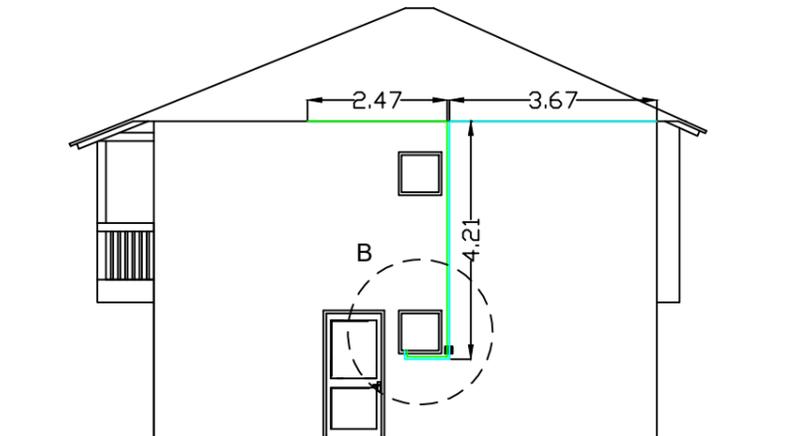
Planta cubierta



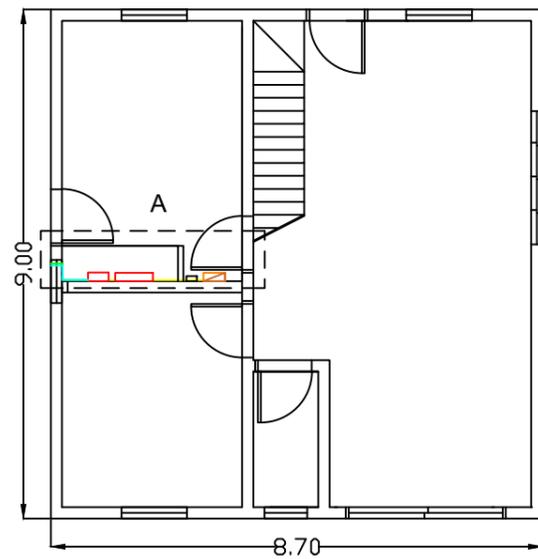
Cara este



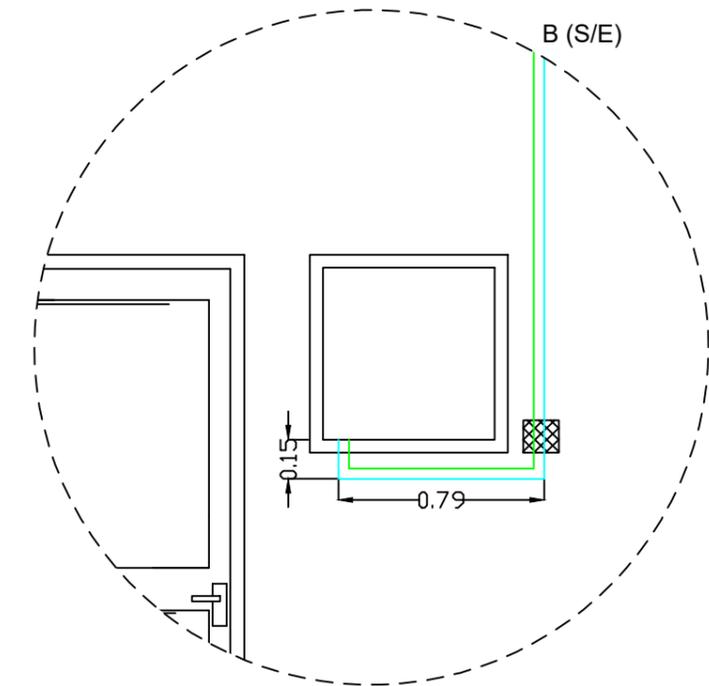
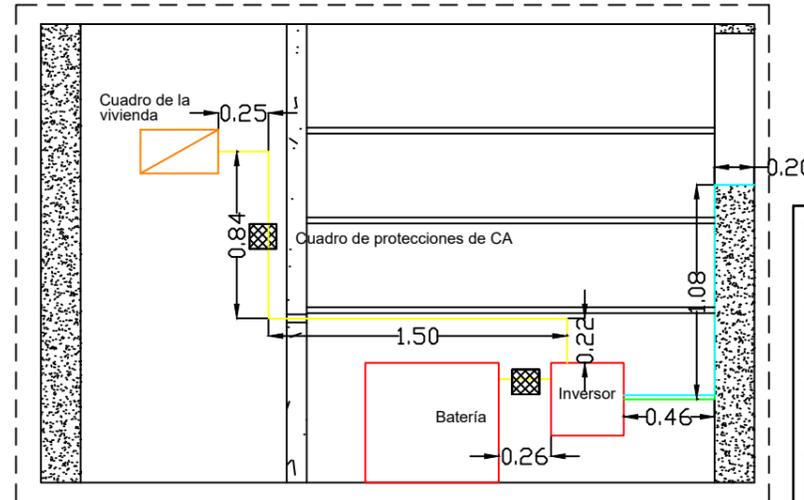
Cara sur



Planta primera



A (S/E)



COTAS EN METROS

Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización

Autor: José M. Castilla Marrero

Id. s. normas:
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Grado Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna

