



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

JULIO 2024

Agradecimientos

Al Colegio Cisneros por ser mi casa durante 15 años de mi vida y siempre tener la puerta abierta a exalumnos que necesitan su ayuda.

Además de a mi familia por ser mi apoyo incondicional y no soltarme la mano en este viaje tan duro pero tan bonito a la vez.

RESUMEN

En la actualidad, las energías renovables juegan un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático y la evolución de la sociedad hacia un futuro sostenible.

El presente proyecto tiene como finalidad abarcar la mayor parte del consumo de un colegio situado en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, en Tenerife, mediante energías limpias. Dicha instalación contará con una potencia nominal de 100 kW y potencia pico de 99,55 kWp, por medio de 181 placas fotovoltaicas para su autoconsumo instantáneo.

Se busca con ello, generar menos emisiones de gases efecto invernadero, utilizando la energía solar como alternativa a las energías tradicionales. Además de reducir con el tiempo los costes económicos que supone.

Palabras clave: Energía, fotovoltaica, placas e instalación.

ABSTRACT

Nowadays, renewable energies play a fundamental role in the fight against climate change and the evolution of society towards a sustainable future. In this project, solar energy is used as a sustainable alternative to generate clean energy.

The aim of this project is to cover most of the consumption of a school located in the municipality of San Cristóbal de La Laguna, in Tenerife, by means of clean energies. This installation will have a nominal power of 100 kW and peak power of 99.55 kWp, by means of 181 photovoltaic panels for instantaneous self-consumption.

The aim is to generate fewer greenhouse gas emissions by using solar energy as an alternative to traditional energy sources. In addition to reducing the economic costs involved over time.

Keywords: Energy, photovoltaic, panels and installation.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

ÍNDICE GENERAL

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. ALCANCE	1
3. ANTECEDENTES	1
4. NORMAS Y REFERENCIAS	2
4.1. Normativa aplicada	2
4.2. Software empleados	4
5. MARCO TEÓRICO	4
5.1. Energía fotovoltaica	4
5.1.1. Introducción	4
5.1.2. Radiación e irradiancia	5
5.1.3. Células fotovoltaicas	9
5.1.4. Tipos de plantas fotovoltaicas	12
5.2. Autoconsumo	14
5.3. Comunidad Energética	16
6. REQUISITOS DE DISEÑO	18
6.1. Situación y emplazamiento	18
6.2. Descripción de la actividad del edificio	20
7. RESULTADOS FINALES	21
7.1. Características de la instalación	21
7.2. Componentes	21
7.2.1. Paneles comerciales adoptados	21
7.2.1.1. Características constructivas	22
7.2.1.2. Características físicas	24
7.2.1.3. Características eléctricas	25
7.2.2. Inversor	26
7.2.3. Estructura soporte	28

7.2.4. Contador	29
7.2.5. Cableado	30
7.2.5.1. Cableado entre serie e inversor	30
7.2.5.2. Cableado entre la salida del inversor y cuadro de protección alterna	31
7.2.5.3. Cableado entre el cuadro de protección de alterna y el cuadro general de mando y protección del edificio	31
7.2.6. Protecciones	31
7.2.6.1. Protecciones en líneas de CC	31
7.2.6.2. Protección de líneas en CA	32
7.2.7. Instalación de puesta a tierra	33
8. CONCLUSION	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE

1. DIMENSIONADO	1
1.1. Cantidad de paneles necesarios	1
1.2. Cantidad de inversores	1
1.3. Cantidad de paneles por inversor	2
1.4. Distancia mínima entre string	3
2. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LÍNEAS	4
2.1. Cálculo de las líneas en CC	5
2.2. Cálculo de las líneas en CA	6
2.2.1. Líneas desde los inversores hasta cuadro de protección de alterna	7
2.2.2. Línea desde cuadro de protección de alterna hasta cuadro general de mando y protección del edificio	8
3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS	9
4. PRODUCCIÓN DEL SISTEMA	11
5. PRODUCCIÓN ANUAL DE ENERGÍA	15
6. REPARTO ENERGÉTICO	16

ÍNDICE

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

1

ÍNDICE

- 1. PANELES SOLARES**
- 2. INVERSOR**
- 3. SOPORTES**
- 4. CONTADOR**

ÍNDICE

- 1. SITUACIÓN**
- 2. EMPLAZAMIENTO**
- 3. DISTRIBUCIÓN DEL COLEGIO**
- 4. DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	1
CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE	1
CAPÍTULO 2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	2
RESUMEN POR CAPÍTULOS	8
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	9
2. MODELO DE SUBVENCIÓN	10

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 5.1. Tipos de radiación solar	5
Ilustración 5.2. Ejemplo de irradiancia diaria en Santa Cruz de Tenerife	7
Ilustración 5.3. Mapa de irradiancia por zonas españolas	8
Ilustración 5.4. Proceso de fabricación de las células fotovoltaicas	10
Ilustración 5.5. Qué ocurre cuando dentro de una célula fotovoltaica	12
Ilustración 5.6. Instalación con conexión a la red eléctrica	13
Ilustración 5.7. Evolución del autoconsumo en España	15
Ilustración 5.8. Ejemplo de Comunidad Energética	17
Ilustración 6.1. Emplazamiento Colegio Cisneros Alter	19
Ilustración 6.2. Vista 3D Colegio Cisneros Alter	20
Ilustración 7.1. Modelo DM550M10-72HSW/-V de DMEGC Solar	22
Ilustración 7.2. Componentes de un módulo fotovoltaico	24
Ilustración 7.3. Medidas del módulo fotovoltaico seleccionado	25
Ilustración 7.4. Inversor FRONIUS TAURO ECO 50-3-D	27
Ilustración 7.5. Estructura soporte de Solarbloc de 18°	28
Ilustración 7.6. Contador FRONIUS SMART METER TS 5KA	29
Ilustración 7.7. Caja de protección de CC	30
Ilustración 7.8. Cableado RZ1-K (AS) 0,6/1 kV	31
Ilustración 7.9. Base modular de 16 A	32
Ilustración 7.10. Caja de protección y distribución de CA	33
Ilustración 10.1. Distancia entre los string	4
Ilustración 12.1. Diagrama de pérdidas por orientación e inclinación	11
Ilustración 12.2. Diagrama de resultado de pérdidas	11
Ilustración 13.1. Producción de energía mensual del sistema FV fijo	13
Ilustración 13.2. Irradiación mensual sobre plano fijo	13
Ilustración 14.1. Producción, autoconsumo y excedentes estimados	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Valores medios de irradiación por zonas españolas	8
Tabla 7.1. Características físicas del módulo fotovoltaico seleccionado	24
Tabla 7.2. Condiciones STC	26
Tabla 7.3. Características eléctricas en STC	26
Tabla 7.4. Especificaciones técnicas del inversor	27
Tabla 7.5. Especificaciones técnicas del contador	29
Tabla 11.1. Cálculo de sección de la línea de CC	5
Tabla 11.2. Cálculo de sección de la línea de CA (primer tramo)	7
Tabla 11.3. Cálculo de intensidad de la línea de CA (primer tramo)	8
Tabla 11.4. Cálculo de sección de la línea de CA (segundo tramo)	8
Tabla 11.5. Cálculo de intensidad de la línea de CA (segundo tramo)	9
Tabla 12.1. Porcentaje de pérdidas máximas	9
Tabla 13.1. Energía e irradiación solar mensual	14
Tabla 14.1. Producción total de energía fotovoltaica al año	15
Tabla 14.2. Diferencia de energía producida y necesaria	15
Tabla 15.1. Potencia Media Consumida por Instalación	16
Tabla 16.1. Factores de emisión	1
Tabla 18.1. Subvención	10
Tabla 18.2. Ahorro en el presupuesto	10

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

MEMORIA

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. ALCANCE	1
3. ANTECEDENTES	1
4. NORMAS Y REFERENCIAS	2
4.1. Normativa aplicada	2
4.2. Software empleados	4
5. MARCO TEÓRICO	4
5.1. Energía fotovoltaica	4
5.1.1. Introducción	4
5.1.2. Radiación e irradiancia	5
5.1.3. Células fotovoltaicas	9
5.1.4. Tipos de plantas fotovoltaicas	12
5.2. Autoconsumo	14
5.3. Comunidad Energética	16
6. REQUISITOS DE DISEÑO	18
6.1. Situación y emplazamiento	18
6.2. Descripción de la actividad del edificio	20
7. RESULTADOS FINALES	21
7.1. Características de la instalación	21
7.2. Componentes	21
7.2.1. Paneles comerciales adoptados	21
7.2.1.1. Características constructivas	22
7.2.1.2. Características físicas	24
7.2.1.3. Características eléctricas	25
7.2.2. Inversor	26
7.2.3. Estructura soporte	28

7.2.4. Contador	29
7.2.5. Cableado	30
7.2.5.1. Cableado entre serie e inversor	30
7.2.5.2. Cableado entre la salida del inversor y cuadro de protección alterna	31
7.2.5.3. Cableado entre el cuadro de protección de alterna y el cuadro general de mando y protección del edificio	31
7.2.6. Protecciones	31
7.2.6.1. Protecciones en líneas de CC	31
7.2.6.2. Protección de líneas en CA	32
7.2.7. Instalación de puesta a tierra	33
8. CONCLUSION	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36

1. OBJETIVO

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y estudio del suministro eléctrico para el autoconsumo instantáneo a través de la energía fotovoltaica. Se busca generar una energía inagotable, limpia y respetable con el medio ambiente. Que cumpla además, con las normativas y reglamentos vigentes en España.

Esta instalación acabará con el uso de energías no renovables, generando con el tiempo beneficios medioambientales además de económicos. Con ello, se busca en el futuro promover el uso de Comunidades Energéticas con los miembros más próximos al proyecto actual.

2. ALCANCE

El alcance de este proyecto se distribuirá de la siguiente manera:

- Dimensionado de la instalación fotovoltaica.
- Descripción del diseño de las placas fotovoltaicas, además de sus componentes.
- Cálculo del cableado y las potencias demandadas por el proyecto.
- Análisis de la producción del sistema y reparto energético de la instalación.
- Estudio medioambiental para la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Estudio sobre la viabilidad económica del proyecto. Mediciones, presupuesto y subvenciones disponibles para la implementación.

3. ANTECEDENTES

En la actualidad, la sociedad se está concienciando del cambio climático en el que estamos envueltos. Por ello, hay que buscar soluciones para frenarlo. Una de

estas soluciones es el cambio de energías fósiles a energías limpias, como son las renovables. El problema del cambio es el gran coste de instalación que tienen como en este caso los módulos fotovoltaicos. Aunque al principio suponga un coste elevado, a la larga el ahorro económico es notorio. Además, hoy en día existen ayudas económicas del gobierno para las Comunidades Energéticas.

Por todo ello, en este proyecto se presenta en un colegio concertado ubicado en San Cristobal de La Laguna en Tenerife que busca la sostenibilidad eléctrica. Dicho colegio es bastante amplio y cuenta con muchas zonas, las cuales requieren de mucho consumo energético, como pueden ser un comedor, un salón de actos, un pabellón, un edificio para el gimnasio y parking, varias naves y dos edificios de aulas.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1. Normativa aplicada

- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- **Ley 6/2022**, de 27 de diciembre, de cambio climático y transición energética de Canarias.
- **Real Decreto 314/2006**, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- **Real Decreto 900/2015**, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- **Real Decreto Ley 15/2018**, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- **Real Decreto 244/2019**, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto-ley 23/2020**, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- **Real Decreto 1183/2020**, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- **Real Decreto 1038/2012**, de 6 de julio, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- **Directiva (UE) 2018/2001** relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- **Directiva (UE) 2019/944** sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad
- **Orden TED/448/2023**, de 28 de abril, por la que se establecen las bases reguladoras para el programa de concesión de ayudas para instalaciones de generación de energía eléctrica en las islas, a partir de fuentes de energía renovable, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea-Next Generation EU.
- **UNE-EN 61215** Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación. Parte 1-3: Requisitos especiales de ensayo para módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada basados en silicio amorfo.
- **UNE-EN 61730** Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV). Parte 1: Requisitos de construcción. Parte 2: Requisitos para ensayos.
- Resto de normas UNE o UNE-EN que afecten a materiales e instalaciones del presente proyecto.
- Ordenanzas Municipales del Municipio de San Cristóbal de La Laguna.

Además del resto de normas que le sean de aplicación.

4.2. Software empleados

Durante la elaboración del presente proyecto se emplearon diferentes programas para la realización de los cálculos y de las representaciones de los planos.

- **Excel 2024:** Empleado para la resolución de dimensionado, cálculos eléctricos de las líneas y otros aspectos asociadas al *Anexo I: Cálculos*.
- **PVGIS:** Para la obtención de la producción del sistema que se encuentra también en el *Anexo I: Cálculos*.
- **CYPELEC PV System 2024:** Software en el que se realizó la simulación completa de la instalación fotovoltaica. Se obtuvo así la solución de la instalación proyectada.
- **Autocad 2024:** Utilizado para la representación y procesamiento de los *Planos*.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Energía fotovoltaica

5.1.1. Introducción

La energía solar ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años como solución a los combustibles fósiles en esta nueva generación de energías limpias y sostenibles. Esta tecnología acoge gran interés en regiones en las que la irradiancia es mayor como ocurre en Canarias, concretamente en la isla de Tenerife, lugar en el que se ubica el presente proyecto.

Este tipo de energía renovable es inagotable y no contaminante ya que utiliza la radiación solar para la producción de electricidad. Es modular, por lo que se pueden generar desde pequeños paneles solares para el consumo propio, hasta grandes plantas fotovoltaicas.

5.1.2. Radiación e irradiancia

En primer lugar, antes de conocer cualquier sistema que funcione mediante la energía solar, es necesario explicar tres conceptos que son claves en él, pero de los que hay gran confusión: la radiación, irradiación e irradiancia.

La radiación solar es la energía emitida por el sol, la cual se propaga en todas las direcciones a través de ondas electromagnéticas. Esta puede incidir en la superficie de tres maneras diferentes:

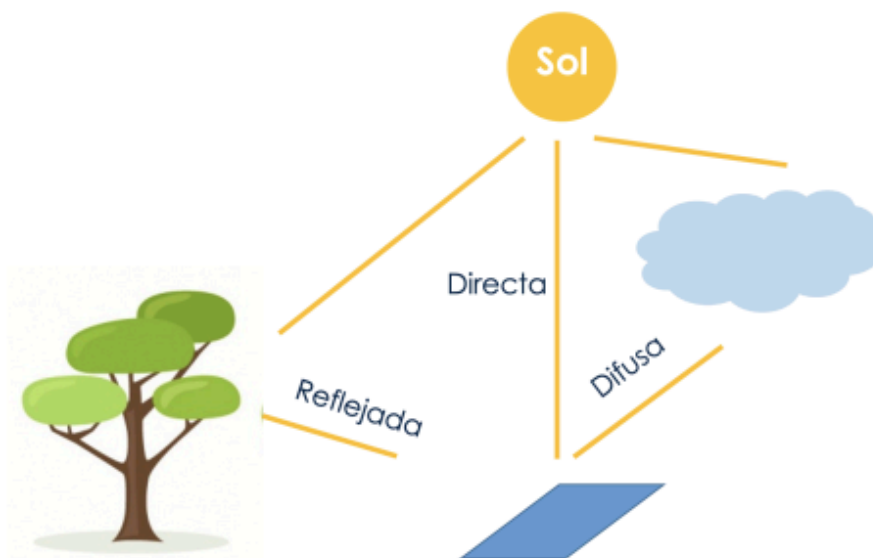


Ilustración 5.1. Tipos de radiación solar

Fuente: [Ilumin](#)

- **Radiación directa:** como bien se ve en la imagen, es la radiación que incide de forma directa en la superficie terrestre sin desviaciones. Por ello, es la radiación solar más intensa.
- **Radiación difusa:** este tipo de radiación se crea por los rayos del sol que se dispersan en la atmósfera, de esta forma la intensidad con la que llegan a la superficie es menor. Se suele dar en días con los cielos cubiertos o nublados.

La radiación difusa constituye la mayoría de la radiación total recibida en la Tierra.

- **Radiación reflejada:** también conocida como radiación de albedo es la radiación solar que incide en primera instancia en la superficie terrestre y que luego se devuelve a la atmósfera. La cantidad de radiación emitida depende de las características del objeto en el que incide primeramente. Por ejemplo, las superficies claras reflejan mayor cantidad de radiación que las oscuras.

La suma de los tres tipos de radiación que hay forman la conocida como radiación global que es la totalidad de la radiación solar que puede recibir un receptor, en nuestro caso son los módulos fotovoltaicos.

Por otro lado, en cuanto a la irradiación e irradiancia existe una diferencia muy clara y es en lo que mide cada una de ellas. Mientras que la irradiación es la energía por unidad de área (J/m^2 o Wh/m^2), que la irradiancia es la potencia de la radiación solar por unidad de área (W/m^2). Por ello, nos vamos a centrar en el término de irradiancia.

La diferencia que existe entre la irradiancia y la radiación es el tiempo, mientras que la radiación no se puede cuantificar, la irradiancia es la magnitud que mide la energía solar durante un periodo de tiempo determinado. En conclusión, la irradiancia es la responsable de que podamos utilizar la energía eléctrica para el autoconsumo, es esencial para generar electricidad. Las placas solares a través de las células fotovoltaicas absorben la irradiación dependiendo de la radiación solar existente.