Comprobado: Mayo 2023

ESCALA:
1:125

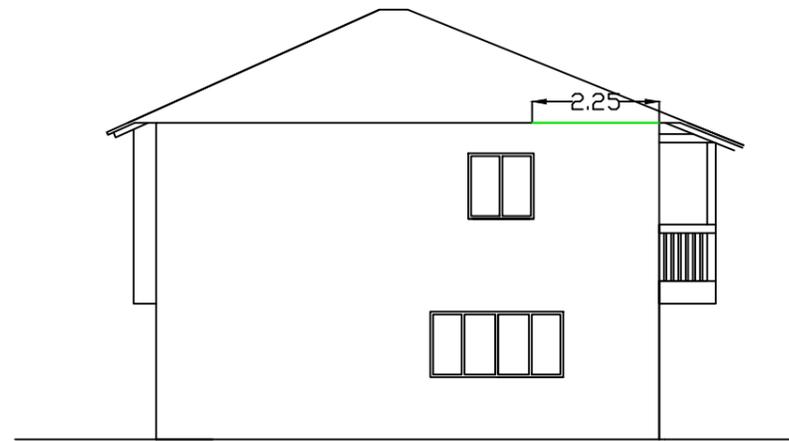
Vistas vivienda par

Nº PLANO:
3.2

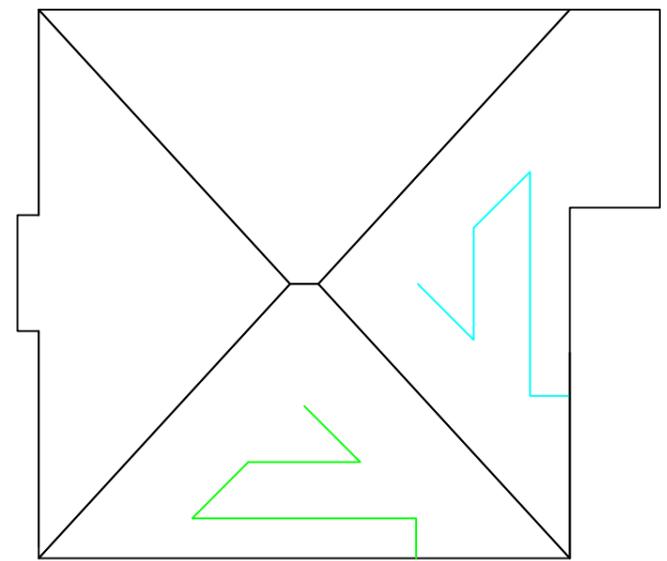
Cara oeste



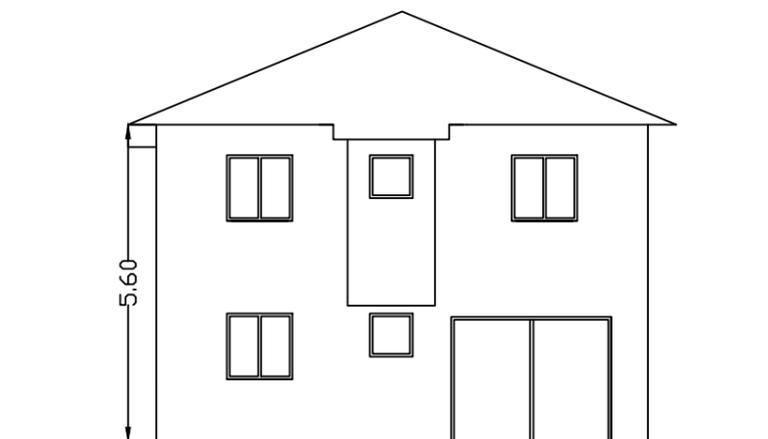
Cara norte



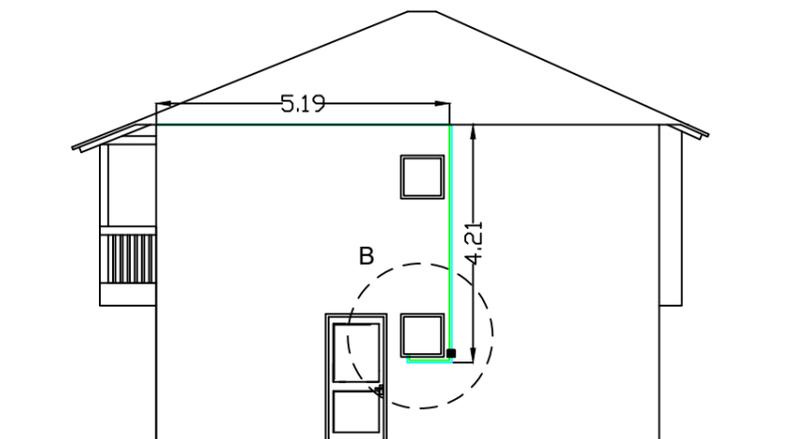
Planta cubierta



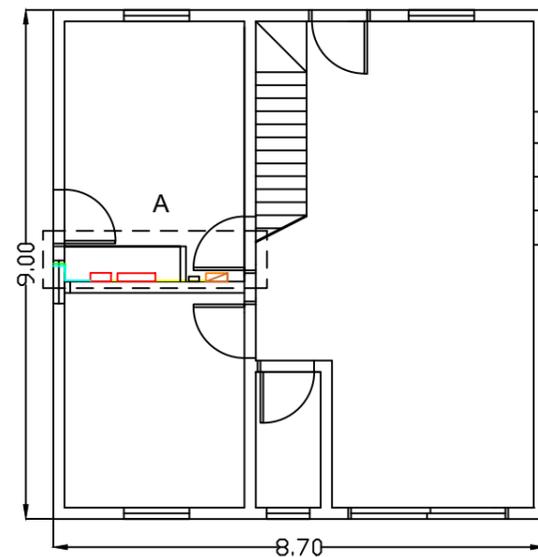
Cara este



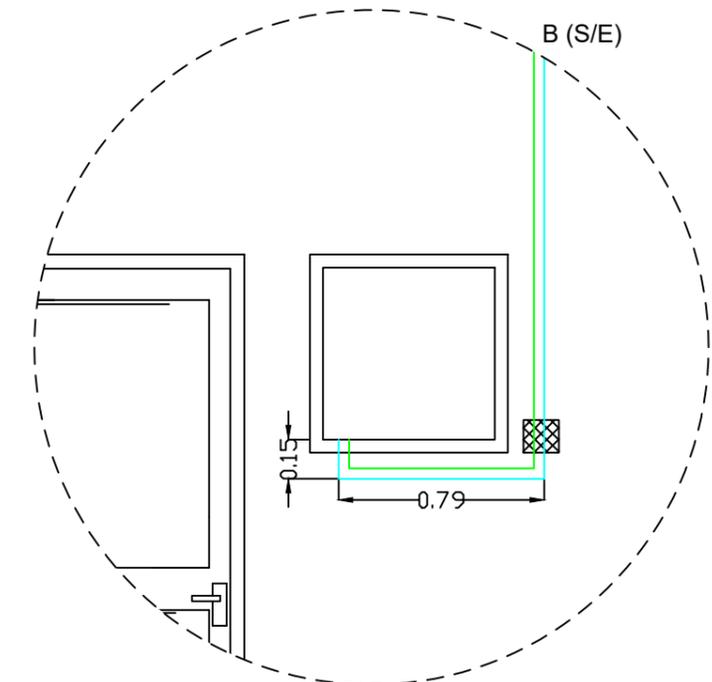
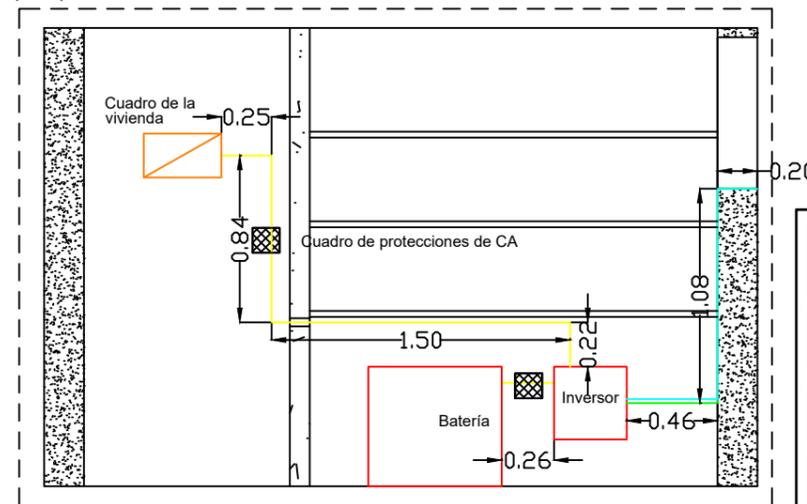
Cara sur



Planta primera



A (S/E)



COTAS EN METROS

Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización

Autor: José M. Castilla Marrero

Id. s. normas:
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Grado Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna

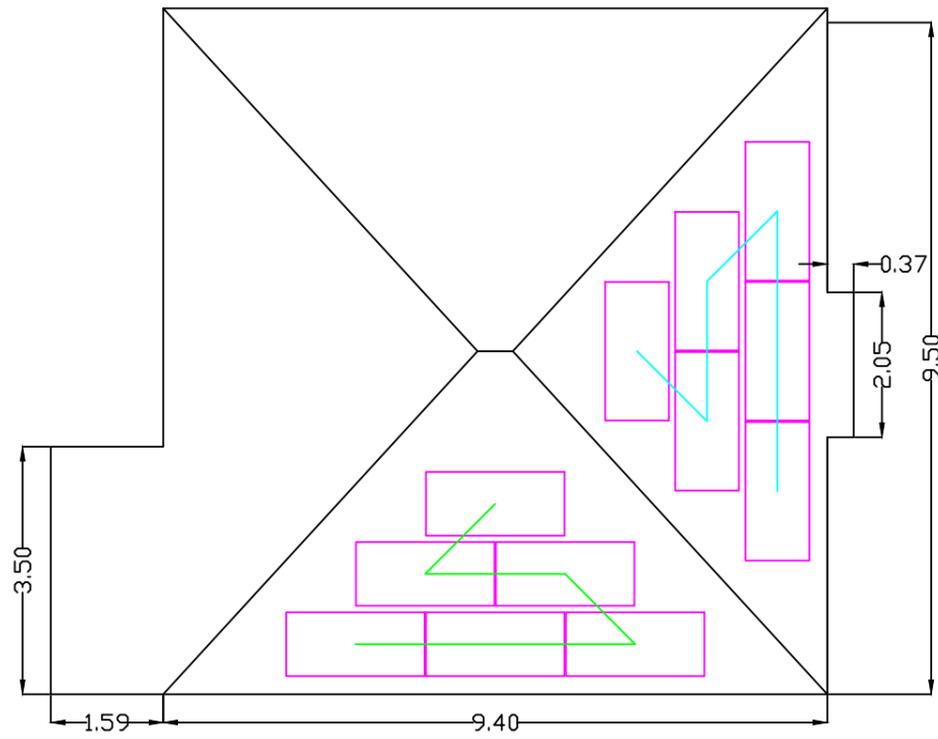
Comprobado: Mayo 2023

ESCALA:
1:125

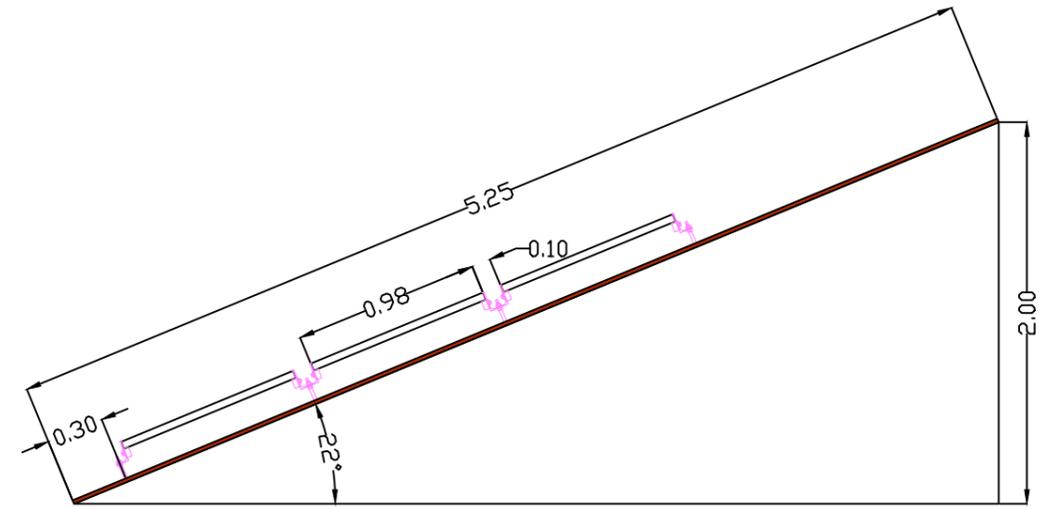
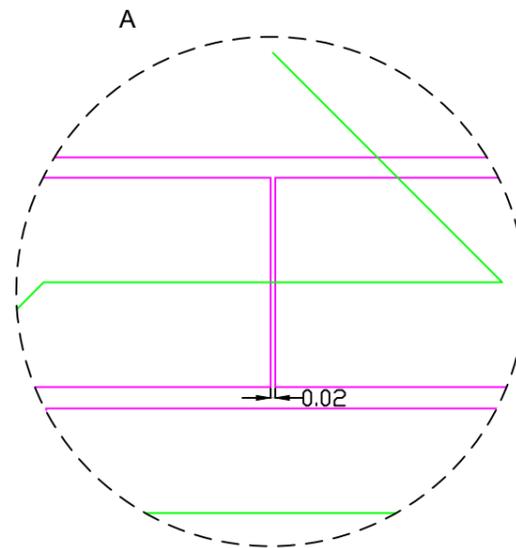
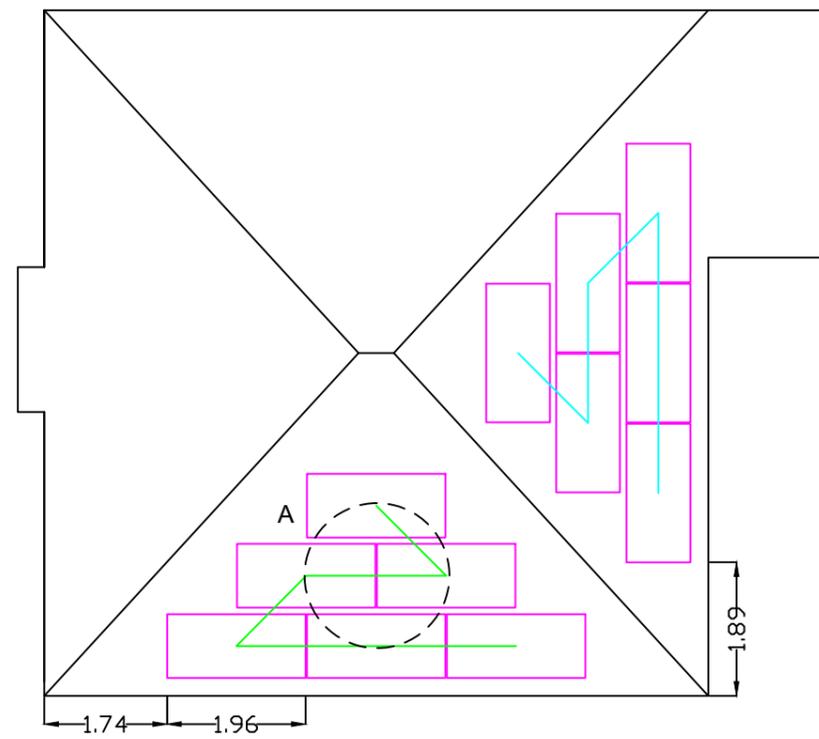
Vistas vivienda impar

Nº PLANO:
3.3

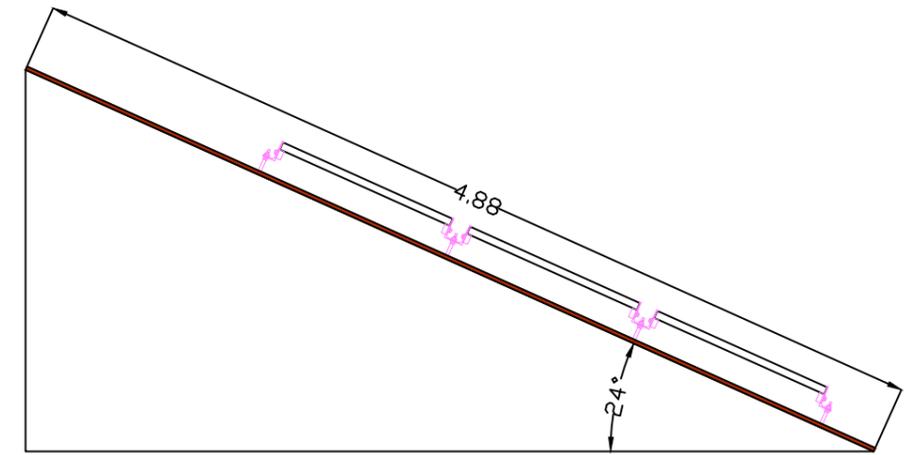
Cubierta de vivienda par



Cubierta de vivienda impar



Cara sur

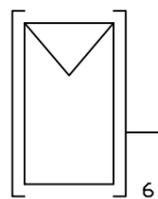


Cara este

COTAS EN METROS

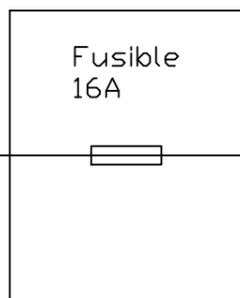
Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización			
Autor: José M. Castilla Marrero	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: Mayo 2023	Cubierta y distribución de los módulos		Nº PLANO: 3.4
ESCALA: 1:100			

6 módulos en serie
JA Solar
JAM72S20-450/MR
Total: 2700 kWp



Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 6mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

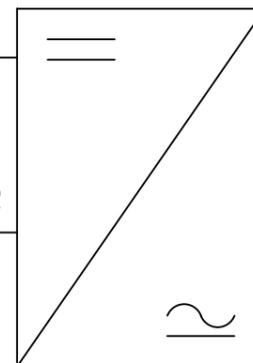
Caja de protecciones
de CC



Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 6mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

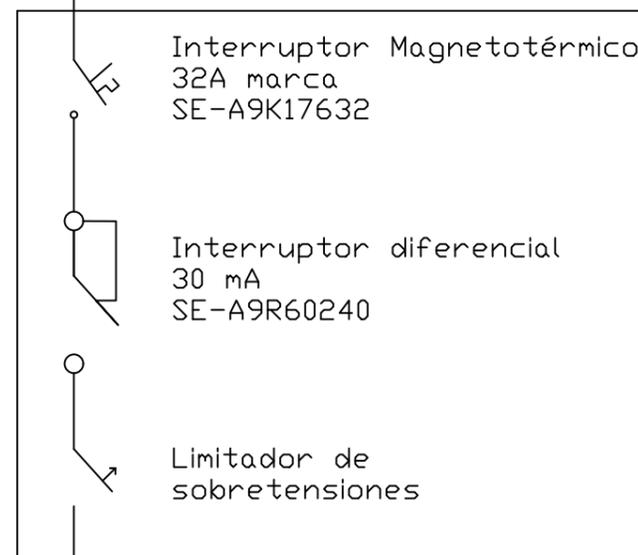
Inversor Huawei
SUN2000-5KTL-L1
5000W

String 1

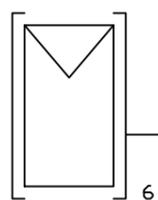


Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 4mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

Caja de protecciones de CA

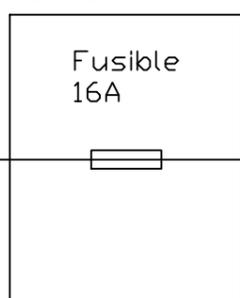


6 módulos en serie
JA Solar
JAM72S20-450/MR
Total: 2700 kWp



Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 6mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

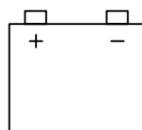
Caja de protecciones
de CC



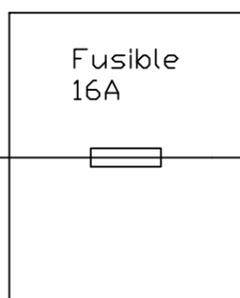
Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 6mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

String 2

Batería Litio Huawei
LUNA2000-5-S0
5kWh + Controlador BMS



Caja de protecciones
de la batería



Prysmian PRYSOLAR
H1Z2Z2-K Ø 4mm
Tubo Forroplast
Ø 16mm

Contador
bidireccional



Red de
distribución



Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización

Autor: José M. Castilla Marrero

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: Mayo 2023

UNE-EN-DIN

Universidad
de La Laguna

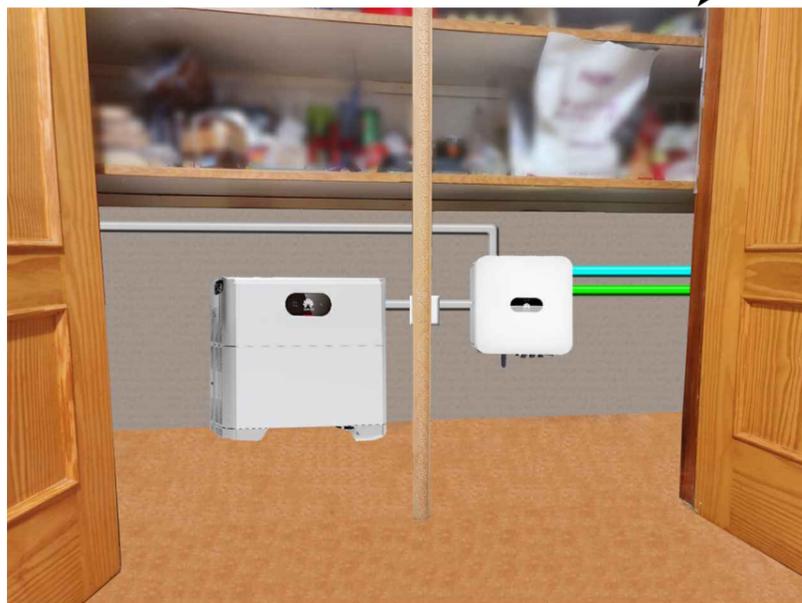
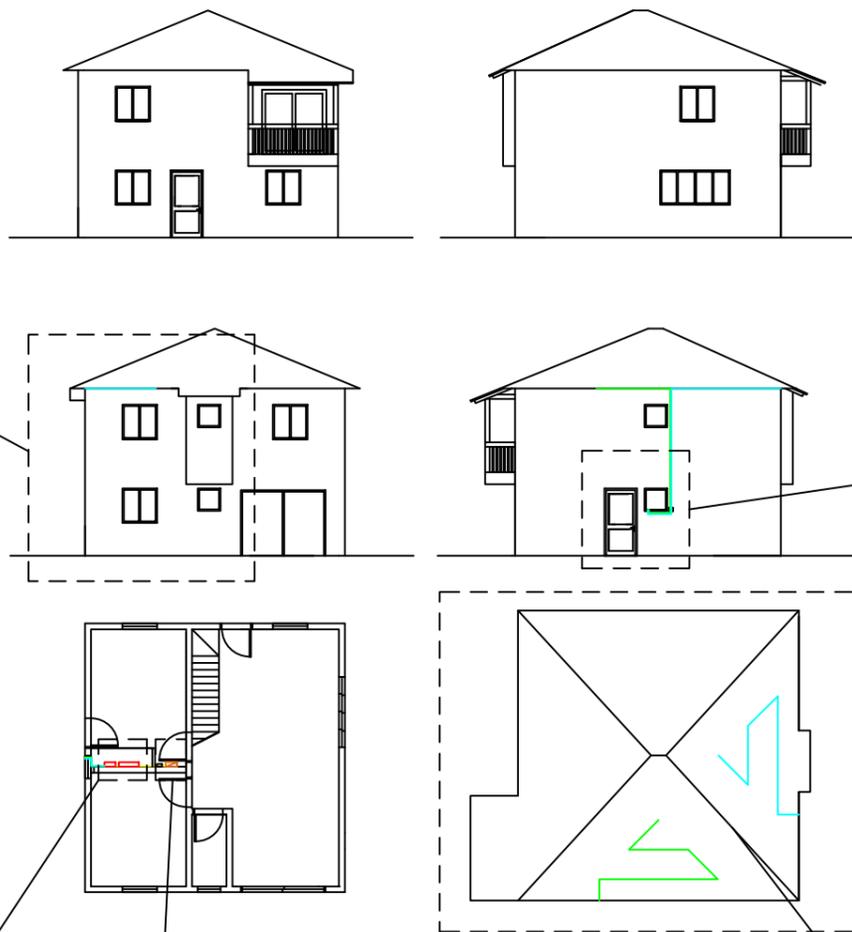
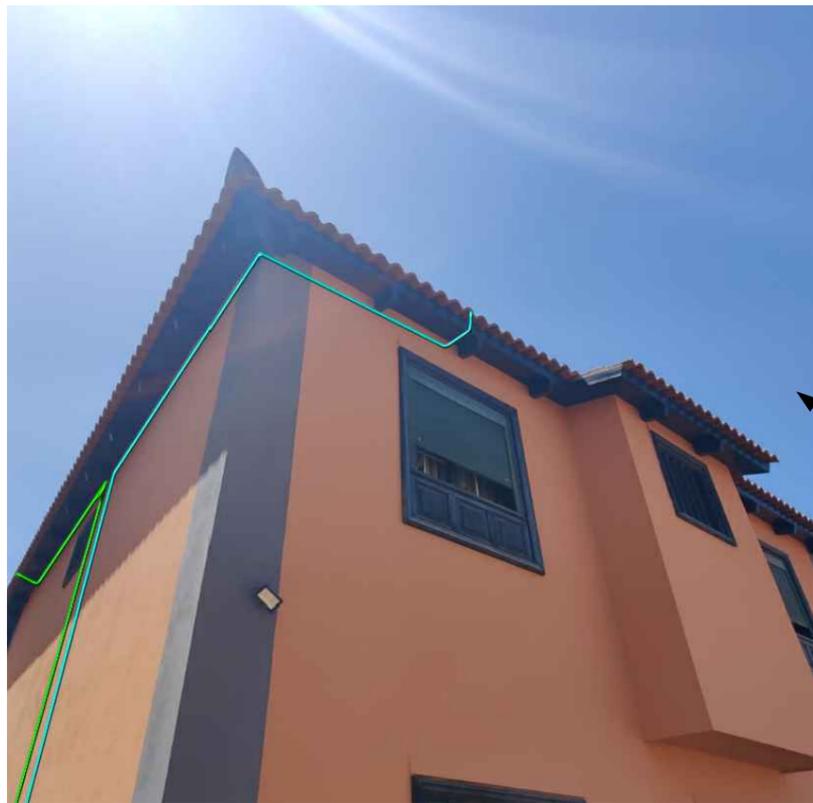
Grado Ingeniería Mecánica