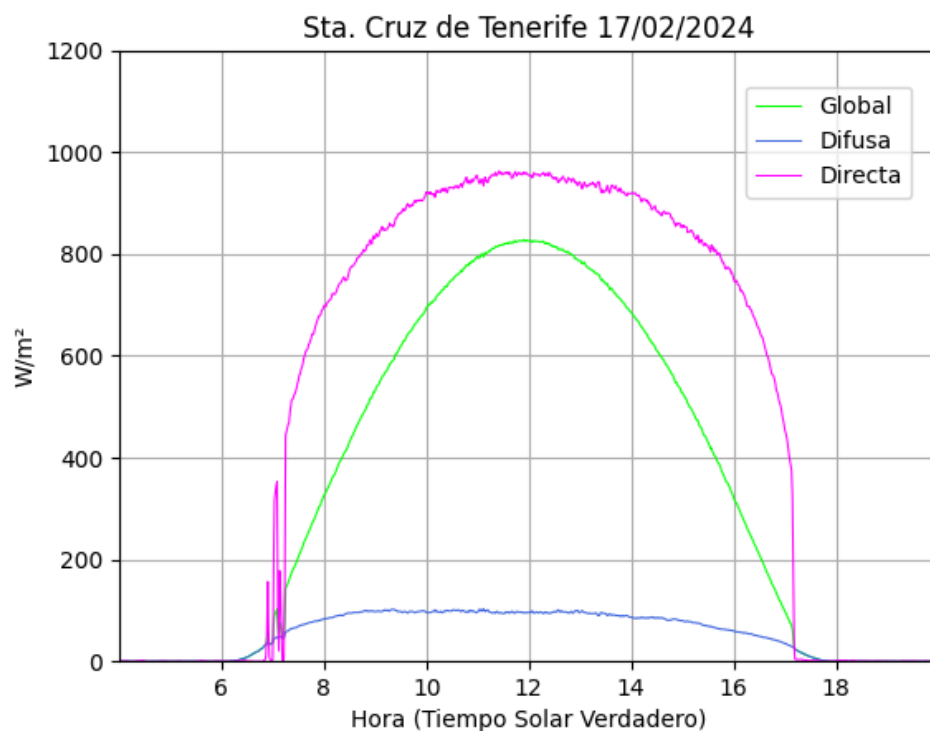


Ilustración 5.2. Ejemplo de irradiancia diaria en Santa Cruz de Tenerife

Fuente: [AEMet](#)

Por último, las Islas Canarias presentan una radiación solar bastante elevada en comparación con el resto de España. Esto se debe a la zona geográfica en la que se encuentran las islas, cerca del ecuador. Por consiguiente, Canarias es un buen lugar para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica.

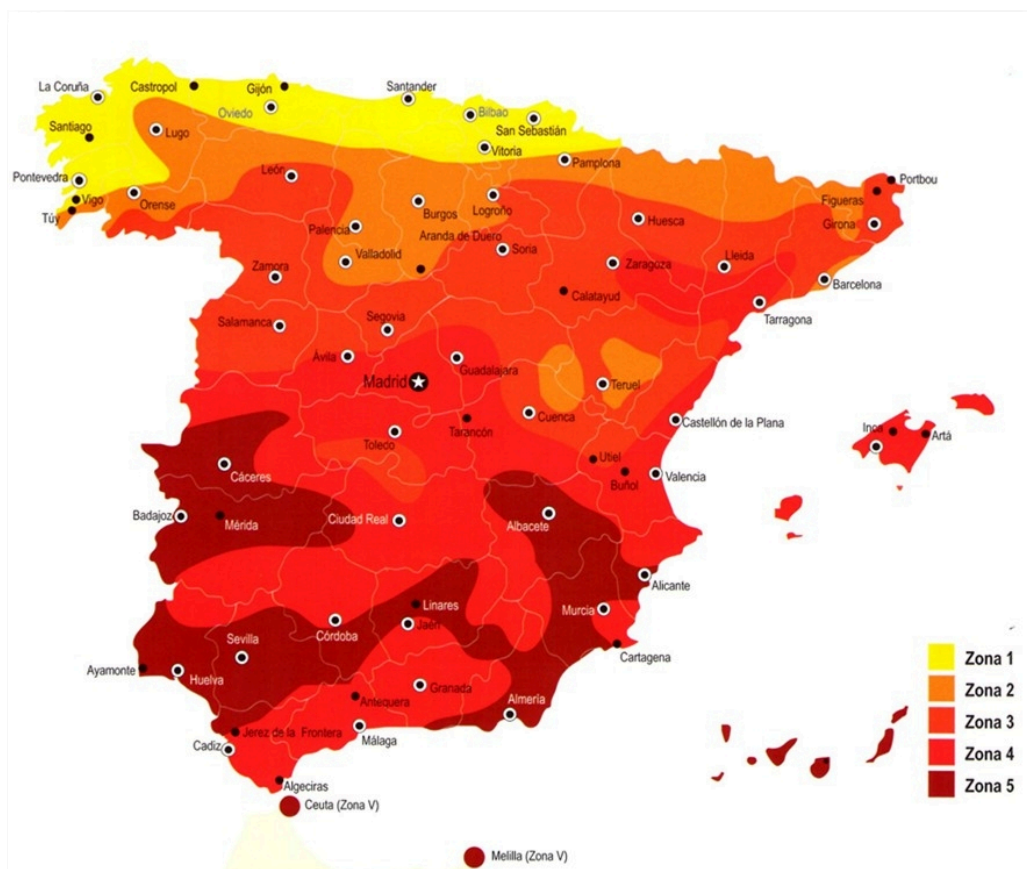


Ilustración 5.3. Mapa de irradiancia por zonas españolas

Fuente: [PlaSol](#)

El Código Técnico de Edificación recoge cinco divisiones climáticas según la media de radiación solar anual que incide sobre la superficie horizontal. Estas zonas se pueden ver claramente diferencias en el mapa de la ilustración anterior y las magnitudes de irradiancia e irradiación solar en la tabla que se encuentra a continuación.

Tabla 5.1. Valores medios de irradiación por zonas españolas

Fuente: [PlaSol](#)

ZONA	MJ/m ² *día	kWh/m ² *día	kWh/m ² *año
I	H < 13,7	H < 3,8	H < 1.389
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2	1.389 ≤ H < 1.531
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6	1.531 ≤ H < 1.683
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0	1.683 ≤ H < 1.825
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0	H ≥ 1825

5.1.3. Células fotovoltaicas

La producción de electricidad se genera a través de la radiación solar, fenómeno conocido como efecto fotovoltaico. Dicho efecto recoge mediante diferentes materiales la absorción de las partículas luminosas, los fotones y libera electrones para así generar la corriente eléctrica. Para conseguir la electricidad, es necesario un dispositivo electrónico que convierte la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica, siendo estas las células fotovoltaicas.

En primer lugar, antes de conocer el funcionamiento de las células, conoceremos la procedencia histórica de las mismas:

- Para comenzar en 1839, se descubre el efecto fotovoltaico de manos del físico francés Alexandre-Edmond Becquerel.
- Posteriormente, el inventor estadounidense Charles Fritts en 1883, crea la primera célula solar únicamente con un 1% de eficiencia.
- Albert Einstein, un joven alemán en 1905 describe por primera vez en un artículo el efecto fotovoltaico.
- En 1954, se descubre en los laboratorios Bell De forma accidental los semiconductores de silicio con algunas impurezas que eran hipersensibles a la luz.
- A continuación, conocemos que en 1957 la Unión Soviética lanza su primer satélite espacial que incluía las células fotovoltaicas.
- Un año después, en 1958, los estadounidenses realizaron lo mismo. Esta “carrera espacial” durante la Guerra Fría beneficia al desarrollo de la eficiencia de las células solares aumentado hasta un 15%
- Por último, a mitad de los noventa se comienza a incrementar la instalación de placas solares en países más desarrollados y ya en este siglo, se comienzan a producir en masa.

Hoy en día, la mayoría de las células fotovoltaicas que existen son de silicio, material semiconductor, barato y que se da en abundancia. Para su creación,

primero se depuran y luego se cristalizan, para que finalmente puedan ser cortadas en capas finas formando las propias células.

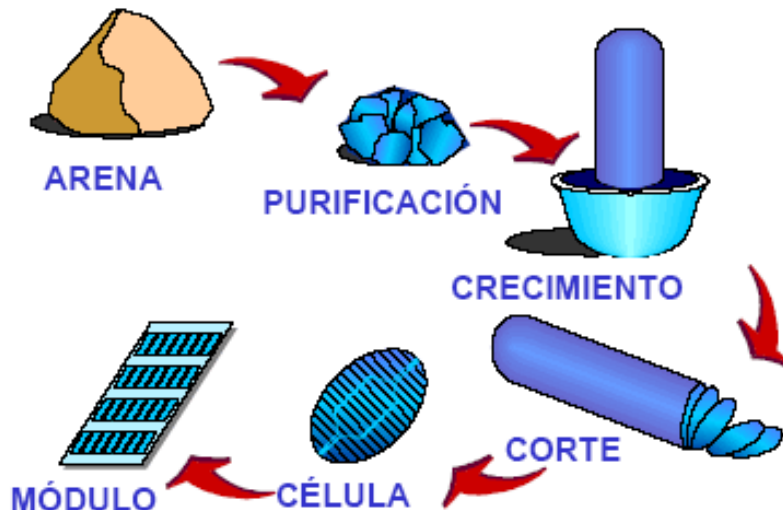


Ilustración 5.4. Proceso de fabricación de las células fotovoltaicas

Fuente: web.ujaen.es

Concretamente, por el proceso de fabricación de las células de silicio se clasifican de la siguiente manera:

- **Células de silicio monocristalino:** este tipo de células están formadas por un único cristal de silicio de estructura uniforme. La alineación de sus átomos favorece a una mejor conductividad eléctrica, por ello, el rendimiento de estas células es mayor, entre un 18-25%. Aunque esto mismo hace que el precio del mismo se vea incrementado.
- **Células de silicio policristalino:** están formadas por numerosos cristales de silicio. Son más baratas de fabricar por lo que su rendimiento también es inferior, entre el 16-20%.
- **Células de silicio amorfas:** dichas células reciben este nombre por su estructura atómica irregular. Se depositan en películas delgadas sobre

sustratos flexibles (vidrio, metal o plástico) para facilitar que los paneles se adapten a cualquier superficie y permitan una mejor interacción. El rendimiento de poseen es mucho inferior al resto, entre un 6-8%, disminuyendo así su coste. Por otro lado, cabe destacar que de este tipo de células de silicio han habido grandes innovaciones en estos años consiguiendo rendimientos muy superiores con las células solares tandem (apilamiento monolítico de células) o de las células fotovoltaicas multiunión (con múltiples uniones N/P) con unos valores en laboratorio de 45-50%.

Una vez conocida la historia y los tipos de células fotovoltaicas que existen, queda explicar el funcionamiento de las mismas. Dichas células están compuestas de dos semiconductores que tienen cargas opuestas y que están separados por una junta neutra. El primero de ellos es el semiconductor N o la capa negativa que se genera al modificar una de las estructuras de silicio, consiguiendo así un exceso de electrones. Por otro lado, está el semiconductor P o la capa positiva que se comporta como una carga positiva dentro de la red cristalina al carecer de un electrón. De tal forma que en la junta que es el lugar de unión entre ambos semiconductores, se crea una zona neutra que, al quedar expuesta al sol por la parte de la capa negativa, aumenta la diferencia de potencial ya que se liberan más electrones. Por tanto, al ser un circuito cerrado, lo que se genera es la esperada corriente eléctrica.

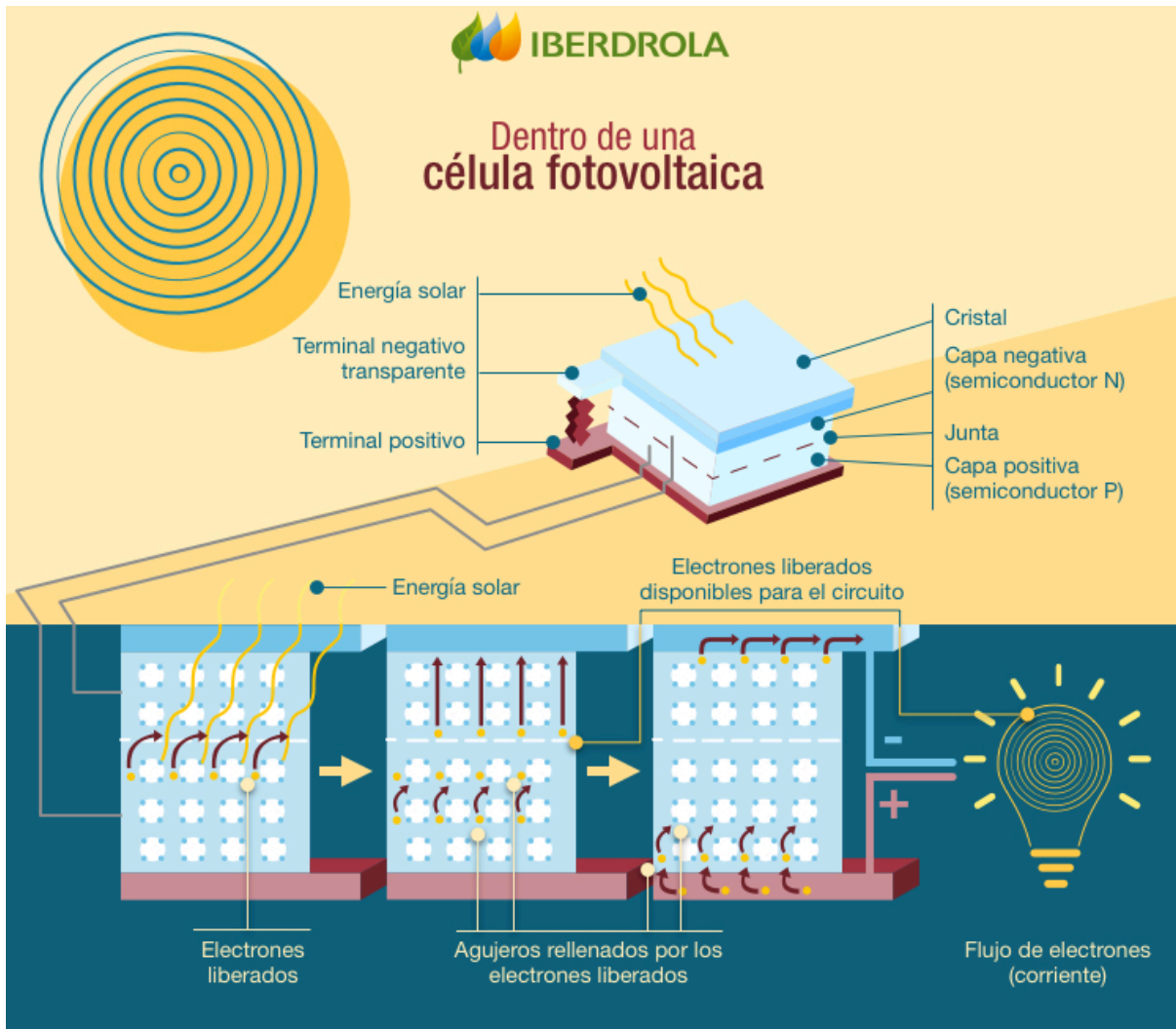


Ilustración 5.5. Qué ocurre cuando dentro de una célula fotovoltaica

Fuente: [iberdrola](http://iberdrola.com)

5.1.4. Tipos de plantas fotovoltaicas

Ahora bien, para cubrir con la demanda de la energía solar, se han creado dos tipos principales de plantas fotovoltaicas: las que están conectadas a red y las que no. Por ello, es necesario conocer las características que ofrecen para poder elegir dependiendo de nuestras necesidades.

Para comenzar, las de red constituyen las instalaciones de energía eléctrica tradicional, es decir, de viviendas, comunidades, compañías, etc. Estas a su vez, se pueden clasificar en dos clases más:

- **Central fotovoltaica:** toda la energía que producen los paneles solares se lleva a la red eléctrica.
- **Generador con autoconsumo:** esta se divide en la energía eléctrica que toma el propio productor para cubrir sus necesidades y el resto se la lleva la red.

Los elementos principales que encontramos en este tipo de instalaciones son:

- **Paneles fotovoltaicos:** son grupos de celdas solares que están montadas entre capas de células de silicio que son las encargadas de captar la radiación solar, transformando la luz solar en energía eléctrica.
- **Inversores:** transforman la corriente continua que se produce en los paneles, en corriente alterna preparada para el consumo.
- **Transformadores:** convierten la corriente alterna de los inversores que es de baja tensión, en corriente alterna de media tensión al pasar por ella.

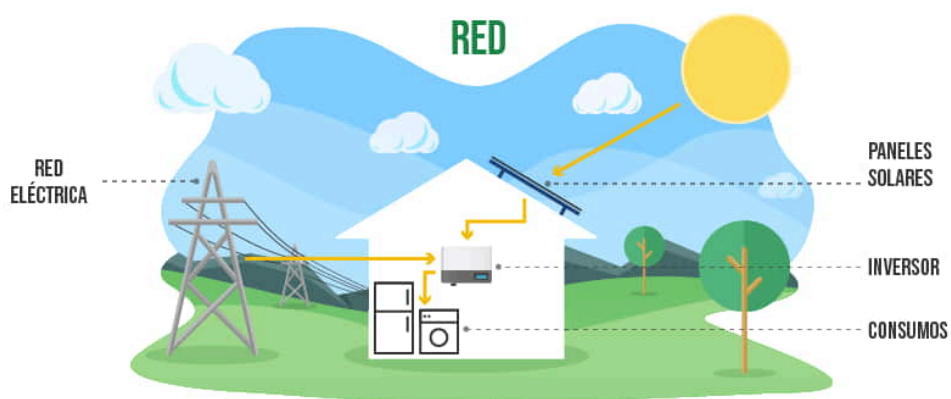


Ilustración 5.6. Instalación con conexión a la red eléctrica

Fuente: [AutoSolar](#)

En cuanto a las instalaciones sin conexión a red o conexión aislada, son aquellas que buscan una planta completamente independiente, como pueden ser lugares remotos o explotaciones agrícolas. Buscan satisfacer las necesidades de iluminación, sistemas de riego, incluso de sistemas de telecomunicaciones. Para que estas plantas funcionen de manera adecuada, necesitan dos elementos extras:

- **Baterías:** almacenan la energía producida por los paneles que no es demandada en ese instante y la guardan para cuando sea necesaria.
- **Reguladores:** su uso es el de proteger a las baterías de sobrecargas y de un uso inadecuado de las mismas.

5.2. Autoconsumo

El autoconsumo es la capacidad que poseen las personas y las empresas para autoabastecerse de energía. El autoconsumo fotovoltaico, por otro lado, consiste en la producción de electricidad mediante placas solares para el consumo propio.

En la actualidad, las normativas vigentes en cuanto a autoconsumo son: el Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica; y el Real Decreto-Ley 15/2018, del 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

El autoconsumo ha sufrido un incremento significativo en los últimos años en España. Esto se debe a que cada vez más personas dan el paso al cambio y optan por energías limpias con recursos ilimitados de materias primas. Otro factor fundamental para ello, es que el Gobierno de España da subvenciones a aquellos que decidan instalar módulos fotovoltaicos y contribuir al objetivo de reducción de combustibles fósiles.

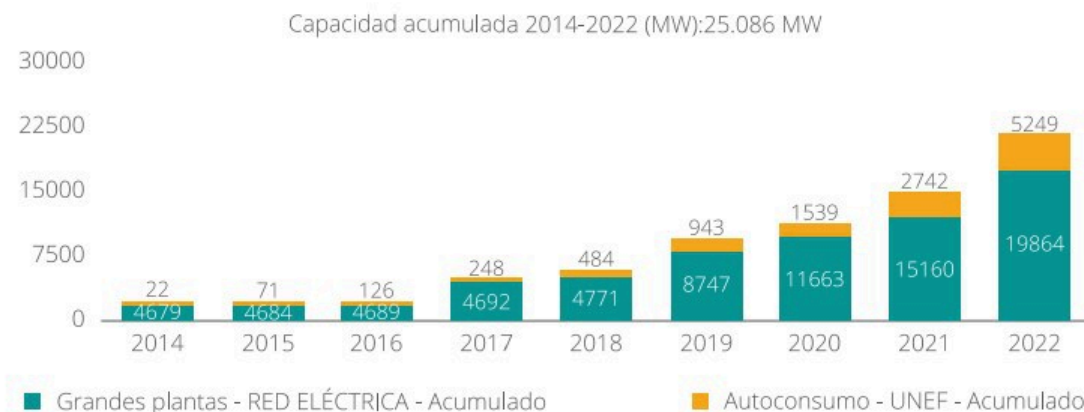


Ilustración 5.7. Evolución del autoconsumo en España

Fuente: [Xataka](#)

Cabe destacar que para cambiarte a una energía renovable mediante el autoconsumo solar, existen unas subvenciones en España para ello. Esta ayuda pertenece a los Fondos Europeos Next Generation EU+. Los fondos establecen que por la instalación de placas solares 600 €/kWp y además, por las baterías 490 €/kWp.

Luego, dependiendo de la comunidad autónoma y el municipio en el que se lleve a cabo la instalación pertinente, existen unos beneficios u otros. Como el proyecto del presente trabajo se llevará a cabo en San Cristobal de La Laguna, municipio perteneciente a la provincia de Santa Cruz de Tenerife, nos centraremos en ella.

En Santa Cruz de Tenerife se puede deducir el IBI en un 50% durante cinco años y con respecto al ICIO el porcentaje llega hasta un 90%. Además, en Canarias están disponibles ayudas de naturaleza autonómica, dedicadas a viviendas unifamiliares y comunidades de propietarios con una instalación común. Estas ayudas se reparten de la siguiente forma:

- Para placas fotovoltaicas con instalaciones individuales y circulación natural, hasta 700 euros.
- Para placas solares térmicas con 4 €/Wp hasta 10.000 euros.
- Instalaciones de placas solares conectadas a red, entre 0,75 € y 1,50 € hasta alcanzar los 4.500 euros.

5.3. Comunidad Energética

Una Comunidad Energética es un grupo de personas o de empresas que se unen en un proyecto colectivo para compartir un sistema de energía eléctrica proporcionada mediante la energía solar.

Existe una clara diferencia entre pertenecer a una Comunidad Solar y a una Comunidad Energética. Mientras que la primera los componentes comparten una instalación de módulos fotovoltaicos para la producción de energía solar que luego se reparte entre los mismos; la Comunidad Energética va más allá, ya que además de producir energía eléctrica y repartirla, su objetivo es también el tener un impacto positivo a nivel económico, social y medioambiental.

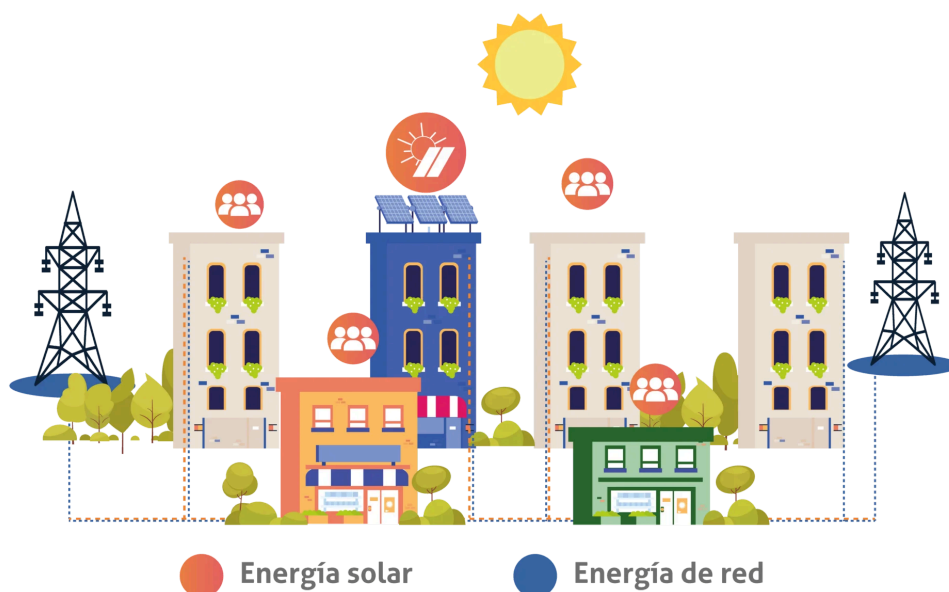


Ilustración 5.8. Ejemplo de Comunidad Energética

Fuente: [Lidera Energía](#)

Al igual que pasa con el autoconsumo, para las Comunidades Energéticas también existen una serie de normativas europeas que las regulan. La principales son:

- **Comunidad Ciudadana de Energía, CCE:** Directiva UE 2019 / 944, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad, Art. 16
- **Comunidad de Energía Renovable, CER:** Directiva UE 2018 / 2001, que fomenta uso de energía procedente de fuentes renovables, Art. 22

En España, también existen normas concretas que regulan las actividades que generan estas cooperativas. En concreto, es el **Real Decreto-Ley 23/2020**, de 23 de junio, en el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica, mediante la modificación de varios artículos de la **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Una vez conocido el concepto de Comunidad Energética, se debe conocer las actividades principales de las que se encargan:

- El principal, generar electricidad mediante energías renovables.
- El suministro, consumo y almacenamiento de la energía.
- Proporcionar servicios de eficiencia energética.
- Servicios de recarga de vehículos eléctricos entre otros servicios.

Por otra parte, las ventajas de formar parte de una Comunidad Energética son las siguientes:

- Beneficios al medioambiente. Como se explicó anteriormente, estos beneficios se deben especialmente al uso de energías limpias y de ser un recurso natural ilimitado.

- Ahorro en el coste de la electricidad.
- Paso del modelo centralizado y controlado por las grandes compañías eléctricas a uno de cooperación entre los ciudadanos proporcionando un acceso más justo y fácil.
- Los socios de la comunidad toman sus propias decisiones sobre la producción y consumo de la electricidad.
- Contribuye al desarrollo local, ya que los beneficios que se generan se invierten en la zona creando nuevos puestos de trabajo.
- Se crean oportunidades de inversión tanto para ciudadanos como para los negocios locales.
- La integración de las energías renovables se facilita a través de la demanda.

Por todo ello y más, las Comunidades Energéticas son un pilar fundamental para el cambio energético, dejando atrás las emisiones de CO₂ y la utilización de combustibles fósiles, para utilizar energías 100% limpias e inagotables mediante un impacto positivo en la sociedad y en la naturaleza.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1. Situación y emplazamiento

La situación del colegio para la realización del proyecto se encuentra ubicada en la Calle Bentejui, 11, en La Cuesta, término del municipio de San Cristóbal de La Laguna, Tenerife. Dichas referencias se podrán consultar en los planos de *Situación y Emplazamiento*.

Coordenadas del edificio:

- **Latitud:** 28° 47' 53,76" N
- **Longitud:** 16° 29' 13,20 W
- **Altitud:** 333,91 m
- **Azimut:** -12°



Ilustración 6.1. Emplazamiento Colegio Cisneros Alter

Fuente: [Google Earth](#)

En la ilustración anterior se puede observar el emplazamiento del colegio en cuestión, siendo el recuadro interior el edificio principal donde se realizará la instalación.

Y a continuación, en la siguiente ilustración, se muestra la vista más ampliada y en 3D de los edificios, en el que se aprecia la superficie de la cubierta, observándose también que no existen edificios altos ni gran vegetación alrededor, evitando así, la creación de sombras que reducirían el rendimiento de la instalación.



Ilustración 6.2. Vista 3D Colegio Cisneros Alter

Fuente: [Google Earth](#)

6.2. Descripción de la actividad del edificio

La instalación se pretende realizar en el edificio de aulas 1 del colegio, siendo este el edificio más antiguo y por tanto el central. La actividad principal del centro es la docencia, pero también cuenta con gran cantidad de canchas deportivas para actividades extraescolares.

El edificio principal del Colegio Cisneros Alter cuenta con una gran superficie plana de hormigón armado, de 3.109,90 m² para albergar los módulos fotovoltaicos necesarios de la instalación.

7. RESULTADOS FINALES

7.1. Características de la instalación

La instalación de autoconsumo del colegio en cuestión, presenta una potencia nominal de 100 kW y una potencia pico de los módulos de 99,55 kWp. La potencia escogida de diseño está seleccionada por el consumo del propio centro. La planta fotovoltaica cuenta con 181 módulos ubicados en la cubierta del edificio principal.

Las características de la instalación fotovoltaica se describen a continuación:

- Colegio Cisneros Alter → 100 kW nominales
Potencia de placas de 99,55 kWp - Potencia del Inversor 2 x 50 kW
 - Inversor I (50 kW) → 4 string de 19 módulos y 1 string de 15 módulos de 550 Wp
 $10.450 \text{ Wp} \times 4 \text{ string} + 8.250 \text{ Wp} \times 1 \text{ string} = 50.050 \text{ Wp}$
 - Inversor II (50 kW) → 4 string de 19 módulos y 1 string de 14 módulos de 550 Wp
 $10.450 \text{ Wp} \times 4 \text{ string} + 7.700 \text{ Wp} \times 1 \text{ string} = 49.500 \text{ Wp}$

Además, los módulos tendrán una inclinación de 18° y un azimut de - 12° por la orientación de la propia cubierta.

Para mayor información sobre la posición final de las placas ver el plano de *Distribución de la instalación*.

7.2. Componentes

7.2.1. Paneles comerciales adoptados

En el presente proyecto se adoptan los módulos fotovoltaicos de la marca DMEGC Solar, en concreto el modelo DM550M10-72HSW/-V, aunque se pueden emplear otro módulo similar de otras casas comerciales siempre y cuando tengan las mismas características eléctricas, técnicas y dimensiones análogas.

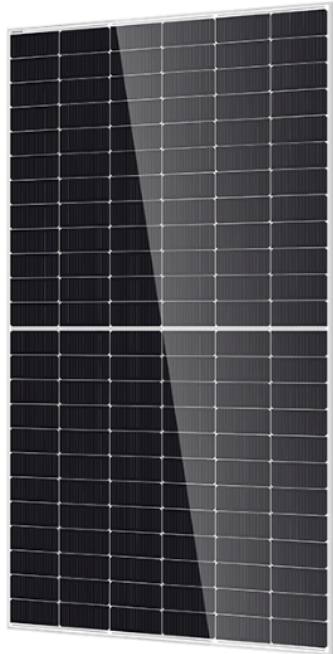


Ilustración 7.1. Modelo DM550M10-72HSW/-V de DMEGC Solar

Fuente: dmegcsolar.com

Estos paneles han sido diseñados y fabricados cumpliendo la norma CE 61215, la cual según la especificación de esta norma se puede estimar la vida media de los módulos fotovoltaicos a unos 25 años aproximadamente.

7.2.1.1. Características constructivas

- Marco de soporte

Es la parte que presta la rigidez mecánica al conjunto y permite su inserción en estructuras que agruparán a más módulos. Las dimensiones son: 2.278 mm de altura, 1.134 mm de anchura y 35 mm de espesor.

- **Células fotovoltaicas**

Los módulos cuentan con células solares monocristalinas de silicio de alta eficiencia con vidrio texturizado y de alta transmisión con una eficiencia del 21,29%.

- **Capas encapsulantes**

Son las responsables de proteger y amortiguar a las células solares y a los contactos de interconexión, frente las vibraciones e impactos que se puedan producir, así como actuar de adhesivo entre la cubierta superior y la protección posterior. Estas tienen dos capas encapsulantes de EVA (etilen-vinil-acetato), una anterior y otra posterior, que presenta una excelente transmisión de la radiación solar, así como una nula degradación frente a las radiaciones ultravioletas.

- **Cubierta superior**

Tiene la función protectora, ya que es la que debe sufrir la acción de los agentes atmosféricos. Se compone un vidrio templado de alta transmisividad de la luz, espesor 3,2 mm, que en su parte exterior es lisa y sin suciedad, mientras que en la parte interior, está en contacto con el encapsulante, que es rugosa para mejorar la penetración de la radiación y la adherencia con el encapsulante.

- **Protección posterior**

Consiste en una protección contra los agentes atmosféricos, especialmente contra la humedad. Dicha protección se realiza con Tedlar de varias capas. Tiene color blanco en el lado que está unido directamente al encapsulante, para favorecer el rendimiento al reflejar la radiación incidente entre los intersticios que dejan las células.

- **Caja de conexiones y tipo de enchufe**

Las conexiones eléctricas con otros módulos se hacen a través de una regleta en el interior de la caja de conexiones, fabricada en policarbonato con fibra

de vidrio y grado de protección IP-67/IP-68. La caja de conexiones alberga a sí mismo los 3 diodos bypass para la eliminación de los puntos calientes. Los diodos montados cumplen con la norma EN 50380.

El tipo de enchufe está formado por un conector MC4, un tipo de conector ampliamente utilizado en sistemas de energía solar fotovoltaica, ya que da seguridad en la conexión.

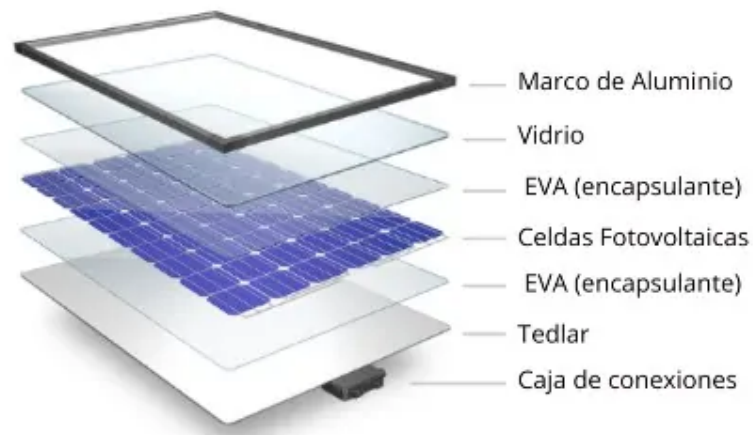


Ilustración 7.2. Componentes de un módulo fotovoltaico

Fuente: aprean.com

7.2.1.2. Características físicas

Las características físicas de los paneles comerciales adoptados son las siguientes:

Tabla 7.1. Características físicas del módulo fotovoltaico seleccionado

Fuente: dmeqcsolar.com

Módulo DM550M10-72HSW/-V de DMEGC	
Altura	2.278 mm

Ancho	1.135 mm
Espesor	35 mm
Peso	29 kg
Células en total	144



Ilustración 7.3. Medidas del módulo fotovoltaico seleccionado

Fuente: dmeqcsolar.com

7.2.1.3. Características eléctricas

Las características eléctricas de los mismos han sido determinada bajo las siguientes condiciones:

Tabla 7.2. Condiciones STC

Irradiancia	1 kW · m ⁻²
Distribución espectral	AM 1,5
Temperatura de célula	25°C

Por tanto, en la siguiente tabla se resumen dichas características:

Tabla 7.3. Características eléctricas en STC

Módulo DM550M10-72HSW/-V de DMEGC	
Potencia máxima (Pmax)	550 Wp
C. de cortocircuito (Isc)	13,82 A
T. de circuito abierto (Voc)	50,01 V
C. de máxima potencia (Impp)	13,42 A
T. de máxima potencia (Vmpp)	41,01 V

7.2.2. Inversor

Los inversores seleccionados en este caso son los del modelo FRONIUS TAURO ECO 50-3-D con una potencia nominal de salida de 50 kW. Es un inversor trifásico que permite interconectarse a la red eléctrica sin la necesidad de baterías, por lo que es ideal para el autoconsumo, reduciendo los costes de la instalación.



Ilustración 7.4. Inversor FRONIUS TAURO ECO 50-3-D

Fuente: fronius.com

A continuación, se muestra una tabla obtenida de la ficha técnica de los inversores donde se observan todas sus características. Si se desea se puede encontrar el mismo en el *Anexo III: Fichas Técnicas*.

Tabla 7.4. Especificaciones técnicas del inversor

Fuente: fronius.com

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Número de seguimiento MPP	3	1	1
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx}$)	36 / 36 / 72 A	87,5 A	175 A
Rango de tensión de entrada ($U_{dc\ min} - U_{dc\ máx}$)	200 - 1.000 V	580 - 1.000 V	
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	400 V	650 V	
Rango de tensión MPP	400-930 V	580-930 V	
Número de entrada CC	D: 3/4/7 ⁽¹⁾ , P: 3 ⁽²⁾	D: 14/0/0 ⁽¹⁾ , P: 2 ⁽²⁾	D: 22/0/0 ⁽¹⁾ , P: 3 ⁽²⁾
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx}$)	75kWp		150kWp

DATOS DE SALIDA	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	50.000 W	50.000 W	100.000 W
Máx. corriente de salida ($I_{ac\ máx}$)	75 A		150 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3- NPE 380/220V ó 3- NPE 400/230V		
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %		
Factor de potencia ($\cos \Phi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.		