Universidad de La Laguna

ESCALA:
S/E

Esquema Unifilar

Nº PLANO:
3.5



Proyecto de Instalación Fotovoltaica en una Urbanización			
Autor: José M. Castilla Marrero	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: Mayo 2023	Simulación fotográfica		Nº PLANO: 3.6
ESCALA: S/E			



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Mediciones y presupuesto de vivienda par	123
Mediciones y presupuesto de vivienda impar	127

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 Eléctricas					
1.1.1 Canalizaciones					
1.1.1.1 IEO010	m	Canalización mediante tubo de PVC Forroplast.			
		"Canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios y piezas especiales. "			
		Total m	50,200	2,37	118,97
1.1.1.2 HPH010	Ud	Perforación en hormigón para el paso de instalaciones.			
		Perforación por vía húmeda en muro de hormigón macizo, de 20 mm de diámetro, hasta una profundidad máxima de 35 cm, realizada con perforadora con corona diamantada, para el paso de instalaciones.			
		Total Ud	1,000	22,82	22,82
1.1.2 Cables					
1.1.2.1 IEH015a	m	Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4mm.			
		"Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión. "			
		Total m	4,200	1,37	5,75
1.1.2.2 IEH015	Ud	Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 6mm.			
		"Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x6 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión. "			
		Total Ud	46,000	1,62	74,52
1.1.3 Solar fotovoltaica					
1.1.3.1 IEF030	Ud	Batería de Litio Huawei LUNA2000-5-S0 5kWh + Controlador BMS.			
		Batería de litio-ferrofosfato Huawei LUNA2000-5-S0 5kWh, tensión nominal 360 V, dimensiones 670 x 150 x 600 mm , peso 12 kg, capacidad de aumento hasta 30 kWh, con sistema BMS y display para visualización del estado de carga. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.			
		Total Ud	1,000	3.918,58	3.918,58

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1.3.2 IEF001	Ud	Panel Solar JAM72S20-450/MR. Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 450 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 41,52 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 10,84 A, tensión en circuito abierto (Voc) 49,70 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 11,36 A, eficiencia 20,2%, 144 medias células, dimensiones 2120 x 1052 x 40 mm, peso 25 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. El precio no incluye la estructura soporte.			
		Total Ud	12,000	208,26	2.499,12
1.1.3.3 IEF020	Ud	Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W. Inversor monofásico, potencia máxima de entrada 5 kW, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, rango de trabajo del regulador entre los 90 y los 560V, eficiencia de 97,8%, dimensiones 365x365x156 mm, peso 12 kg, incluye protecciones eléctricas internas. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.			
		Total Ud	1,000	854,51	854,51
1.1.3.4 IEF003	Ud	Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H. Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	223,09	446,18
1.1.3.5 IEF0031	Ud	Estructura Horizontal Tejas 2 Paneles Solares con varilla 01H. Estructura Horizontal Tejas 2 Paneles Solares con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	137,27	274,54
1.1.3.6 IEF00312	Ud	Estructura Horizontal Tejas 1 Panel Solar con varilla 01H. Estructura Horizontal Tejas 1 Panel Solar con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	72,98	145,96
1.1.4 Aparamenta					
1.1.4.1 IEX3001	Ud	Fusible cilíndrico 32A. "Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 2 A, poder de corte 20 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos de 8,5x31,5 mm, unipolar (1P), modelo STI A9N15635." "			
		Total Ud	1,000	12,32	12,32
1.1.4.2 IEX300	Ud	Fusible cilíndrico 16A. "Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 2 A, poder de corte 20 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos de 8,5x31,5 mm, unipolar (1P), modelo STI A9N15635." "			
		Total Ud	2,000	12,02	24,04
1.1.4.3 IEX050	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, modular. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (1P+N), intensidad nominal 32 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iK60N A9K17632 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud	1,000	57,63	57,63
1.1.4.4 IEX060	Ud	Interruptor diferencial modular, "SCHNEIDER ELECTRIC". Interruptor diferencial instantáneo, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, clase AC, modelo iID A9R60240 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud	1,000	79,35	79,35

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1.4.5 IEX075	Ud	Protector contra sobretensiones transitorias, modular.			
		"Protector contra sobretensiones transitorias, de 2 módulos, bipolar (2P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 1,8 kV, intensidad máxima de descarga 40 kA, modelo NU6-II-2-15-385 "CHINT ELECTRICS".			
		"			
		Total Ud	1,000	214,34	214,34
1.1.4.6 IEX0751	Ud	Caja de distribución, modular.			
		Caja de distribución de plástico, de superficie, con grados de protección IP65 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 5 módulos.			
		Total Ud	3,000	22,82	68,46

Capítulo	Importe
Instalaciones	8.817,09
Presupuesto de ejecución material	8.817,09
6% de beneficio industrial	529,0254
7% IGIC	617,1963
Presupuesto de ejecución por contrata (PEM)	9.963,31

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de NUEVE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y TRES EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS.

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 Eléctricas					
1.1.1 Canalizaciones					
1.1.1.1 IEO010	m	Canalización mediante tubo de PVC Forroplast.			
		"Canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Instalación fija en superficie. Incluso accesorios y piezas especiales. "			
		Total m	71,200	2,37	168,74
1.1.1.2 HPH010	Ud	Perforación en hormigón para el paso de instalaciones.			
		Perforación por vía húmeda en muro de hormigón macizo, de 20 mm de diámetro, hasta una profundidad máxima de 35 cm, realizada con perforadora con corona diamantada, para el paso de instalaciones. "			
		Total Ud	1,000	22,82	22,82
1.1.2 Cables					
1.1.2.1 IEH015a	m	Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 4mm.			
		"Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión. "			
		Total m	4,200	1,37	5,75
1.1.2.2 IEH015	Ud	Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP" 6mm.			
		"Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x6 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro, y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, reducida emisión de gases tóxicos, libre de halógenos, nula emisión de gases corrosivos, resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío, resistencia a los rayos ultravioleta, resistencia a los agentes químicos, resistencia a las grasas y aceites, resistencia a los golpes y resistencia a la abrasión. "			
		Total Ud	67,000	1,62	108,54
1.1.3 Solar fotovoltaica					
1.1.3.1 IEF030	Ud	Batería de Litio Huawei LUNA2000-5-S0 5kWh + Controlador BMS.			
		Batería de litio-ferrofosfato Huawei LUNA2000-5-S0 5kWh, tensión nominal 360 V, dimensiones 670 x 150 x 600 mm , peso 12 kg, capacidad de aumento hasta 30 kWh, con sistema BMS y display para visualización del estado de carga. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. "			
		Total Ud	1,000	3.918,58	3.918,58

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1.3.2 IEF001	Ud	Panel Solar JAM72S20-450/MR.			
		Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 450 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 41,52 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 10,84 A, tensión en circuito abierto (Voc) 49,70 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 11,36 A, eficiencia 20,2%, 144 medias células, dimensiones 2120 x 1052 x 40 mm, peso 25 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. El precio no incluye la estructura soporte.			
		Total Ud	12,000	208,26	2.499,12
1.1.3.3 IEF020	Ud	Inversor Huawei SUN2000-5KTL-L1 5000W.			
		Inversor monofásico, potencia máxima de entrada 5 kW, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, rango de trabajo del regulador entre los 90 y los 560V, eficiencia de 97,8%, dimensiones 365x365x156 mm, peso 12 kg, incluye protecciones eléctricas internas. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.			
		Total Ud	1,000	854,51	854,51
1.1.3.4 IEF003	Ud	Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H.			
		Estructura Horizontal Tejas 3 Paneles Solares con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	223,09	446,18
1.1.3.5 IEF0031	Ud	Estructura Horizontal Tejas 2 Paneles Solares con varilla 01H.			
		Estructura Horizontal Tejas 2 Paneles Solares con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	137,27	274,54
1.1.3.6 IEF00312	Ud	Estructura Horizontal Tejas 1 Panel Solar con varilla 01H.			
		Estructura Horizontal Tejas 1 Panel Solar con varilla 01H, de aluminio, sobre cubierta inclinada. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.			
		Total Ud	2,000	72,98	145,96
1.1.4 Aparamenta					
1.1.4.1 IEX3001	Ud	Fusible cilíndrico 32A.			
		"Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 2 A, poder de corte 20 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos de 8,5x31,5 mm, unipolar (1P), modelo STI A9N15635.			
		Total Ud	1,000	12,32	12,32
1.1.4.2 IEX300	Ud	Fusible cilíndrico 16A.			
		"Conjunto fusible, formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 2 A, poder de corte 20 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos de 8,5x31,5 mm, unipolar (1P), modelo STI A9N15635.			
		Total Ud	2,000	12,02	24,04
1.1.4.3 IEX050	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, modular.			
		Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (1P+N), intensidad nominal 32 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iK60N A9K17632 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud	1,000	57,63	57,63
1.1.4.4 IEX060	Ud	Interruptor diferencial modular, "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Interruptor diferencial instantáneo, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, clase AC, modelo iID A9R60240 "SCHNEIDER ELECTRIC".			
		Total Ud	1,000	79,35	79,35