DATOS GENERALES	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	644 x 1038 x 316 mm		
Peso	93 kg	80 kg	105 kg
Tipo de protección	Área de electrónica de potencia: IP66 / Área de conexión CC: IP66 / Área de conexión CA: IP65		
Clase de protección	1		
Categoría de sobretensión (CC / CA)	2 / 3		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-40 - +65 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 % (condensación)		
Tecnología de conexión CC	MC4 [®] , V-Clamps [®]		
Tecnología de conexión CA	V-Clamps		
Certificados y cumplimiento de normas	IEC62109-1:2010, IEC62109-2:2011, DIN V VDE 0126-1-1:2006		

RENDIMIENTO	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Máximo rendimiento	98,2 %	98,5 %	98,5 %
Rendimiento europeo (η _{EU})	97,4 / 97,8 / 97,5 %	98,2 / 98,0 / 97,5 %	98,2 / 98,0 / 97,5 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Medición del aislamiento CC	Sí		
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo. Limitación de potencia		
Protección contra polaridad inversa	Sí		

7.2.3. Estructura soporte

El tipo de anclaje será mediante bloques de hormigón, se utilizarán los bloques prefabricados de la marca Solarbloc, los cuales incluyen la tornillería y soportes necesarios para la fijación de los módulos a estos, junto con un lastre, dando a los módulos una inclinación de 18°. Este ángulo de inclinación está dimensionado en el *Anexo I: Cálculos*.



Ilustración 7.5. Estructura soporte de Solarbloc de 18°

Fuente: solarbloc.es

7.2.4. Contador

Se establece un contador para medir la producción real de energía eléctrica que genera la instalación. Normalmente, se instalan para plantas fotovoltaicas con excedentes de producción a la red en Comunidades Energéticas, posible modificación de la actual implementación.

En este caso, se establece un contador bidireccional para que la energía pueda ir en dos direcciones: del consumidor a la red y viceversa. El modelo concreto es del SMART METER TS 5KA de FRONIUS.



Ilustración 7.6. Contador FRONIUS SMART METER TS 5KA

Fuente: fronius.com

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas del contador seleccionado. Para más información consultar con el *Anexo III: Fichas Técnicas*.

Tabla 7.5. Especificaciones técnicas del contador

Fuente: fronius.com

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER TS 100A -1	FRONIUS SMART METER TS 65A -3	FRONIUS SMART METER TS 5KA -3
Tensión nominal	230 V	208 - 400 V	220 - 480 V
Tolerancia	-30% - +20%	-20% - +20%	-20% - +15%
Frecuencia nominal		50 a 60 Hz	
Rango de frecuencia de red		45 a 65 Hz	
Máxima corriente	1 x 100 A	3 x 65 A	3 x 5000 A
Sección de cable de alimentación	1 - 25 mm ²	1 - 16 mm ²	1 - 4 mm ²
Sección de cable neutro	1 - 25 mm ²	0,05 - 1,5 mm ²	1 - 4 mm ²
Sección de cable de comunicación		0,05 - 1,5 mm ²	
Consumo de energía		<=1W	
Intensidad de inicio	40 mA	20 mA	10 mA
Clase de protección		1	
Precisión de energía activa		Clase 1 (EN62053-21) / Clase B (EN50470-3)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración	3000A/10ms	1950A/10ms	25A/500ms
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa	2 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 a +65°C	
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	91,5 x 35,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display		3 x 8 dígito / Pantalla táctil	

7.2.5. Cableado

7.2.5.1. Cableado entre serie e inversor

Estas líneas estarán formadas por conductores de cobre aislados de tipo solar ZZ-F 0,6/1 kV, de tensión nominal no inferior a 1000 V y de sección no inferior a 6 mm². Se utilizarán cajas de protección para la parte de corriente continua, que están compuestas por la caja de superficie de la marca GEWISS o similar.



Ilustración 7.7. Caja de protección de CC

Fuente: gewiss.com

Dichos cuadros, tendrán en su interior 2x12 módulos, es decir, 2 filas de 12 módulos, con un grado de protección IP 65, IK 09 clase II y equipadas con una base para fusibles de 10/32 A para cada string.

7.2.5.2. Cableado entre la salida del inversor y cuadro de protección alterna

La siguiente parte estará formada por 5 conductores unipolares de cobre de clase 5, libre de halógenos tipo RZ1-K (AS) con aislamiento de cubierta de polietileno reticulado (XLPE) 0,6/1KV de 1x10 mm² de sección, los cuales irán bajo tubo metálico flexible ensayados y canal protectora.



Ilustración 7.8. Cableado RZ1-K (AS) 0,6/1 kV

Fuente: cablesrct.com

7.2.5.3. Cableado entre el cuadro de protección de alterna y el cuadro general de mando y protección del edificio

Estarán formados de nuevo por 5 conductores unipolares de cobre de clase, libre de halógenos tipo RZ1-K (AS), con aislamiento de cubierta de polietileno reticulado (XLPE) 0,6/1KV, de sección de 10 mm² que irán bajo canal y bajo bandeja.

7.2.6. Protecciones

7.2.6.1. Protecciones en líneas de CC

Para la caja de la línea de corriente continua se tendrá un fusible de 16 A para cada uno de los string, además de un sobretensiones de Tipo I a la entrada de cada uno de los dos inversores. Se dispone la base modular de los fusibles de la marca SCHNEIDER ELECTRIC el modelo A9N15636 con base para fusibles cilíndricos de 10x38 mm.



Ilustración 7.9. Base modular de 16 A

Fuente: se.com

7.2.6.2. Protección de líneas en CA

En cuanto a la protección de la línea de salidas se pondrá una envolvente que hará la protección del mismo de seccionamiento y de distribución. El grado de protección será un IP 65 con un IK 08. La envolvente elegida es un armario de protección de poliéster PLM IP-65 de dimensiones 608x408x210 (mm) del modelo GW40105 de la marca GEWISS o similar.



Ilustración 7.10. Caja de protección y distribución de CA

Fuente: gewiss.com

Por otra parte, en una sección de la envolvente, se instalarán protecciones magnetotérmicas de 4x40 A y 15 kA de poder de corte para cada uno de los dos inversores, además de una protección general de 4x80 A y 15 kA de poder de corte. También, se utilizará una protección adicional con un interruptor diferencial de 4x40 A y 300 mA de sensibilidad diferencial para cada salida-entrada de los inversores.

7.2.7. Instalación de puesta a tierra

Para los sistemas de puesta a tierra de centrales de instalaciones generadoras, se debe asegurar que las tensiones que se presenten en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos por la normativa española. Estos sistemas deben tener las condiciones técnicas adecuadas para que no se produzcan transferencias de defectos a la Red de Distribución Pública ni a las instalaciones privadas, o cualquiera que su funcionamiento se base en: aisladas, asistidas o interconectadas.

La instalación de puesta a tierra estará formada por un conductor equipotencial RV-K 0,6/1kV Cu 1x16 mm², la cual unirá la estructura metálica entre

ellas, el borne de los limitadores de tensión y borne de tierra interno del inversor con una puesta a tierra compuesta por cajas con seccionador para la medida, arqueta de aluminio, cable desnudo de 35 mm² y barra de acero cobreado de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.

8. CONCLUSION

The project on the installation of photovoltaic modules for self-consumption without surplus in a school offers an intelligent and sustainable solution to cover the demand for electricity. This generates energy independence from centralised installations and promotes environmental responsibility.

The implementation of renewable energies in the school makes it possible for them to generate and manage their own energy. On the other hand, some of the benefits include the reduction of long-term costs and also the reduction of carbon emissions.

In short, the installation of photovoltaic modules not only benefits the school by decentralising electricity, but also contributes to sustainable development by reducing carbon emissions and promoting environmental education towards a cleaner future.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado», BOE.es. Accedido: 16 de febrero de 2024. <https://www.boe.es/>
- [2] «Normativas Municipales», Portal web del Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna. Accedido: 16 de febrero de 2024.
<https://www.aytolaguna.es/ayuntamiento/normativas-municipales/>
- [3] «¿Qué es la energía fotovoltaica?», APPA Renovables. Accedido: 17 de febrero de 2024. <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- [4] «DIFERENCIAS ENTRE RADIACIÓN, IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN SOLAR», Ilumin. Accedido: 17 de febrero de 2024.
<https://ilumin.online/diferencias-entre-radiacion-irradiancia-e-irradiacion-solar/>
- [5] «La irradiación solar y por qué es importante», Soty Solar. Accedido: 17 de febrero de 2024. <https://sotysolar.es/blog/irradiacion-solar>
- [6] «Hay un auténtico “boom” de la energía solar en España. Uno monopolizado por tres comunidades autónomas», Xataka. Accedido: 17 de febrero de 2024.
<https://www.xataka.com/energia/hay-autentico-boom-energia-solar-espana-uno-monopolizado-tres-comunidades-autonomas>
- [7] Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, B.O.E. Nº 74 publicado el 28/03/2006.
- [8] «Células fotovoltaicas: conoce su evolución, sus diferentes tipos y las últimas innovaciones», Iberdrola. Accedido: 17 de febrero de 2024.
<https://www.iberdrola.com/innovacion/celulas-fotovoltaicas-fotoelectronica>
- [9] «¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?», Iberdrola. Accedido: 17 de febrero de 2024.
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>

- [10] «Autoconsumo eléctrico sin conexión red o con ella», Social Energy. Accedido: 18 de febrero de 2024.
<https://www.socialenergy.es/instalaciones-fotovoltaicas/autoconsumo-conexion-a-red/>
- [11] «El autoconsumo solar», Soty Solar. Accedido: 18 de febrero de 2024.
<https://sotysolar.es/autoconsumo>
- [12] «Subvenciones y ayudas para placas solares en 2024», REPSOL. Accedido: 18 de febrero de 2024.
<https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/subvenciones-placas-solares/>
- [13] «La comunidad solar frente a la comunidad energética», SENDA. Accedido: 19 de febrero de 2024.
<https://www.senda.green/ventajas-comunidad-energetica-frente-comunidad-solar/>
- [14] «Comunidades energéticas», Lidera Energía. Accedido: 19 de febrero de 2024.
<https://www.lideraenergia.com/comunidades-energeticas/>
- [15] «Comunidades Energéticas», Idae. Accedido: 19 de febrero de 2024.
<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>
- [16] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, B.O.E. Nº 224 publicado el 18/9/2002.
- [17] Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. PCT-C-REV - julio 2011



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

ANEXO I: CÁLCULOS

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

ÍNDICE

1. DIMENSIONADO	1
1.1. Cantidad de paneles necesarios	1
1.2. Cantidad de inversores	1
1.3. Cantidad de paneles por inversor	2
1.4. Distancia mínima entre string	3
2. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LÍNEAS	4
2.1. Cálculo de las líneas en CC	5
2.2. Cálculo de las líneas en CA	6
2.2.1. Líneas desde los inversores hasta cuadro de protección de alterna	7
2.2.2. Línea desde cuadro de protección de alterna hasta cuadro general de mando y protección del edificio	8
3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS	9
4. PRODUCCIÓN DEL SISTEMA	11
5. PRODUCCIÓN ANUAL DE ENERGÍA	15
6. REPARTO ENERGÉTICO	16

1. DIMENSIONADO

A continuación, se mostrará con detalle los cálculos realizados para el posible dimensionamiento de la planta fotovoltaica. Estos incluyen consideraciones técnicas fundamentales para poder establecer el tamaño óptimo con la eficiencia esperada del sistema fotovoltaico.

1.1. Cantidad de paneles necesarios

La presente instalación contará con una potencia nominal de 100 kW. Para el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para esta potencia, se escogen paneles de DM550M10-72HSW/-V de 550 Wp de la marca DMEGC Solar. Por tanto, si dichos paneles serán de 550 Wp, el número total de módulo será:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{\text{Potencia Instalación}}{\text{Potencia Módulos}} = \frac{100.000 \text{ W}}{550 \text{ Wp}} = 181 \text{ paneles}$$

Se obtuvo el número correspondiente de paneles, siendo este de 181. Además, se deberá calcular a continuación, la potencia pico del generador fotovoltaico. Esta será la suma de las potencias pico de cada módulo:

$$\text{Potencia pico} = 181 \text{ paneles} \times 550 \text{ Wp} = 99550 \text{ Wp} = 99,55 \text{ kWp}$$

1.2. Cantidad de inversores

En cuanto a los inversores escogidos, se utilizarán los Fronius Tauro ECO 50-3-D de 50 kW nominales. Luego, el número de dispositivos necesarios para esta instalación será de:

$$N^{\circ} \text{ inversores} = \frac{\text{Potencia Instalación}}{\text{Potencia Inversores}} = \frac{100.000 \text{ W}}{50.000 \text{ W}} = 2 \text{ inversores}$$

Por tanto, habrán dos inversores que se colocarán en paralelo para la transformación de la corriente continua en corriente alterna.

1.3. Cantidad de paneles por inversor

Una vez conocido el número de módulos totales y los inversores necesarios, se obtendrá el número máximo de paneles que se podrán colocar en serie (string) para cada inversor. Esto se calculará mediante la relación entre la potencia máxima de entrada del inversor cuando este tiene un rendimiento óptimo y con la tensión del circuito abierto de cada panel.

Cabe destacar que los valores utilizados se obtuvieron de las fichas técnicas de cada dispositivo, que se encontrarán en el *Anexo IV: Fichas Técnicas*.

$$N^{\circ} \text{ módulos por inversor} = \frac{V_{i \text{ dc max}}}{V_{oc}} = \frac{930 \text{ V}}{50,01 \text{ V}} = 18,6 \text{ paneles}$$

Al tener 181 paneles con 2 inversores, se dividirá el número de paneles para cada inversor, obteniendo el siguiente resultado:

$$N^{\circ} \text{ módulos para cada inversor} = \frac{181 \text{ módulos}}{2 \text{ inversores}} = 90,5 \text{ módulos}$$

Esto indica que la distribución de los inversores tendrá 91 paneles solares para el primero, mientras que el segundo contará con 90 paneles.

$$N^{\circ} \text{ string} = \frac{91 \text{ módulos}}{19 \text{ módulos por string}} = 5 \text{ string}$$

$$N^{\circ} \text{ string} = \frac{90 \text{ módulos}}{19 \text{ módulos por string}} = 5 \text{ string}$$

Por lo tanto, la distribución de la instalación quedaría de la siguiente manera:

- Colegio Cisneros Alter → 100 kW nominales
Potencia de placas de 99,55 kWp y Potencia de los inversores 2 x 50 kW
 - Inversor I (50 kW) → 4 string de 19 módulos y 1 string de 15 módulos de 550 Wp
 $10.450 \text{ Wp} \times 4 \text{ string} + 8.250 \text{ Wp} \times 1 \text{ string} = 50.050 \text{ Wp}$
 - Inversor II (50 kW) → 4 string de 19 módulos y 1 string de 14 módulos de 550 Wp
 $10.450 \text{ Wp} \times 4 \text{ string} + 7.700 \text{ Wp} \times 1 \text{ string} = 49.500 \text{ Wp}$

1.4. Distancia mínima entre string

La distancia entre string es necesaria debido a que los paneles se colocan uno detrás de otro en la cubierta del edificio. Es importante colocarlos adecuadamente para que no se produzcan sombras que puedan afectar de forma negativa tanto a la eficiencia energética como al rendimiento de la instalación. Mantener una distancia adecuada entre los string garantiza que cada uno de los paneles reciba la máxima luz solar, optimizando así la producción de energía.

Para la realización de este cálculo se siguen las instrucciones del Pliego de Condiciones Técnicas Conectadas a Red del IDAE. Las cuales dictan que se debe garantizar una distancia mínima “d” que sea igual a “h x k”.

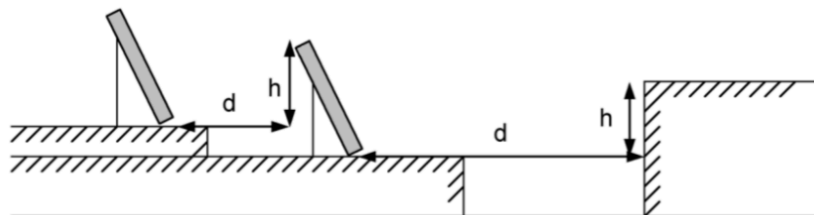


Ilustración 10.1. Distancia entre los stringFuente: [IDAE](#)

Donde “d” es la distancia entre string, “h” la altura a la que estos están colocados y “k” es un factor adimensional que dependerá de la latitud del lugar de la instalación:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{1}{\tan(61^\circ - 28^\circ)} = 1,54$$

Continuando con el cálculo para la altura de los string, es necesario conocer la altura de los paneles, que en este caso serán de 2,278 m, además de la inclinación a la que se colocarán los paneles, siendo esta de 18°, se obtendrá entonces la proyección vertical “h”:

$$h = 2,278 \text{ m} \times \text{sen}(18) = 0,7 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia “d” será:

$$d = h \times k = 0,7 \text{ m} \times 1,54 = 1,08 \text{ m}$$

La distancia mínima a la que habría que colocar los sting es de 1,08 m, pero para impedir de cualquier manera la generación de sombras en las placas, se establecerá una distancia $d = 1,2 \text{ m}$.

2. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LAS LÍNEAS

Se procede a continuación al cálculo detallado de las líneas de transmisión tanto para corriente continua (CC) como para corriente alterna (CA). Este análisis será fundamental para que la energía producida en la instalación fotovoltaica se traslade de manera eficiente y segura a lo largo de la red.

2.1. Cálculo de las líneas en CC

Según el REBT (Reglamento Electrónico para Baja Tensión) para la corriente continua, la caída máxima de tensión se fija en 1,5% para cada string. Ahora bien, para la realización del dimensionado de los conductores de cada string se debe tener en cuenta esa tensión máxima, además, de la intensidad máxima que pueden soportar. Por ello, se consideran los siguientes aspectos:

- Número mínimo de placas por string
- Longitud máxima de los string
- Intensidad de cortocircuito del módulo → $I_{sc} = 13,82 \text{ A}$
- Tensión de máxima potencia del módulo → $V_{mp} = 41,01 \text{ V}$
- Intensidad nominal del módulo → $I_{mp} = 13,42 \text{ A}$

Los valores empleados derivan de la fichas técnica de las placas solares, que se encontrará en el *Anexo IV: Fichas Técnicas*.

A continuación, se calculará, por tanto, el valor de la sección mínima que debe tener la instalación mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U}$$

En este caso, se utilizará un valor de conductividad para los conductores más desfavorables de $44 \text{ m}/(\Omega/\text{mm}^2)$. Dado que la instalación presenta diferentes configuraciones, se presenta una tabla con los resultados:

Tabla 11.1. Cálculo de sección de la línea de CC

I_{mp} (A)	L_{max} (m)	γ (m/ (Ω/mm^2))	V_{mp} (V)	Nº mín módulos	ΔU (V)	S min (mm^2)	S final (mm^2)
13,42	120	44	41,01	14	8,61	8,5	10

Sabiendo que, la caída de tensión máxima se ha calculado de la siguiente manera:

$$\Delta U = \frac{1,5}{100} \cdot (41,01 V \cdot 14 \text{ módulos}) = 8,61 V$$

Como resultado de los valores de sección mínima, el REBT establece que la sección final para la corriente continua será de 10 mm² para todos los string. Por otro lado, se protegerá con un fusible de 25 A para cada string y un descargador de sobretensiones de Tipo I antes de la entrada de cada string.

2.2. Cálculo de las líneas en CA

Realizaremos el mismo procedimiento para las líneas de corriente alterna, teniendo en cuenta que para este caso, siguiendo el método de caída de tensión máxima admisible, la expresión para calcular la sección mínima, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_n}$$

Siendo:

- ΔU → Caída de tensión en voltios (V)
- P → Potencia de cálculo (W)
- L → Longitud de la línea (m)
- γ → Conductividad del conductor (m/(Ω /mm²))
- U_n → Tensión entre fases (V)

Además, en este caso se deberá determinar también la intensidad de distribución trifásica, mediante la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $P \rightarrow$ Potencia de cálculo (W)
- $V \rightarrow$ Tensión entre fases (V)
- $\cos\varphi \rightarrow$ Factor de potencia

2.2.1. Líneas desde los inversores hasta cuadro de protección de alterna

Se procederá a calcular las líneas que van desde los dos inversores de la planta fotovoltaica hasta el cuadro de protección de alterna que estará en el edificio.

Se utilizarán líneas trifásicas RZ1-K 0,6/1 kV Cu de 10 mm², para conectar los inversores al cuadro de protección de alterna, que cuenta con una longitud máxima de 7 m. Además, en este caso se utilizará un valor de conductividad de 44 m/(Ω /mm²). Por último, se supone una caída de tensión máxima de un 5%. Quedará por tanto, el cálculo de la sección con la expresión correspondiente explicado en la siguiente tabla:

Tabla 11.2. Cálculo de sección de la línea de CA (primer tramo)

Pot.Nomin al (W)	Lmax (m)	γ (m/ (Ω /mm ²))	ΔU (V)	Un (V)	S min (mm ²)	S final (mm ²)
50.000	7	44	20	400	1	10

La caída de tensión máxima se obtuvo de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{5}{100} \cdot 400 \text{ V} = 20 \text{ V}$$

A continuación, tras el cálculo de la sección mínima por caída de tensión, se obtendrá la intensidad que circulará a la salida de cada inversor, comprobando que

la intensidad es menos que la admisible para esa sección. Además, se establecerá un factor de potencia de 0,95 por seguridad en el caso de que ocurra que la instalación esté descompensada en cuanto a la potencia generada.

Tabla 11.3. Cálculo de intensidad de la línea de CA (primer tramo)

Pot.Nominal (W)	V (V)	cos ϕ	I (A)	I max adm (A)
50.000	400	0,95	75,97	100

Por tanto, el conductor que irá en este primer tramo desde el inversor hasta el cuadro de protección será de 10 mm² para cumplir con el requisito de la caída de tensión.

2.2.2. Línea desde cuadro de protección de alterna hasta cuadro general de mando y protección del edificio

En cuanto al segundo tramo, desde el cuadro de protección de alterna hasta el cuadro general de mando y protección se realizará con una línea trifásica RZ1-K 0,6/1 kV Cu de 10 mm² y con una longitud y una potencia detalladas a continuación. La conductividad será en este caso de 52 m/(Ω /mm²) y la caída de tensión máxima establecida será de 5%.

Tabla 11.4. Cálculo de sección de la línea de CA (segundo tramo)

Pot.Nominal (W)	Lmax (m)	γ (m/(Ω /mm ²))	ΔU (V)	Un (V)	S min (mm ²)	S final (mm ²)
50.000	70	52	20	400	8,41	10

A continuación, se realizará la comprobación de que la intensidad es menor que la admisible para la sección calculada, suponiendo también un factor de potencia de 0,95 para estar del lado de la seguridad.

Tabla 11.5. Cálculo de intensidad de la línea de CA (segundo tramo)

Pot.Nominal (W)	V (V)	cosφ	I (A)	I max adm (A)
50.000	400	0,95	75,96	100

De nuevo quedando comprobada la validez de una sección de 10 mm² para el segundo tramo, siendo igual que el primer tramo calculado.

3. CÁLCULO DE PÉRDIDAS

El Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red establece que existen dos tipos de pérdidas: una provocada por las posibles sombras que pueden generar los mismos módulos unos sobre otros, problema que se solucionó en el apartado 1.4. Distancia mínima entre string de este mismo capítulo; y pérdidas surgidas por la orientación e inclinación del generador fotovoltaico, que es lo que se calculará en este apartado.

Ambas pérdidas el Pliego de Condiciones Técnicas las abarca en una tabla donde se cumplen tres condiciones: pérdidas de orientación e inclinación, pérdidas debidas a las sombras y las pérdidas totales inferiores a los límites estipulados por valores óptimos.

Tabla 12.1. Porcentaje de pérdidas máximas

Fuente: [IDAE](#)

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Se observa en la tabla que la pérdida máxima debida a la inclinación por lo general no debe ser superior al 10%.

Por otro lado, el CTE establece que la inclinación óptima para los paneles es de 10° con respecto a su latitud:

$$\beta_{\text{optima}} = 28^{\circ} - 10^{\circ} = 18^{\circ}$$

Por ello, para la presente instalación se tomará un ángulo de inclinación de 18° orientado siempre al suroeste.

El cálculo de pérdidas, por tanto, se calculará según el Pliego de Condiciones Técnicas con un diagrama que se encuentra en el Anexo II: Cálculo de las Pérdidas por orientación e inclinación del generador distinta de la óptima.

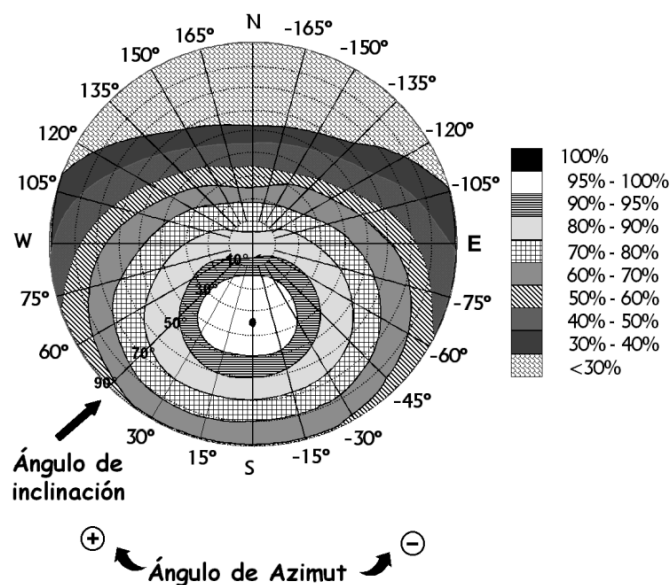


Ilustración 12.1. Diagrama de pérdidas por orientación e inclinación

Fuente: [IDAE](#)

Para la realización del cálculo se utilizará el programa CYPE especializado en instalaciones fotovoltaicas el CYPELEC PV. En él, se describen las condiciones de azimut (-12°), latitud ($28^\circ 47' 53,76''$ N) y longitud ($16^\circ 29' 13,20$ W), así el programa ejecutará las condiciones y devolverá el porcentaje de pérdidas.

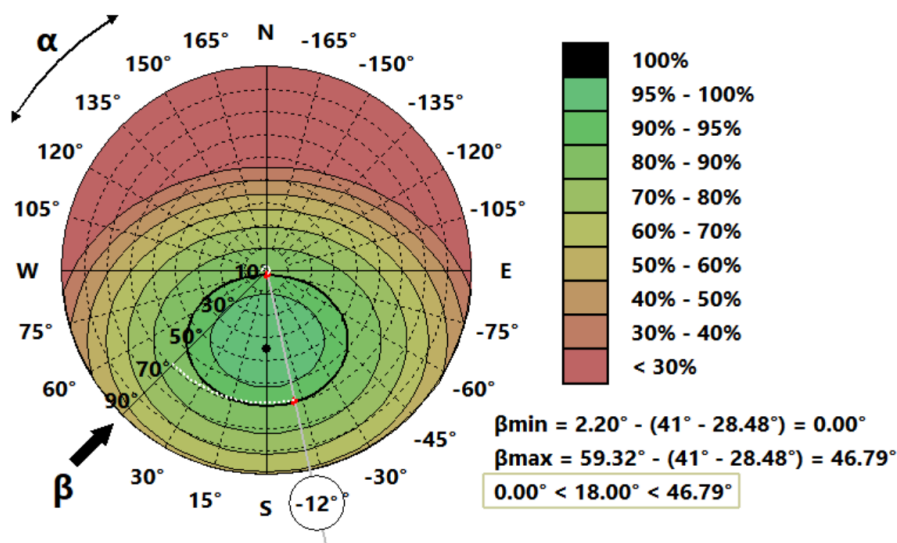


Ilustración 12.2. Diagrama de resultado de pérdidas

Fuente: Elaboración propia mediante CYPELEC PV System

Se observa en el diagrama resultado que con la inclinación establecida de 18° , las pérdidas que se generan son de alrededor de un 10% por lo que cumple con el rango de la IDEA.

4. PRODUCCIÓN DEL SISTEMA

A la hora de la realización de una instalación fotovoltaica, un punto muy importante que no se debe olvidar, es el análisis de la producción eléctrica del

sistema. Para ello, se utiliza una herramienta online desarrollada por la Comisión Europea que permite estimar, tanto la producción, como el rendimiento de la propia instalación fotovoltaica.

La aplicación en cuestión, es PVGIS (Sistema de Información Geográfica Fovoltaica), y para su correcta simulación se deben insertar una serie de datos sobre la instalación pertinente, en esta ocasión, los datos se muestran a continuación:

- **Latitud:** 28° 47' 53,76" N **Longitud:** 16° 29' 13,20 W
- **Tecnología fotovoltaica:** Silicio cristalino
- **Potencia fotovoltaica máxima instalada (kWp):** 1
- **Pérdidas del sistema (%):** 10
- **Pendiente (°):** 18
- **Azimut (°):** - 12 (Orientación sureste)

Una vez introducidos todos estos datos, la aplicación devuelve dos gráficas con toda la información necesaria: una con la producción de energía mensual de FV y otra con la irradiación mensual horizontal a 18° para la zona donde se ubica el edificio. Al final, se encontrará una tabla proporcionada también por PVGIS, donde se recogen los datos de las dos gráficas anteriores, además de la desviación estándar del sistema.

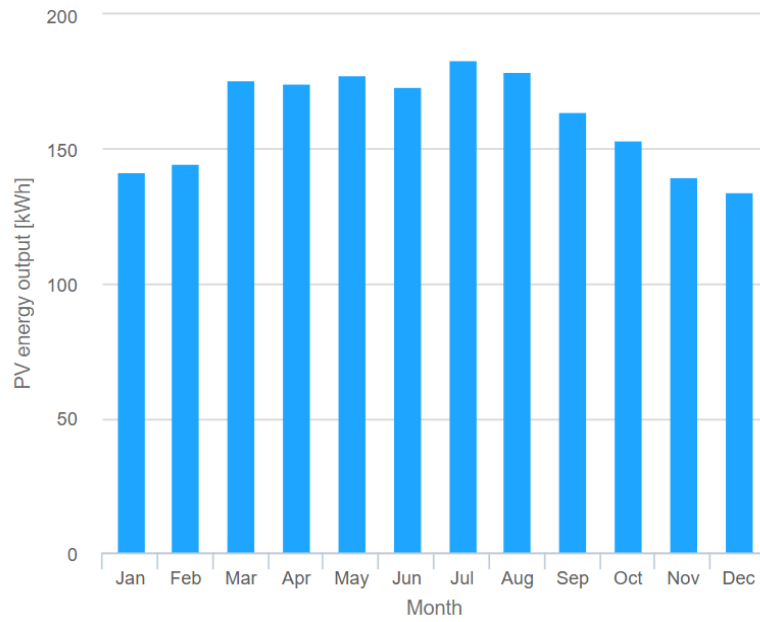


Ilustración 13.1. Producción de energía mensual del sistema FV fijo

Fuente: Elaboración propia mediante [PVGIS](#)

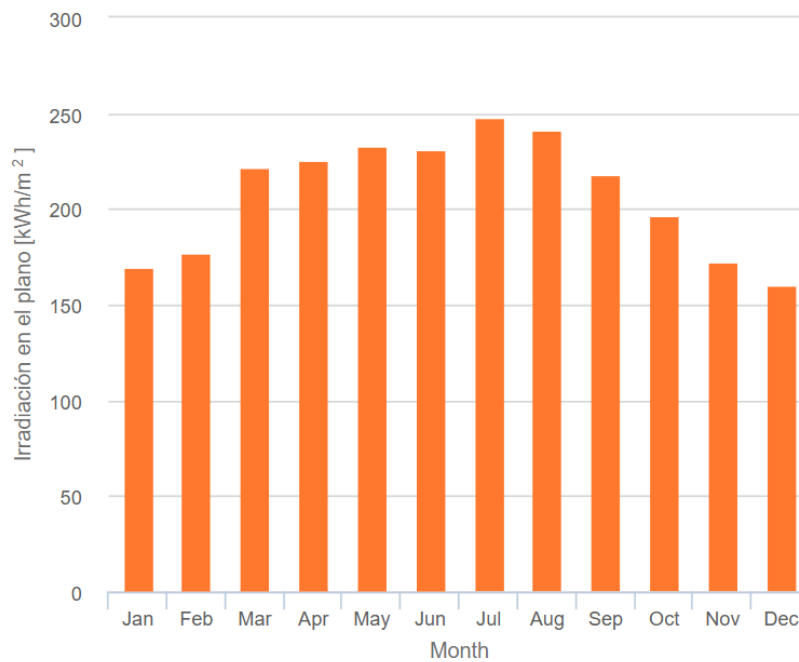


Ilustración 13.2. Irradiación mensual sobre plano fijo

Fuente: Elaboración propia mediante [PVGIS](#)

Tabla 13.1. Energía e irradiación solar mensual

Fuente: Elaboración propia mediante [PVGIS](#)

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	141,5	169,1	10,7
Febrero	144,8	176,9	8,4
Marzo	176,0	221,9	5,9
Abril	174,4	225,1	7,0
Mayo	177,6	233,3	8,4
Junio	173,2	231,4	3,1
Julio	183,4	247,6	1,8
Agosto	179,0	241,4	3,7
Septiembre	164,0	217,8	3,4
Octubre	153,7	196,8	7,0
Noviembre	139,6	172,1	4,7
Diciembre	134,2	160,4	5,7

Siendo:

- **E_m:** Producción eléctrica media mensual del sistema dado (kWh).
- **H(i)_m:** Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²).
- **SD_m:** Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual (kWh).

Por último, la aplicación estima un valor de producción anual de 1.941,36 kWh por cada kWp instalado.

5. PRODUCCIÓN ANUAL DE ENERGÍA

A continuación, tras haber estimado la media de producción con PVGIS, introduciendo todos los valores mensuales de la irradiación diaria sobre la horizontal en kWh/m² día, el tipo de módulo, la cantidad total, inclinación, azimut, número de inversores, conductores y sus longitudes y la temperaturas anuales, el programa devuelve la producción anual aproximada, siendo esta de 1.941,36 kWh por kWp para la zona donde se propone la instalación.

Sabiendo que, la potencia pico del sistema fotovoltaico será de 99,55 kWp, podremos obtener la producción total de energía anual multiplicando ambos valores:

Tabla 14.1. Producción total de energía fotovoltaica al año

Potencia Nominal (kW)	Potencia Pico (kWp)	Producción por kWp (kWh/año)	Producción Total (kWh)
100	99,55	1.941,36	193.262,39

Tabla 14.2. Diferencia de energía producida y necesaria

PERIODO	Consumo Inicial (kWh)	Producción Estimada con Instalación FV (kWh)	Energía Vertida a Red (kWh)	Diferencia de Consumo (kWh)
Diario	1.330	529,49	-	800,51
Mensual	40.454,17	16.105,20	-	24.348,97
Anual	485.450	193.262,39	-	292.187,61

De la tabla anterior se deduce que la producción de energía media estimada por el sistema cubriría un 39,8% de la potencia total necesaria, por lo que el resto de energía provendrá de la red.