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1.4.5 IEX075	Ud	Protector contra sobretensiones transitorias, modular.			
		"Protector contra sobretensiones transitorias, de 2 módulos, bipolar (2P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 1,8 kV, intensidad máxima de descarga 40 kA, modelo NU6-II-2-15-385 "CHINT ELECTRICS".			
		Total Ud	1,000	214,34	214,34
1.1.4.6 IEX0751	Ud	Caja de distribución, modular.			
		Caja de distribución de plástico, de superficie, con grados de protección IP65 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 5 módulos.			
		Total Ud	3,000	22,82	68,46

Capítulo	Importe
Instalaciones	8.900,88
Presupuesto de ejecución material	8.900,88
6% de beneficio industrial	534,0528
7% IGIC	623,0616
Presupuesto de ejecución por contrata (PEM)	10.057,99

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DIEZ MIL CINCUENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS



**Escuela Superior
de Ingeniería y Tecnología**
Universidad de La Laguna

PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
EN UNA URBANIZACIÓN

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

AUTOR: JOSÉ MANUEL CASTILLA MARRERO

ÍNDICE: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

5.1.	Objeto.....	134
5.1.1	Descripción general de la obra	134
5.2.	Documentos del proyecto.....	134
5.3.	Normativa de aplicación	135
5.3.1	Permisos y licencias.....	138
5.4.	Condiciones particulares	138
5.4.1	Condiciones legales	138
5.4.1.1.	Leyes laborales de accidentes de trabajo	138
5.4.1.2.	Mano de obra.....	138
5.4.1.3.	Daños en propiedades vecinas.....	138
5.4.1.4.	Rescisión del contrato	139
5.4.1.5.	Formalizaciones del contrato.....	139
5.4.2	Condiciones de carácter facultativo.....	139
5.4.2.1.	Del titular de la instalación y sus obligaciones	139
5.4.2.2.	De la dirección facultativa.....	141
5.4.2.3.	De la empresa instaladora o contratista.....	141
5.4.2.4.	Documentación final	142
5.4.2.5.	Libro de órdenes.....	143
5.4.2.6.	Variaciones y planos de detalle	144
5.4.3	Condiciones del Contratista.....	144
5.4.3.1.	Verificación de los documentos del proyecto	145
5.4.3.2.	Plan de seguridad e higiene	146
5.4.3.3.	Limpieza de las obras	146
5.4.3.4.	Representación del contratista.....	146
5.4.3.5.	Trabajos no estipulados expresamente	146
5.4.3.6.	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto	147
5.4.4	Condiciones económicas	147
5.5.	Condiciones técnicas.....	148
5.5.1	Sistemas generadores fotovoltaicos.....	148
5.5.2	Estructura soporte	149
5.5.3	Inversores.....	150

5.5.4	Conductores	152
5.5.5	Armarios de distribución, protección y seccionamiento.....	153
5.5.6	Conexión a red	153
5.5.7	Protecciones	153
5.5.8	Puesta a tierra.....	153

5.1. Objeto

El presente pliego de condiciones tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnicas que deben regir, ejecutar, desarrollar y controlar la adecuada realización de este proyecto de construcción de una instalación solar fotovoltaica conectada a red. El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación y de las obras civiles necesarias para su realización.

En cualquier caso, se aplica toda la normativa que afecte a las instalaciones solares fotovoltaicas.

En ciertas situaciones determinadas del desarrollo del proyecto, se pueden realizar resoluciones distintas a las recogidas en este Pliego de Condiciones Técnicas, no obstante, estas deben ser de un carácter primordial y extraordinario, en el que bajo ningún concepto se pierda la calidad mínima que se espera en la instalación, quedando justificada la no aplicación directa en estos casos.

5.1.1 Descripción general de la obra

Instalación de paneles fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión en una urbanización de viviendas en Candelaria, Santa Cruz de Tenerife.

5.2. Documentos del proyecto

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- Memoria descriptiva
- Anexos
- Planos
- Pliego de condiciones
- Mediciones y presupuestos

5.3. Normativa de aplicación

En todo caso, serán de aplicación todas las normativas que afecten a las instalaciones solares fotovoltaicas. Por sus características concretas, en particular serán las siguientes:

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión

Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.

Ley 8/2005, de 21 de diciembre, de modificación de la Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.

RESOLUCIÓN de 18 de enero de 1988, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se autoriza el empleo del sistema de instalación con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico.

Real Decreto 2366/1994 de 9 de diciembre sobre producción de energía eléctrica para las instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables.

Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial.

Decreto 26/1996, de 9 de febrero, de la Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias por el que se simplifican los procedimientos administrativos aplicables a las instalaciones eléctricas.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.

Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. (BOE 27-12-2000).

Resolución de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectada a la red de Baja Tensión.

Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Real Decreto 1433/2002 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.

Ley 51/2002, de 27 de diciembre, de reforma de la Ley 39/1988, de 28 de diciembre, Reguladora de las Haciendas Locales, por la que se habilita a los Ayuntamientos para establecer bonificaciones en el Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras, a favor de las construcciones, instalaciones u obras que contribuyan o se refieran al uso de la energía solar, a los planes de fomento de la inversión privada en infraestructuras, a las viviendas de protección oficial y a las condiciones de acceso y habitabilidad de los discapacitados.

Real Decreto Ley 2/2003, de 25 de abril, de medidas de reforma económica. Capítulo II – Artículo 13 sobre “Fomento de las Energías Renovables”, y Artículo 14 “Fomento del aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía proveniente del sol para autoconsumo”.

Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

Decreto 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias.

Orden de 25 de mayo de 2007 (B.O.C. número 121, de 18 de junio de 2007), por la que se regula el procedimiento telemático para la puesta en servicio de instalaciones eléctricas de baja tensión.

Real Decreto 661/2007, de 26 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial que sustituye al Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial por una nueva regulación de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Fotovoltaicas conectadas a Red – Documento del IDAE. Año 2002.

Ordenanzas Municipales del municipio de Candelaria.

Normas UNE o UNE-EN que afecten a materiales e instalaciones del presente proyecto.

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos anteriormente mencionados se aplicará el criterio correspondiente al que tenga una fecha de aplicación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas.

5.3.1 Permisos y licencias

El peticionario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de todas las obras y abonará todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos.

5.4. Condiciones particulares

5.4.1 Condiciones legales

5.4.1.1. Leyes laborales de accidentes de trabajo

El contratista viene obligado a cumplir rigurosamente todas las legislaciones vigentes, o que puedan dictarse en el curso de los trabajos. Igualmente está obligado a tener a todo el personal a sus órdenes debidamente asegurado contra accidentes de trabajo, debiendo así probarlo si a ello fuera invitado por la Dirección Técnica o la Propiedad.

5.4.1.2. Mano de obra

El contratista deberá tener siempre en obra un número de operarios proporcional a la extensión y clase de los trabajos a juicio de la Dirección Técnica. Estos serán de aptitud reconocida experimentados en su oficio y en todo momento habrá en obra un técnico o encargado apto que vigile e intérprete los planos, y haga cumplir las órdenes de la Dirección y cuanto en este Pliego se especifica.