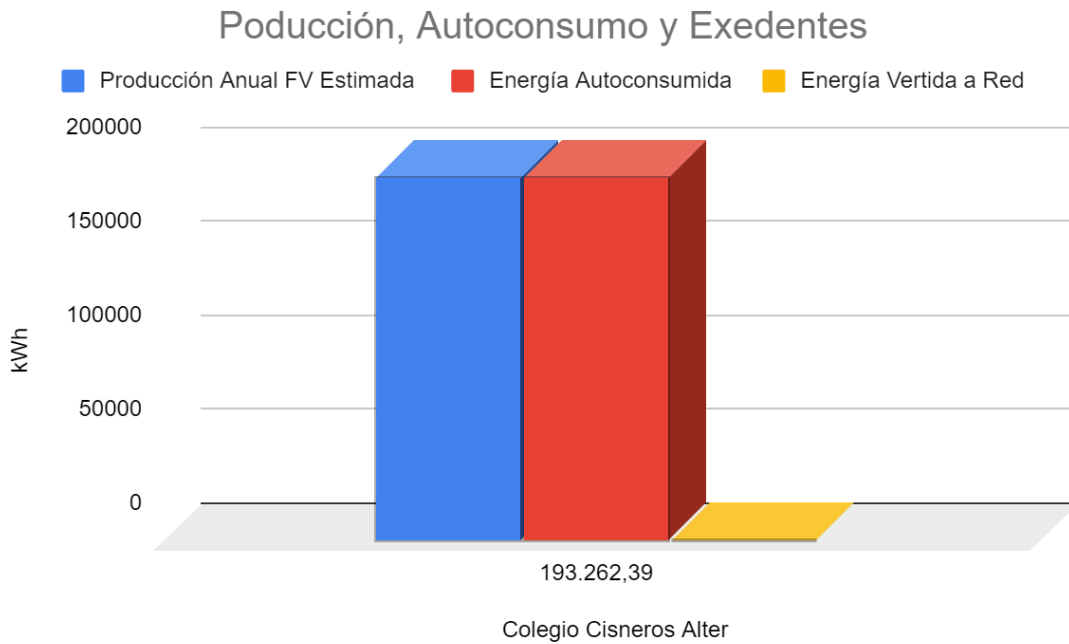


Ilustración 14.1. Producción, autoconsumo y excedentes estimados

Fuente: Elaboración propia mediante Excel

Por tanto, toda la energía producida por el sistema FV será consumida, cubriendo con 75,64 kW al día de los 190 kW necesarios para cubrir con la demanda energética.

6. REPARTO ENERGÉTICO

Por último, será necesario conocer el reparto de energía de la producción del sistema fotovoltaico proyectado, el cual se repartirá entre cada uno de los circuitos que formen parte de la instalación. A continuación, se muestra una tabla con el desglose de las potencias medias consumidas al día por cada una de los circuitos.

Tabla 15.1. Potencia Media Consumida por Instalación

Circuitos	Potencia Media Consumida (kW)
Iluminación	50

Tomas de Fuerza	47
Equipos Aire Acondicionado	54
Equipos Cocina	30
Equipos PCI	9
TOTAL	190

Se obtiene sumando cada uno de los circuitos imprescindibles de suministro de energía eléctrica en el colegio, dando un total de 190 kW al día, de los cuales 75,64 kW son suministrados por el sistema de placas fotovoltaicas.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

**ANEXO II: BALANCE
MEDIOAMBIENTAL**

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

ÍNDICE

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

1

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

La normativa española utiliza una serie de indicadores para contabilizar la cantidad de emisiones de CO₂ que se emiten a la atmósfera cada año. Estos son: eficiencia energética, energía primaria y emisiones de CO₂.

Los indicadores en cuestión, se recopilan en el Anuncio Energético de Canarias de 2021, en él, se encuentra una tabla con las emisiones de CO₂ sobre el consumo final de electricidad, expresado en kgCO₂/kWh.

Tabla 16.1. Factores de emisión

Fuente: [Anuncio Energético de Canarias 2021](#)

Combustible	kgCO ₂ /kWh	Tep/MWh
Electricidad	0,619	0,194

Para su cálculo, será necesario utilizar los factores correspondientes para de pasar del consumo final en kWh/año a emisiones en (Tn kgCO₂)/año, siendo la producción total del sistema de 193.262,39 kWh al año.

- Reducción del consumo en la energía actual:

$$193,262 \frac{MWh}{año} \cdot \frac{0,194kg CO2}{MWh} = 37,49 \frac{Tep}{año}$$

- Reducción de emisiones de gases efecto invernadero:

$$193.262,39 \frac{kWh}{año} \cdot \frac{0,619 kg CO2}{kWh} = 119.629,42 \frac{kg CO2}{año} = 119,63 \frac{Tn CO2}{año}$$

Por tanto, para la producción esperada del sistema, las emisiones serán de 119,63 toneladas al año a la atmósfera.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

ANEXO III: FICHAS TÉCNICAS

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

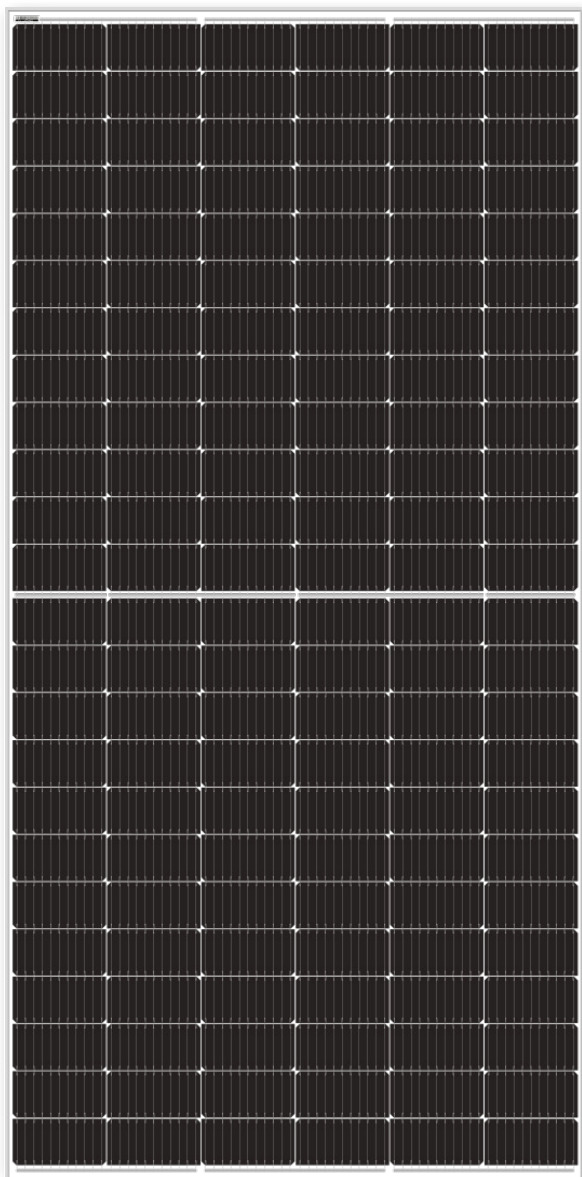
ÍNDICE

- 1. PANELES SOLARES**
- 2. INVERSOR**
- 3. SOPORTES**
- 4. CONTADOR**

DM550M10-72HSW/-V

540 | 545 | 550 Wp

Células monocristalinas cortadas por la mitad, hoja trasera blanca, marco de aluminio anodizado plateado



TECNOLOGÍA

Alta eficiencia



PRECIO/CALIDAD

Las líneas de producción integradas contribuyen a una excelente relación calidad/precio



TOLERANCIA DE SALIDA POSITIVA

Tolerancia positiva del 0 - 3 %



RENDIMIENTO

Rendimiento excepcional con luz difusa y nubes



CALIDAD

Fabricado cumpliendo estándares de calidad y requisitos ambientales aceptados internacionalmente



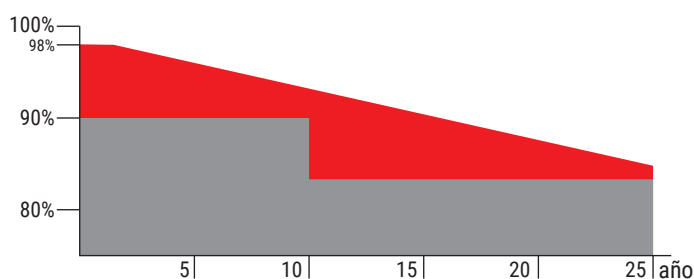
SIN PID

De acuerdo con la norma IEC TS 62804-1



PRUEBA ELÉCTRICA

Ha superado tres veces al 100% la prueba eléctrica durante el proceso de producción



GARANTÍA

- 25 años de producción del 84,8% garantizada
- 12 años garantía del fabricante

- La garantía lineal de DMEGC Solar
- Garantía estándar para paneles solares



CHUBB



Tier 1



Especificaciones eléctricas

Módulo	Pm (W)	Tolerancia	Imp (A)	Vmp (V)	Isc (A)	Voc (V)	Eficiencia
DM540M10-72HSW/-V	540	0 - 3 %	13.28	40.69	13.68	49.77	20.90%
DM545M10-72HSW/-V	545	0 - 3 %	13.35	40.85	13.75	49.89	21.10%
DM550M10-72HSW/-V	550	0 - 3 %	13.42	41.01	13.82	50.01	21.29%

STC irradiance of 1000W/m² spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°

Datos mecánicos

tipo de célula	P type mono crystalline
disposición de células	6 x 24
estructura de paneles	vidrio / hoja trasera
grosor del vidrio	3.2 mm
clasificación del módulo PV	clase II
norma para caja de conexiones	IP67 / IP68
longitud / diámetro del cable	4 mm ² 1300 mm*
conector	MC4 / compatible con MC4
resistencia anti incendios	clase C

* otras longitudes opcionales

Especificaciones diversas

temperatura de trabajo	entre -40 y +85 °C
carga máxima de nieve	5400 Pa
carga máxima de viento	2400 Pa
tensión máxima del sistema (IEC)	1000V / 1500V DC (IEC)
fusible máximo	25 A
número de diodos	3

Coefficientes de temperatura

coeficiente de temperatura Isc	+ 0.0448 % / °C
coeficiente de temperatura Voc	- 0.246 % / °C
coeficiente de temperatura Pmax	- 0.330 % / °C

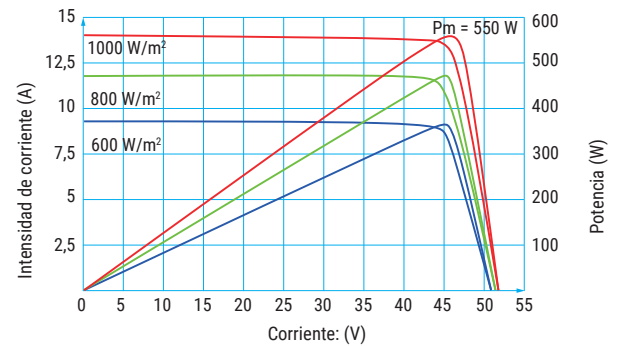
Embalaje

dimensiones del panel (mm)	2278 x 1134 x 35
peso	29 kg
tipo de contenedor	40' HQ
unidades por palet	31
paneles por contenedor	620

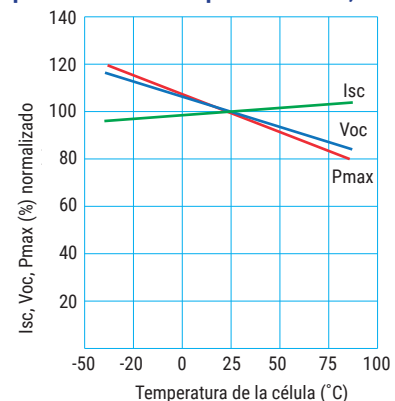
Las dimensiones, pesos y otras características de los módulos y su embalaje serán definidos a la confirmación del pedido.

Los datos reflejados en este documento no suponen ninguna obligación contractual y pueden estar sujetos a cambios.

Tensión de intensidad de corriente | Curvas de tensión de fuerza



Dependencia de la temperatura de Isc, Voc, Pmax



FRONIUS TAURO



INFORMACIÓN PRELIMINAR

DATOS TÉCNICOS PRESERIE FRONIUS TAURO

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Número de seguimiento MPP	3	1	1
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx}$)	36 / 36 / 72 A	87,5 A	175 A
Rango de tensión de entrada ($U_{dc\ min} - U_{dc\ máx}$)	200 - 1.000 V	580 - 1.000 V	580 - 1.000 V
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	400 V	650 V	650 V
Rango de tensión MPP	400-930 V	580-930 V	580-930 V
Número de entrada CC	D: 3/4/7 ¹⁾ , P: 3 ²⁾	D: 14/0/0 ¹⁾ , P: 2 ²⁾	D: 22/0/0 ¹⁾ , P: 3 ²⁾
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx}$)		75kWp	150kWp

DATOS DE SALIDA	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	50.000 W	50.000 W	100.000 W
Máx. corriente de salida ($I_{ac\ máx}$)		75 A	150 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		3- NPE 380/220V ó 3- NPE 400/230V	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 3 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)		0 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		644 x 1038 x 316 mm	
Peso	93 kg	80 kg	105 kg
Tipo de protección	Área de electrónica de potencia: IP66 / Área de conexión CC: IP66 / Área de conexión CA: IP65		
Clase de protección	1		
Categoría de sobretensión (CC / CA)	2 / 3		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-40 - +65 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 % (condensación)		
Tecnología de conexión CC	MC4 ¹⁾ , V-Clamps ²⁾		
Tecnología de conexión CA	V-Clamps		
Certificados y cumplimiento de normas	IEC62109-1:2010, IEC62109-2:2011, DIN V VDE 0126-1-1:2006		

RENDIMIENTO	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Máximo rendimiento	98,2 %	98,5 %	98,5 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,4 / 97,8 / 97,5 %	98,2 / 98,0 / 97,5 %	98,2 / 98,0 / 97,5 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS TAURO 50-3-D FRONIUS TAURO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 50-3-D FRONIUS TAURO ECO 50-3-P	FRONIUS TAURO ECO 100-3-D FRONIUS TAURO ECO 100-3-P
Medición del aislamiento CC	Sí		
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo. Limitación de potencia		
Protección contra polaridad inversa	Sí		

¹⁾ directo ²⁾ precombinado

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid), España
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

SOLARBLOC®  **PRETENSADOS DURÁN**

FICHAS TÉCNICAS

SOLARBLOC®
CUBIERTAS Y LASTRES

**PIONEROS EN INNOVACIÓN Y
DESARROLLO DE ESTRUCTURAS
DE HORMIGÓN PARA PANELES
SOLARES.**

ÍNDICE

01. Uso del sistema

- 1.1 Uso del sistema SOLARBLOC® Cubiertas y Superficies Planas
- 1.2 Datos técnicos SOLARBLOC® Coplanar 0º
- 1.3 Datos técnicos SOLARBLOC® Cubiertas 3º
- 1.4 Datos técnicos SOLARBLOC® Cubiertas 10º, 12º, 15º, 18º, 28º, 30º, 34º
- 1.5 Usos del Lastre de Refuerzo SOLARBLOC®
- 1.6 Datos técnicos del Lastre de Refuerzo SOLARBLOC®
- 1.7 Diagrama de recomendaciones y obligaciones de uso del lastre de refuerzo SOLARBLOC®

02. CARACTERÍSTICAS GENERALES

03. ANEXOS (TIPOS DE SELALDORES)

- 3.1 Sellador WEBER FLEX PU
- 3.2 Sellador SIKAFLEX-11 FC+

SOLARBLOC[®]  PRETENSADOSDURÁN

1. Usos del sistema

USO Y DATOS TÉCNICOS DE SOLARBLOC[®] CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS



1.1

USO DEL SISTEMA SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.



El sistema Solarbloc® permite fijar los módulos solares directamente al soporte sin utilizar estructura metálica. **Los soportes Solarbloc® se fabrican en nueve grados distintos, 0°, 3°, 10°, 12°, 15°, 18°, 28°, 30° y 34°.** Debemos elegir la inclinación del soporte más idónea teniendo en cuenta las necesidades de la instalación.

Características de Solarbloc®:

- Sistema de montaje FV de un sólo componente.
- Soporte auto-lastrado, fabricado en hormigón.
- Resistencia y larga durabilidad a los agentes atmosféricos.
- Fijación del panel mediante carril de hormigón incorporado al soporte.
- Elimina la estructura metálica.
- Elimina el proceso de perforado y anclajes a la cubierta.
- Acorta el tiempo de montaje de las instalaciones FV.

Más información en solarbloc.es



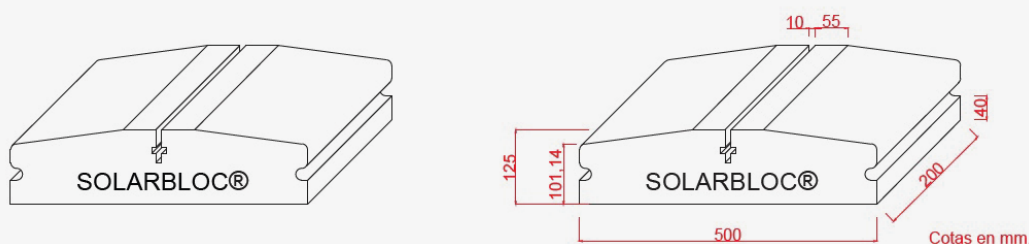
1.2

DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC® COPLANAR 0°

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

DIMENSIONES Y PESO SEGÚN LA INCLINACIÓN

SOLARBLOC® COPLANAR 0°



Cotas en mm.

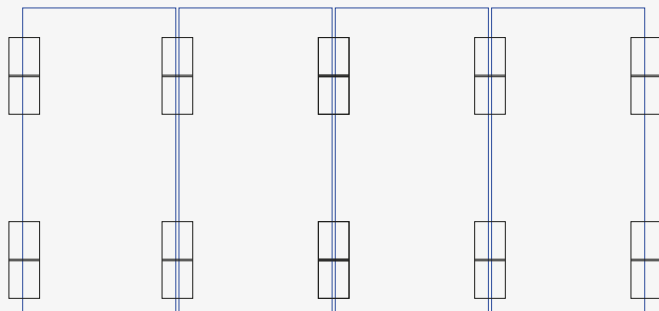
PENDIENTE MÁXIMA RECOMENDADA 10%

Peso 25Kg Aprox.