5.4.1.3. Daños en propiedades vecinas

Si con motivo de las obras el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que repararla por su cuenta. Asimismo, adoptará cuantas medidas sean

necesarias para evitar la caída de materiales o herramientas que puedan ser motivo de accidentes.

5.4.1.4. Rescisión del contrato

La rescisión, si se produjera, se registrará por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes. Serán causas suficientes de rescisión las siguientes: muerte o incapacitación del Contratista, quiebra del Contratista, alteraciones del contrato por las causas siguientes:

Modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director de Obras, y siempre que la variación del presupuesto sea de 25% como mínimo de su importe.

Variaciones en las unidades de obra en 40% - Suspensión de la obra comenzada. - No dar comienzo la Contrata a los trabajos en el plazo señalado.

Incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de las obras.

Abandono de la obra sin causa justificada.

5.4.1.5. Formalizaciones del contrato

La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del Contrato los Planos y demás documentos del Proyecto irán firmados por ambos.

5.4.2 Condiciones de carácter facultativo

5.4.2.1. Del titular de la instalación y sus obligaciones

Las comunicaciones del titular a la Administración se podrán realizar empleando la vía telemática (correo electrónico e internet), siempre y cuando quede garantizada la identidad

del interesado, asegurada la constancia de su recepción y la autenticidad, integridad y conservación del documento.

Cualquier solicitud o comunicación que se realice en soporte papel, se dirigirá al Director General competente en materia de energía y se presentará en el registro de la Consejería competente en materia de energía, o en cualquiera de los lugares habilitados por el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

La inexactitud o falsedad en cualquier dato, manifestación o documento, de carácter esencial, que se acompañe o incorpore a una comunicación previa implicará la nulidad de lo actuado, impidiendo desde el momento en que se conozca, el ejercicio del derecho o actividad afectada, sin perjuicio de las responsabilidades, penales, civiles o administrativas a que hubiera lugar.

Antes de iniciar el procedimiento correspondiente, el titular de las mismas deberá disponer del punto de conexión a la red de distribución o transporte y de los oportunos permisos que le habiliten para la ocupación de suelo o para el vuelo sobre el mismo. En caso de no poseer todos los permisos de paso deberá iniciar la tramitación conjuntamente con la de utilidad pública cuando proceda.

El titular o Propiedad de una instalación eléctrica podrá actuar mediante representante, el cual deberá acreditar, para su actuación frente a la Administración, la representación con que actúa, de acuerdo con lo establecido en el artículo 32.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas de generación, transporte, distribución, conexión, enlace y receptoras deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento sus instalaciones eléctricas, utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales.

El titular deberá presentar, junto con la solicitud de puesta en servicio de las instalaciones eléctricas privadas, las de generación en régimen especial y las instalaciones eléctricas de baja tensión que requieran mantenimiento, conforme a lo establecido en las “Instrucciones y Guía sobre la Legalización de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión” (anexo VII del

decreto 141/2009), un contrato de mantenimiento con empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento.

No obstante, cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de automantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

5.4.2.2. De la dirección facultativa

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en la obra o instalación. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra. En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente.

La dirección facultativa velará porque los productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación que acredite las características de los mismos, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista, así como las garantías que ostente.

5.4.2.3. De la empresa instaladora o contratista

La empresa instaladora o Contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial correspondiente del órgano competente en materia de energía, que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones eléctricas que se le encomiende y esté autorizada para ello.

Además de poseer la correspondiente autorización del órgano competente en materia de energía, contará con la debida solvencia reconocida por el Ingeniero-Director.

El contratista se obliga a mantener contacto con la empresa suministradora de energía a través del Director de Obra, para aplicar las normas que le afecten y evitar criterios dispares.

El Contratista estará obligado al cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo y cuantas disposiciones legales de carácter social estén en vigor y le afecten.

El Contratista deberá adoptar las máximas medidas de seguridad en el acopio de materiales y en la ejecución, conservación y reparación de las obras, para proteger a los obreros, público, vehículos, animales y propiedades ajenas de daños y perjuicios.

El Contratista deberá obtener todos los permisos, licencias y dictámenes necesarios para la ejecución de las obras y puesta en servicio, debiendo abonar los cargos, tasas e impuestos derivados de ellos.

El Contratista está obligado al cumplimiento de lo legislado en la Reglamentación Laboral y demás disposiciones que regulan las relaciones entre patrones y obreros. Debiendo presentar al Ingeniero-Director de obra los comprobantes de los impresos TC-1 y TC-2 cuando se le requieran, debidamente diligenciados por el Organismo acreditado.

Asimismo, el Contratista deberá incluir en la contrata la utilización de los medios y la construcción de las obras auxiliares que sean necesarias para la buena ejecución de las obras principales y garantizar la seguridad de las mismas

El Contratista cuidará de la perfecta conservación y reparación de las obras, subsanando cuantos daños o desperfectos aparezcan en las obras, procediendo al arreglo, reparación o reposición de cualquier elemento de la obra.

5.4.2.4. Documentación final

Concluidas las obras necesarias de la instalación eléctrica, ésta deberá quedar perfectamente documentada y a disposición de todos sus usuarios, incluyendo sus características técnicas, el nivel de calidad alcanzado, así como las instrucciones de uso y mantenimiento adecuadas a la misma, la cual contendrá como mínimo lo siguiente:

Documentación administrativa y jurídica: datos de identificación de los profesionales y empresas intervinientes en la obra, acta de recepción de obra o documento equivalente, autorizaciones administrativas y cuantos otros documentos se determinen en la legislación.

Documentación técnica: el documento técnico de diseño (DTD) correspondiente, los certificados técnicos y de instalación, así como otra información técnica sobre la instalación, equipos y materiales instalados.

Instrucciones de uso y mantenimiento: información sobre las condiciones de utilización de la instalación, así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un "Manual de Instrucciones o anexo de Información al usuario". Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de instrucciones de uso y mantenimiento: para instalaciones privadas, receptoras y de generación en régimen especial, información sobre las condiciones de utilización de la instalación, así como las instrucciones para el mantenimiento adecuado, que se plasmará en un "Manual de Instrucciones o Anexo de Información al usuario". Dicho manual contendrá las instrucciones generales y específicas de uso (actuación), de seguridad (preventivas, prohibiciones ...) y de mantenimiento (cuáles, periodicidad, cómo, quién ...) necesarias e imprescindibles para operar y mantener, correctamente y con seguridad, la instalación teniendo en cuenta el nivel de cualificación previsible del usuario final. Se deberá incluir, además, tanto el esquema unifilar, como la documentación gráfica necesaria.

Certificados de eficiencia energética: documentos e información sobre las condiciones verificadas respecto a la eficiencia energética del edificio.

Esta documentación será recopilada por el promotor y titular de la instalación, que tendrá la obligación de mantenerla y custodiarla durante su vida útil y en el caso de edificios o instalaciones que contengan diversas partes que sean susceptibles de enajenación a diferentes personas, el Promotor hará entrega de la documentación a la Comunidad de Propietarios que se constituya.

5.4.2.5. Libro de órdenes

En las instalaciones eléctricas para las que preceptivamente sea necesaria una Dirección Facultativa, éstas tendrán la obligación de contar con la existencia de un Libro de Órdenes donde queden reflejadas todas las incidencias y actuaciones relevantes en la obra y sus hitos,

junto con las instrucciones, modificaciones, órdenes u otras informaciones dirigidas al Contratista por la Dirección Facultativa.

Dicho libro de órdenes estará en la oficina de la obra y será diligenciado y fechado, antes del comienzo de las mismas, por el correspondiente Colegio Oficial de profesionales con competencias en la materia y el mismo podrá ser requerido por la Administración en cualquier momento, durante y después de la ejecución de la instalación, y será considerado como documento esencial en aquellos casos de discrepancia entre la dirección técnica y las empresas instaladoras intervinientes.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es de carácter obligatorio para el Contratista, así como aquellas que recoge el presente Pliego de Condiciones.

El contratista o empresa instaladora autorizada, estará obligado a transcribir en dicho Libro cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de la Dirección Facultativa, y a firmar el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la autorización de tales transcripciones por la Dirección en el Libro indicado.

El citado Libro de Órdenes y Asistencias se registrará según el Decreto 462/1971 y la Orden de 9 de Junio de 1971.

5.4.2.6. Variaciones y planos de detalle

Este proyecto queda sujeto a cualquier variación que se juzgue conveniente por la Dirección Facultativa, y que no altere esencialmente el proyecto, precios y condiciones del contrato, a su vez se reserva el derecho al dictamen sobre todos aquellos puntos que no quedasen suficientemente aclarados en los documentos del proyecto.

La Dirección Facultativa se reserva el derecho de presentar a lo largo de las obras cuantos planos de detalles sean necesarios y convenientes para realizar el presente Proyecto, con la obligatoriedad por parte del contratista de ser respetados.

5.4.3 Condiciones del Contratista

La obligación del Constructor o Contratista será el suministro de todos los materiales, equipos, manos de obra, servicios, accesorios y ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto acabado y puesta en marcha de la instalación solar fotovoltaica

descrita en la Memoria, representada en los Planos y valorada en el Presupuesto y la cual será montada de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones Técnicas. Todos los suministros y trabajo referidos se entienden incluidos en el precio total de contratación. No están incluidos los siguientes suministros: Andamiajes y obras auxiliares de albañilería.

El Contratista y el/los Subcontratistas deberán estar al día en sus obligaciones tributarias, así como con la Seguridad Social en el momento de iniciar las obras.

El Contratista y el/los Subcontratista/as deberá elaborar un plan de seguridad y salud acorde con lo dispuesto en el estudio básico de seguridad y salud contemplado en este proyecto, antes del inicio de las obras y presentarlo al coordinador de seguridad y salud de la obra.

El Contratista o Subcontratista/as deberán estar al día en la normativa vigente que afecta a las instalaciones a las cuales ofertan su trabajo. La incorrecta ejecución de la instalación por parte del contratista en referencia a dichas normas o prescripciones, delimitarán la responsabilidad del técnico que suscribe, siendo el contratista o subcontratista/as el único responsable. Antes de iniciar las obras deberán solicitar una copia del proyecto técnico a la propiedad para su estudio y análisis, y concertar con el ingeniero director de obra un replanteo general antes de iniciar los trabajos. Durante la ejecución de los mismos y ante una duda manifiesta de imposibilidad de ejecución de lo proyectado consultará al técnico director otras soluciones técnicas alternativas.

Para la buena ejecución de las obras el ingeniero creará el libro de órdenes, que estará a la custodia del contratista en la caseta o espacio habilitado dentro de la obra. El Contratista y Subcontratista consultarán en el libro de órdenes lo indicado por el técnico redactor para la buena ejecución de la obra. También mantendrá una copia del proyecto técnico en la obra.

5.4.3.1. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras e inmediatamente después de recibidos, el Constructor deberá confrontar la documentación relacionada con el proyecto que le haya sido aportada y deberá informar con la mayor brevedad posible al Director de las Obras sobre cualquier discrepancia, contradicción u omisión solicitando las aclaraciones pertinentes.

5.4.3.2. Plan de seguridad e higiene

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Director de Obra de la dirección facultativa.

5.4.3.3. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de material sobrante, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

5.4.3.4. Representación del contratista

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena, y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata. Serán sus funciones las del Constructor según se especifica el principio de este apartado. El Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos. El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Director de Obra para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

5.4.3.5. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos del Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director de Obra dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución. Se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 o del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

5.4.3.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Director de Obra. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

El Constructor podrá requerir al Director de Obra las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado

5.4.4 Condiciones económicas

La garantía, cuyo ámbito de aplicación se muestra a continuación, incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra. El ámbito general de la garantía es el siguiente, constando de dos puntos principales:

Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

5.5. Condiciones técnicas

5.5.1 Sistemas generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer la especificación UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación. Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de esas características, estas deberán ser aprobadas por la dirección facultativa.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP54. Los marcos laterales, si existen serán de aluminio o acero inoxidable. Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 5\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o

burbujas en el encapsulante. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células. La estructura del generador se conectará a tierra. Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

5.5.2 Estructura soporte

La estructura soporte de módulos fotovoltaicos deberá resistir, con éstos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE) relativo a Seguridad Estructural.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será conforme a lo indicado en el Documento Básico DB SE-A “Seguridad Estructural-Acero”.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustarán a las exigencias indicadas

en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el apartado de “Condiciones a satisfacer en cuanto a la Orientación e inclinación y sombras del generador fotovoltaico” del presente Pliego de Condiciones, sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

El cálculo y características de la estructura soporte se obtiene de lo indicado en el Documento Básico DB SE-A “Seguridad Estructural-Acero”.

5.5.3 Inversores

Son dispositivos electrónicos que convierten la corriente continua (CC) en alterna (CA), basándose en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad, por lo que permiten utilizar receptores de CA en instalaciones aisladas de la red, y conectar los sistemas fotovoltaicos a la red de distribución eléctrica.

La potencia del inversor será como mínimo el 80% de la potencia pico real del generador fotovoltaico. Sus parámetros fundamentales vienen determinados por:

Voltaje y corriente de entrada del inversor, que se debe adaptar a la del generador

Potencia máxima que puede proporcionar la forma de onda en la salida (sinusoidal pura o modificada, etc.).

Frecuencia de trabajo y la eficiencia, próximas al 85%.

Voltaje de fase/s en la red

Potencia reactiva de salida del inversor (para instalaciones mayores de 5 kWp)

Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a: cortocircuitos en alterna, tensión de red fuera de rango, frecuencia de red fuera de rango, sobretensiones, mediante varistores o similares, y perturbaciones

presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

El inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y uso. El inversor incorporará, al menos, los controles manuales de encendido y apagado general del inversor, y conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superior a las CEM. Además soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.

El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0°C y 40°C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.

5.5.4 Conductores

Serán los que se indican en los documentos del presente proyecto y en todo momento cumplirán con las prescripciones generales establecidas en la ICT-BT-19 del REBT.

Estos serán de cobre y serán siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como se indica en la ICT-BT-20 del REBT.

El cobre utilizado en la fabricación de cables o realización de conexiones de cualquier tipo o clase, cumplirá las especificaciones contenidas en la Norma UNE correspondiente y el REBT, siendo de tipo comercial puro, de calidad y resistencia mecánica uniforme y libre de todo defecto mecánico.

No se admite la colocación de conductores que no sean los especificados en los esquemas eléctricos del presente proyecto. De no existir en el mercado un tipo determinado de estos conductores la sustitución por otro habrá de ser autorizada por la Dirección Facultativa.

Los conductores necesarios serán de cobre y tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos, debiendo ser suficiente además para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE correspondiente.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos fotovoltaicos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de engancho por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será conforme a lo indicado en la norma UNE que le es de aplicación.

Se respetará en todo momento el REBT en lo que a conducciones de cable se refiere.

Para alturas con respecto al suelo inferior a 2,5 m, el cableado discurrirá en tubo de acero, que será puesto a la tierra del sistema.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie. Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

5.5.5 Armarios de distribución, protección y seccionamiento

Estarán fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio con un grado de protección IP 65 y serán de clase II.

5.5.6 Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán 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, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

5.5.7 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

5.5.8 Puesta a tierra

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se justificarán los elementos utilizados para garantizar esta condición. Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente.

Conclusions

The Canary Islands have a set of natural resources that, compared to the rest of the national territory, could allow us to supply ourselves with the required energy through renewable sources.

This document focuses on studying the energy needs of a housing developing in Barranco Hondo, with the aim of proposing an efficient and environmentally friendly way to reduce energy costs on time. Various activities have been carried out, such as gathering information, calculating energy requirements, designing the photovoltaic installation, and analyzing the budget.

The result is an efficient photovoltaic installation that meets the technical and economic requirements. This project serves as an example to promote the use of renewable energy and supports the strategy for sustainability and climate change mitigation.

Year after year, photovoltaic installations reduce their costs and improve their performance for the investment in development they have, and as stated before, the sun produces enough energy to supply the entire planet, which is something to take into consider.

Finally, comment that I consider that this project raises a real and future alternative, which is why I did it, that I would like to be able to carry out at some point.

In conclusion, a photovoltaic solution is proposed to meet the energy needs of the urbanization, raising a real and future alternative that could be carried out at some point, considering technical, economic, and environmental aspects.