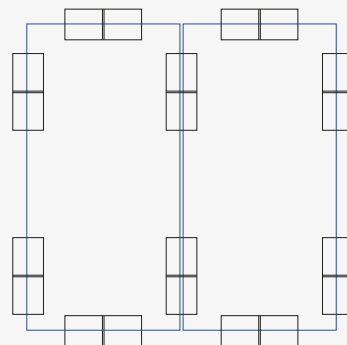


Más información en solarbloc.es

1.2.1 POSICIÓN DE MONTAJE SOLARBLOC® COPLANAR 0°

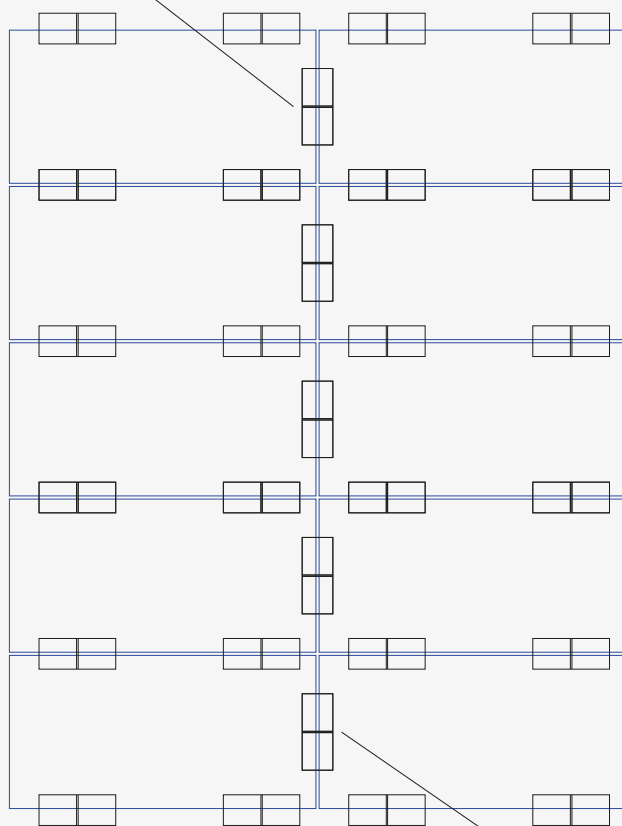


MÍNIMO DE BASES NECESARIAS
2 SOLARBLOC® POR EL LADO LARGO DEL MÓDULO



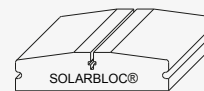
INSTALACIÓN REFORZADA
2 SOLARBLOC® POR EL LADO LARGO
1 SOLARBLOC® POR EL LADO CORTO

BASES NECESARIAS ENTRE FILAS
PARA UNIR LA INSTALACIÓN



BASES NECESARIAS ENTRE FILAS
PARA UNIR LA INSTALACIÓN

SOLARBLOC® COPLANAR 0°



Más información en solarbloc.es

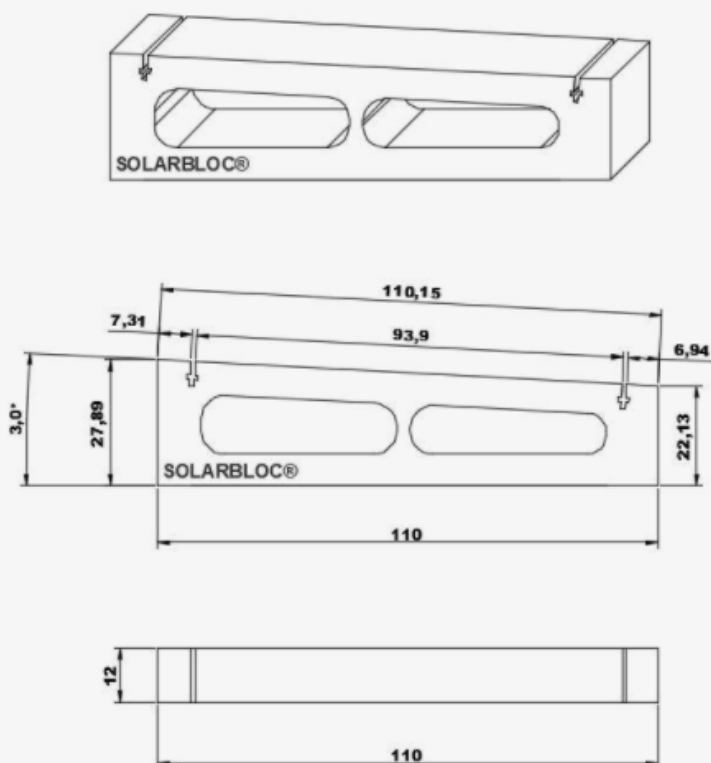


1.3

DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS 3º

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

DIMENSIONES Y PESO SEGÚN LA INCLINACIÓN SOLARBLOC® 3º



Peso aproximado: 50kg
Inclinación: 3º
Longitud: 110 cm
Cotas en cm



Más información en solarbloc.es

1.4

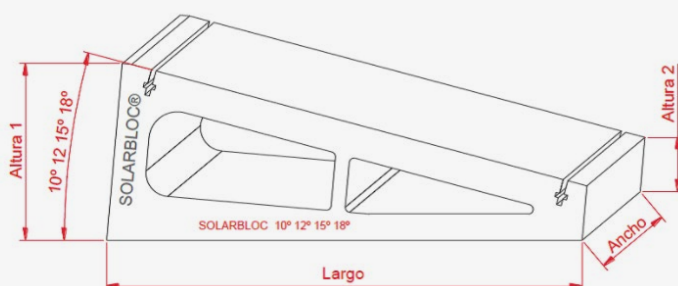
DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS 10º, 12º, 15º, 18º, 28º, 30º, 34º

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

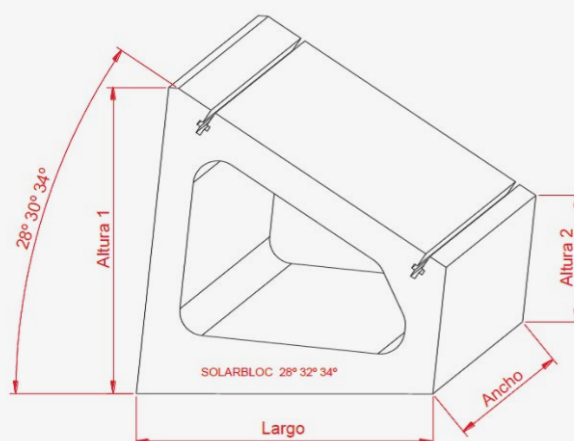
DIMENSIONES Y PESOS SEGÚN LA INCLINACIÓN

Inclinación apoyos

Grupo	Grupo 1				Grupo 2		
Inclinación	10º	12º	15º	18º	28º	30º	34º
Altura 1 (cm)	33,24	34,97	37,47	40,94	56,95	58,94	62,84
Altura 2 (cm)	15,96	14,21	11,54	9,91	26,11	26,03	25,96
Largo (cm)	100,0	100,0	100,06	100,38	60,00	60,04	60,32
Ancho (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	23,50	23,50	23,50
Peso (kg)	60,00	60,00	60,00	60,00	68,00	71,30	77,80
Composición	HM-20						



Grupo 1



Grupo 2

Más información en solarbloc.es



1.5 USO DEL LASTRE DE REFUERZO SOLARBLOC®

Los Lastres para SOLARBLOC® Cubiertas y Superficies Planas están diseñados para aumentar el peso y altura del propio soporte cuando las condiciones de la instalación fotovoltaica lo precisan.

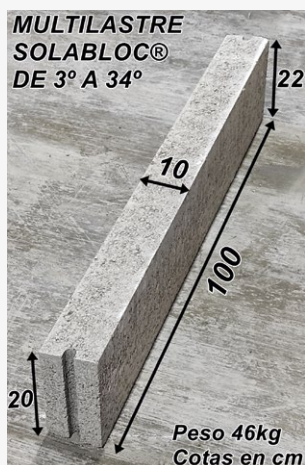


Estos Lastres de refuerzo **se colocan en la base** de los soportes Solarbloc® cuando se necesita ganar altura, **o por la parte trasera** para potenciar su eficacia y rigidizar la instalación en determinadas situaciones

Ambas piezas deben unirse mediante adhesivo para lograr hacer un solo cuerpo y conseguir que trabajen como una estructura. Para la fijación de las piezas es recomendable utilizar **masilla de poliuretano**, taco químico o adhesivos para materiales pétreos con resistencia a la tracción mínima de 12Kg/cm².

Más información en solarbloc.es

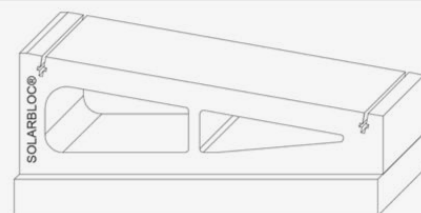
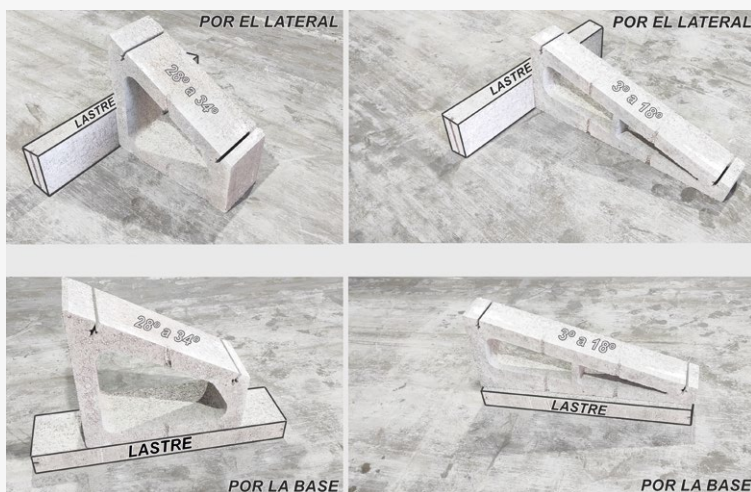
1.6 DATOS TÉCNICOS DEL LASTRE DE REFUERZO SOLARBLOC®



El multilastre Solarbloc está indicado para usarse en toda la gama de Solarbloc Cubiertas, tanto por la base de las estructuras como por el lateral de las mismas.

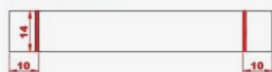
Se recomienda usar masilla de poliuretano para fijarlos a las estructuras.

PEGADO DEL SOPORTE SOLARBLOC® POR LA BASE Y LATERAL



EL PEGADO DE LOS SOLARBLOC A LOS LASTRES DEBE SER CON 2 CORDONES DE ADHESIVO PARA MATERIAL PETREC CON RESISTENCIA A TRACCIÓN MINIMA DE 10kg/cm2

LA LONGITUD MINIMA DE LOS CORDONES DE ADHESIVO DEBE SER 14cm.



BASE



Más información en solarbloc.es

1.7

DIAGRAMA DE RECOMENDACIONES Y POSICIÓN DE LOS MÓDULOS / USO DE REFUERZOS en función de la inclinación y tamaño.

Esta información se basa en las recomendaciones del fabricante para el refuerzo de instalaciones sometidas a altas cargas de vientos. PREVIAMENTE calculadas y verificadas por las empresas instaladoras.

USOS DE REFUERZO DE LASTRE SOBRE SOLARBLOC® CUBIERTA

- ✓ Recomendable
- ✓✓ Muy recomendable
- ✓✓✓ **L** Obligatorio por el lateral
- ✓✓✓ **B** Obligatorio por la base
- ✓✓✓ **L** | **B** Obligatorio por el lateral o base

ÁNGULO DE INCLINACIÓN	PANEL ≤ 1,65 M HORIZONTAL	PANEL ≤ 1,65 M VERTICAL	PANEL ≥ 1,75 M HORIZONTAL	PANEL ≥ 1,75 M VERTICAL
SOLARBLOC® 3º	✓	✓	✓✓	✓✓
SOLARBLOC® 10º	✓	✓✓	✓✓	✓✓✓ B
SOLARBLOC 12º	✓	✓✓	✓✓	✓✓✓ B
SOLARBLOC 15º	✓	✓✓	✓✓✓ L B	✓✓✓ B
SOLARBLOC 18º	✓	✓✓	✓✓✓ L B	✓✓✓ B
SOLARBLOC 28º	✓	Montaje incompatible ☹	✓✓✓ L	Montaje incompatible ☹
SOLARBLOC 30º	✓	Montaje incompatible ☹	✓✓✓ L	Montaje incompatible ☹
SOLARBLOC 34º	✓	Montaje incompatible ☹	✓✓✓ L	Montaje incompatible ☹

Más información en solarbloc.es

SOLARBLOC®



PRETENSADOS DURÁN

2. Características generales

CARACTERÍSTICAS GENERALES



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA/MECÁNICA DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

ÍNDICE DE REBOTE. Procedimiento interno basada en la norma: UNE-EN 12504-2:2013. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.

Metodología:

Resultado medio de 33 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO

32

ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD. Procedimiento interno basada en la norma: UNE-EN 772-11:2011. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería.

Metodología:

Resultado medio de 5 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m²s)

6,78 g/m²s

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA. Procedimiento interno.

Metodología:

Resultado medio de 5 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)

5,05%

CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC[®] CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

CARACTERIZACIÓN FÍSICA/MECÁNICA DEL PREFABRICADO "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A FLEXIÓN EN LA SECCIÓN MÁS DESFAVORABLE. Procedimiento interno basado en la norma:

UNE-EN 12390-5:2009. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5: Resistencia a flexión de probetas.

**RESISTENCIA A FLEXIÓN
SOLARBLOC 10º, 12º, 14º y 18º**

4,5 MPa

**RESISTENCIA A FLEXIÓN
SOLARBLOC 28º, 30º y 24º**

6,5 MPa

$$f_{ef} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

f_{ef} = resistencia en Mía
F = Carga de rotura en N
L = Distancia entre apoyos en mm
 l_1 y l_2 = Dimensiones laterales de las probetas

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA. Procedimiento interno.

Metodología:

Después de acondicionar las piezas a 20°C, se sumerge hasta masa constante para posteriormente secarse en estufa ventilada a 105°C. La pérdida de masa se expresa como porcentaje de la masa de la pieza seca.

**ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)
SOLARBLOC 10º, 12º, 14º y 18º**

2,85%

**ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)
SOLARBLOC 28º, 30º y 34º**

4,27%

CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

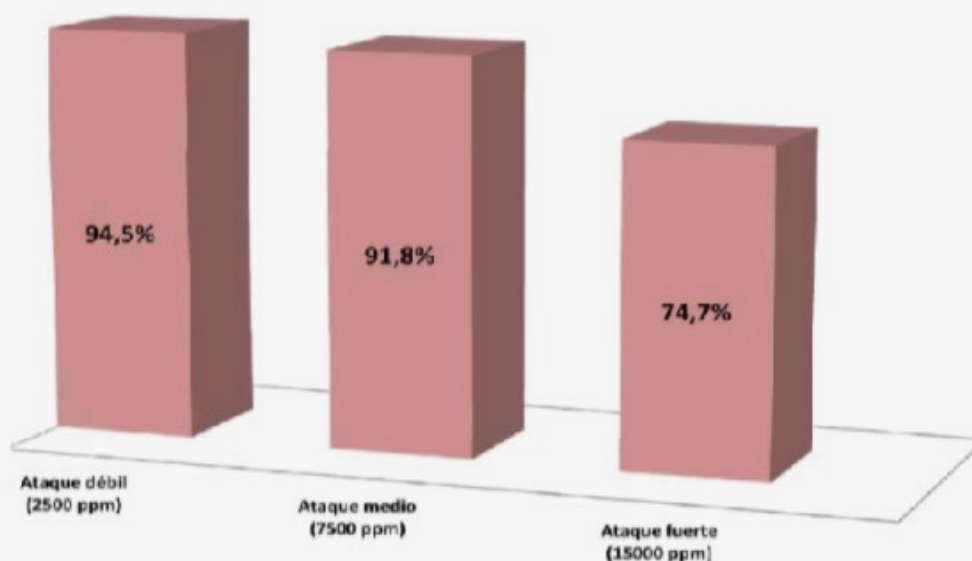
ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

INMERSIÓN EN SULFATOS. Procedimiento interno

Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de la impresión durante 3 meses en disoluciones diferentes de sulfato sódico tomando como referencia los límites marcados en la EHE-0 de suelos agresivos.

CATEGORÍA	CONCENTRACIÓN DE LA DISOLUCIÓN (ppm)	RESISTENCIA CONSERVADA DESPUÉS DE 3 MESES (%)
S - 1	2500 ppm	94,5%
S - 2	7500 ppm	91,8%
S - 3	15000 ppm	74,7%



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A CICLOS DE HIELO/DESHIELO. Procedimiento interno.

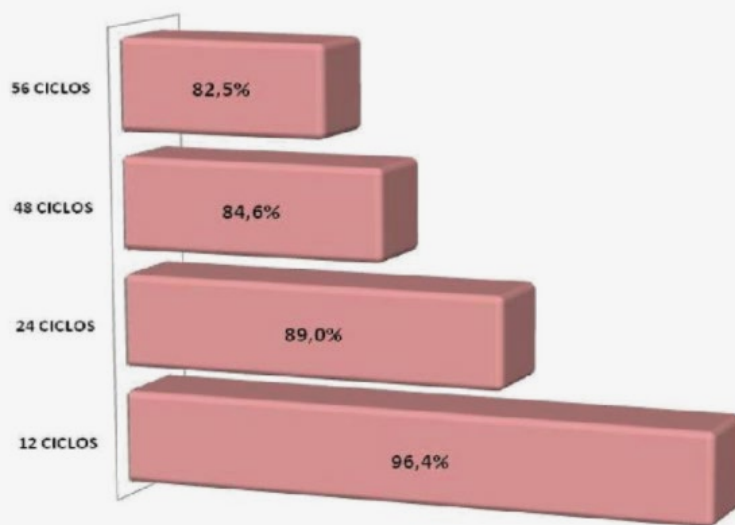
Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de someter a ciclos de 12 horas de hielo/deshielo en cámara controlada. Los tiempos y temperaturas en cada ciclo se reflejan en la tabla 1.

CATEGORÍA	CONCENTRACIÓN DE LA DISOLUCIÓN (ppm)
12 Ciclos de 12 horas	96,4%
24 Ciclos de 12 horas	89,0%
48 Ciclos de 12 horas	84,6%
56 Ciclos de 12 horas	82,5%

	Temperatura	Tiempo
Inicio	> +5 °C < +20 °C	T ₀
Fase 1	≤ 0 °C ≥ -8 °C	T ₀ + 2,0h.
Fase 2	≤ 8 °C ≥ 12 °C	T ₀ + 6,0h.
Fase 3	Inmersión total	T ₀ + 6,5h.
Fase 4	≥ +5 °C ≤ +20 °C	T ₀ + 9,0h.
Fase 5	> +5°C < +20 °C	T ₀ + 12,0h.

Tabla 1. Desarrollo de los ciclos cada 12 horas



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC[®] CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A CICLOS DE HUMECTACIÓN/SECADO. Procedimiento interno.

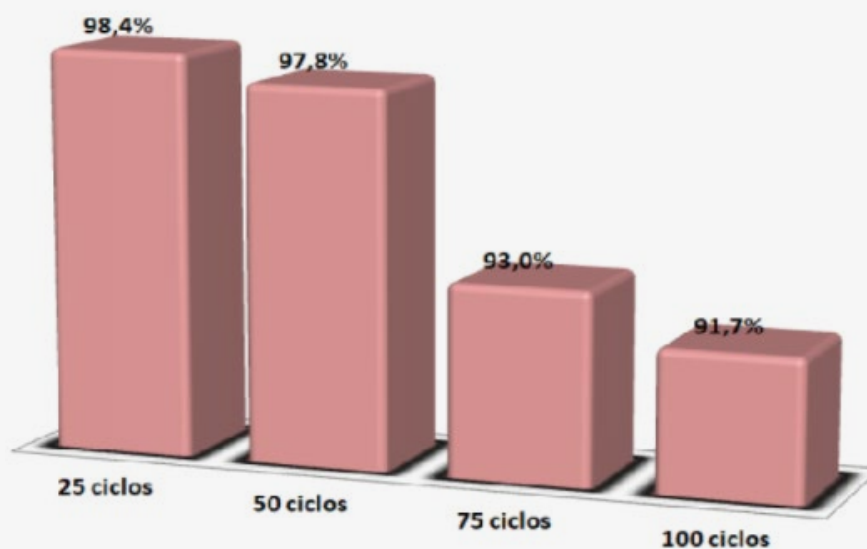
Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de someter a ciclos de 24 horas de humectación/secado consistentes en 7 horas en estufa ventilada a 70°C y 17 horas sumergidas en agua a 20 °C.

Nº CICLOS	RESISTENCIA CONSERVADA (%)
25 Ciclos de 24 horas	98,4%
50 Ciclos de 24 horas	97,8%
75 Ciclos de 24 horas	93,0%
100 Ciclos de 24 horas	91,7%

	Fase	Tiempo
Inicio	20 °C	T ₀
Fase 1	Estufa ventilada a 70 °C	T ₀ + 7,0h.
Fase 2	Inmersión en agua a 20 °C	T ₀ + 24,0h.

Tabla 2. Desarrollo de los ciclos cada 24 horas



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA QUÍMICA DEL HORMIGÓN. LIXIVIACIÓN. Procedimiento interno.

Metodología:

Evaluación de la lixiviación del hormigón mediante la inmersión e 5 testigos cilíndricos de hormigón de 40 mm de diámetro y 80 mm de longitud en una disolución semisaturada de NH_4NO_3 a 20°C en intervalos de 1-80 días. Determinación del porcentaje de resistencia conservada a la compresión frente a la disolución de calcio y silicio observada.

TIEMPO DE INMERSIÓN (Día)	RESISTENCIA CONSERVADA (%)
1 día	88,9%
5 días	81,0%
21 días	68,2%
45 días	63,2%
71 días	46,6%

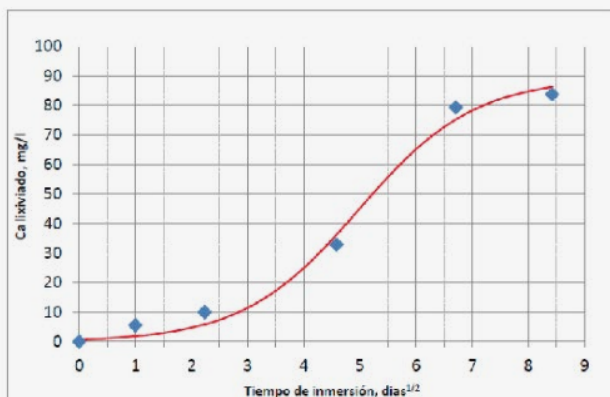


Tabla 1. Gráfica del calcio lixiviado frente al tiempo

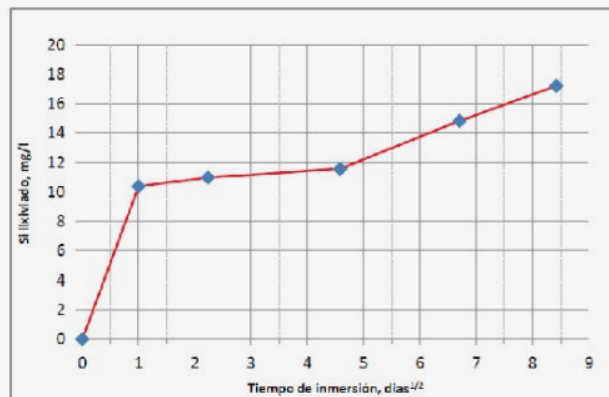


Tabla 2. Gráfica del silicio lixiviado frente al tiempo

3. Anexos

3.1

Sellador

WEBER FLEX PU

*Ejemplo de Selladores y adhesivos con las características mínimas para el uso compatible con el sistema Solarbloc y sus complementos.



weber flex PU

sellador elástico y adhesivo multiusos de poliuretano

- Flexible.
- Impermeable.
- Muy buena adherencia en todo tipo de soportes.
- Para interior y exterior.
- Resistencia a impactos y vibraciones.
- Elasticidad permanente.
- Resistente al agua.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

weber flex PU es una masilla de poliuretano monocomponente que cura a elevada velocidad por reacción con la humedad atmosférica. La masilla curada es altamente elástica y, en general, puede ser pintada. Se usa para el sellado elástico de juntas y como adhesivo multiusos.

Clasificada como "Masilla elastomérica **tipo F, clase 25 HM**, según **Norma ISO 11600**.

APLICACIONES

Construcción: Sellado de juntas en general sometidas o no a dilataciones. Sellado de juntas de pavimentos, suelos industriales, aparcamientos, fisuras activas, encuentros entre diferentes materiales, carpinterías en general, etc. Pegado elástico multiuso de elementos tales como mamparas, tabiques, placas de fibrocemento o melamínicas, tejas, madera, cerámica, zócalos, etc.

Industria: Sellado y uniones en la industria en general. Ventilación y aire acondicionado, automóvil (factorías y reparación), containeres, caravanas, marina, ferrocarriles, mantenimiento en general y bricolaje.

RECOMENDACIONES DE USO

No aplicar en superficies húmedas. Proteger la aplicación del agua.

Temperaturas de aplicación comprendidas entre 5 y 35°C.

Cuando sea necesario, los cartuchos pueden ser calentados hasta una temperatura de entre 15 y 20°C, en un baño de agua.

Contiene una pequeña cantidad de disolvente inflamable. Se aconseja trabajar con buena ventilación y no fumar.

Para limpiar las herramientas y las manchas de masilla fresca, utilizar detergente y agua en abundancia. Una vez que ha polimerizado la masilla, sólo puede ser eliminada por medios mecánicos.



CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

Espesor de aplicación: 5 - 35 mm.

Tiempo de secado: 45 minutos.

Tiempo de endurecimiento: 24 horas / 3 mm de espesor.

Tiempo óptimo para trabajar en flexión y compresión: 24 h.

Estos tiempos pueden variar según las inclemencias meteorológicas.

PREPARACIÓN DEL SOPORTE

Eliminar todos los restos de suciedad, polvo y restos de otros materiales de la superficie mediante medios mecánicos.

Si se moja el soporte, dejar secar antes de revestir con **weber flex PU**.

La preparación de la junta requiere un diseño previo. En general, la junta debe tener una anchura comprendida entre 5 y 35 mm. La relación entre la anchura y la profundidad debe ser aproximadamente 1:0,8 (en pavimentos) y 2:1 (en fachadas).

OBSERVACIONES

No ofrece buena resistencia a alcoholes, ácidos orgánicos, álcalis y ácidos concentrados, hidrocarburos o fuel.

Su uso no es adecuado para superficies expuestas directamente a los rayos U.V. a través de vidrio (acristalamientos) ni para materiales plásticos con alto contenido de plastificante. Puede destonificar.

Como junta resistente a agresiones químicas (gasolineras, piscinas,...), utilizar **weber.color epoxi**.

La masilla una vez curada, es altamente elástica y puede ser pintada.



COMPOSICIÓN



Poliuretano monocomponente de curado por humedad.

MODO DE EMPLEO



weber flex PU se suministra listo al uso y se debe insertar en una pistola para poder ser aplicado (mediante extrusión) de una manera sencilla.



Como junta flexible, después de diseñar la junta y preparar la superficie, extrusionar cuidadosamente sin crear burbujas de aire y presionar la masilla contra los vértices de la junta. Se recomienda delimitar la junta con cinta de enmascarar. Eliminar la cinta antes de que la masilla comience a polimerizar.



Como adhesivo, aplicar **weber flex PU** en superficie por cordones o por puntos. Fijar la pieza a pegar antes de que la masilla forme piel, ejerciendo una simple presión. Si fuera necesario mantener la presión durante la polimerización.

Imprimación: En general no es necesaria ninguna imprimación. Para aquellos casos en que se requiera un máximo de prestaciones o se desee mejorar la adherencia, pueden aplicarse sobre los flancos de la junta alguna imprimación (consultar dpto. técnico).

PRESENTACIÓN

Cajas de 12 cartuchos de 300 ml.
Palets de 600 kg (120 cajas).

COLORES

Blanco, gris, negro y marrón.

RENDIMIENTO

anchura	10 mm	15 mm	25 mm
profundidad	10 mm	12 mm	20 mm
metros lineales / cartucho	3 m	1,5 m	0,6 m



CONSERVACIÓN

12 meses a partir de la fecha de fabricación, en envase original cerrado y al abrigo de la humedad.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



Características generales

Densidad	1,32 kg/l
Colores	Blanco, gris, negro y marrón

Prestaciones finales

Velocidad curado	3 mm/día 23°C y 50% h.r. (ISO 006)
Secado al tacto	45 min (I-031)
Dureza Shore A	45-55 (ISO 868).
Módulo de elasticidad al 100% de alargamiento	0,5 MPa (ISO 8339).
Alargamiento a rotura	> 250% (ISO 8339).
Resistencia a la tracción	1,2 MPa (ISO 8339)
Resistencia temperatura	-20°C a +70°C (ISO 9047)
Resistencia química:	- Agua, agentes de limpieza : Buena - Gasolinas : Temporal - Ácidos y bases diluidos, aceites: Media - Disolventes, ácidos, bases : Mala

Estos resultados se han obtenido con ensayos normalizados, y pueden variar en función de las condiciones en obra.

Sistema de gestión
certificado de acuerdo
a la norma ISO 9001
por SGS ICS



3. Anexos

3.2 Sellador SIKAFLEX-11 FC+

*Ejemplo de Selladores y adhesivos con las características mínimas para el uso compatible con el sistema Solarbloc y sus complementos.



BUILDING TRUST



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sikaflex®-11 FC+

ADHESIVO Y SELLADOR DE JUNTAS ELÁSTICO, MULTIUSO



DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sikaflex®-11 FC+ es un adhesivo y sellador de juntas elástico, monocomponente con muy buenas propiedades de aplicación el cual adhiere y sella la mayoría de materiales usados en construcción. Para uso interior y exterior.

USOS

Como adhesivo para pegar diferentes materiales de construcción tales como:

- Hormigón
- Fábrica
- Cerámica
- Madera
- Metal
- Vidrio

Una masilla para sellar tanto juntas verticales como horizontales

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Capacidad de movimiento de $\pm 35\%$
- Adhiere bien sobre soportes definidos sin ningún tipo de pretratamiento
- Buena resistencia mecánica y a la intemperie

INFORMACION DEL PRODUCTO

Base Química	Poliuretano de tecnología <i>i-Cure</i>	
Presentación	Cartucho de 300 ml	12 cartuchos por caja
	Unipack de 600 ml	20 unipacks por caja
Color	Blanco, gris, marrón, negro, beige	
Conservación	15 meses después de su fecha de fabricación	

Muy bajas emisiones
Adhesivo sellador con marcado CE

INFORMACION AMBIENTAL

En conformidad con LEED v4 EQc 2: Materiales de baja emisión
La Declaración Ambiental de Producto (DAP) está disponible
Clasificación de emisión de COV GEV-Emicode EC1^{PLUS} número de licencia 2782/20.10.00
Clase A+ según la normativa francesa sobre emisiones de COV

CERTIFICADOS / NORMAS

CE Marking and Declaration of Performance to EN 15651-1 - Sealants for non-structural use in joints in buildings - Facade elements - F EXT-INT CC 25HM
CE Marking and Declaration of Performance to EN 15651-4 - Sealants for non-structural use in joints in buildings - Sealants for pedestrian walkways - PW EXT-INT CC 25HM
ASTM C920-11 class 35, Sikaflex-11 FC+, MST, Report Certificate of Compliance Sikaflex-11 FC+, ISEGA, Certificate No 43792 U 16

Hoja De Datos Del Producto
Sikaflex®-11 FC+
Julio 2020, Versión 02.01
020513010000000019



Condiciones de Almacenamiento El producto debe ser almacenado en su envase original, cerrado y no deteriorado, en condiciones secas y a temperaturas entre +5 °C y +25 °C. Consulte siempre el envase.

Densidad ~1,35 kg/l (ISO 1138-1)

INFORMACION TECNICA

Dureza Shore A ~37 (después de 28 días) (ISO 868)

Resistencia a Tracción ~1,5 N/mm² (ISO 37)

Módulo de Tracción secante ~0,60 N/mm² a 100 % de elongación (+23 °C) (ISO 8339)

Elongación a Rotura ~700 % (ISO 37)

Recuperación Elástica ~80 % (ISO 7389)

Resistencia a la Propagación del Desgarrro ~8,0 N/mm (ISO 34)

Capacidad de Movimiento ±35 % (ASTM C 719)

Resistencia Química Resistente a muchas sustancias químicas. Contacte con el Departamento Técnico de Sika® para información adicional.

Temperatura de Servicio -40 °C min. / +80 °C max.

Diseño de Juntas

La junta debe ser diseñada para adecuarse a la capacidad de movimiento del sellador. El ancho de junta tiene que ser ≥ 10 mm y ≤ 35 mm. La relación ancho - profundidad para juntas en fachada debe ser de 2:1 (para excepciones, consulte la siguiente tabla).

Dimensiones típicas de las juntas entre elementos de hormigón:

Distancia de junta (m)	Ancho mínimo de junta (mm)	Profundidad mínima de junta (mm)
2	10	10
4	15	10
6	20	10
8	30	15
10	35	17

El ancho mínimo de juntas perimetrales alrededor de ventanas es de 10 mm.

Todas las juntas deben estar correctamente diseñadas y dimensionadas de acuerdo con las normas y códigos de práctica pertinentes antes de su ejecución. La base para el cálculo de ancho de junta necesario, son tipo de estructura, dimensiones, valores técnicos de los materiales de construcción adyacentes, el material de sellado de las juntas y la exposición específica del edificio y las juntas.

Las juntas de ≤ 10 mm de ancho son para el control de las grietas y, por lo tanto, juntas sin movimiento.

Para juntas más grandes, contacte Con el Departamento Técnico de Sika para obtener información adicional.



INFORMACION DE APLICACIÓN

Rendimiento	Pegado		Dimensiones	
	Consumo			
	1 Cartucho (290 ml)			
	~100 puntos		Diámetro = 30 mm	
	~15 m cordón		Espesor = 4 mm	
			Diámetro de la boquilla = 5 mm (~20 ml por metro lineal)	
	Sellado			
	Ancho de junta mm	Profundidad de junta mm	Longitud de junta m por Cartucho (300 ml)	Longitud de junta m por unipack (600 ml)
	10	10	3,0	6,0
	15	12	1,6	3,2
	20	17	0,9	1,8
	25	20	0,6	1,2
	30	25	0,4	0,8
	El consumo depende de la rugosidad y la capacidad de absorción del soporte. Estas cifras son teóricas y no contemplan ningún material adicional debido a la porosidad y rugosidad de la superficie, variaciones de nivel o desperdicio, etc.			
Material de Apoyo	Use fondo de junta de polietileno y célula cerrada			
Tixotropía	~1 mm (20 mm cordón, +23 °C)		(ISO 7390)	
Temperatura Ambiente	+5 °C min. / +40 °C max.			
Temperatura del Soporte	+5 °C min. / +40 °C max. Mínimo +3 °C por encima de la temperatura de punto de rocío			
Índice de Curado	~3,5 mm/24 hours (+23 °C / 50 % h.r.)		(CQP* 049-2)	
	*Procedimiento de Calidad Corporativo de Sika			
Tiempo de Formación de Piel	~70 min (+23 °C / 50 % h.r.)		(CQP 019-1)	

INSTRUCCIONES DE APLICACION

PREPARACION DEL SOPORTE

El soporte debe estar sano, limpio, seco y libre de contaminantes como suciedad, aceite, grasa, lechada de cemento, selladores viejos y revestimientos de pintura pobremente adheridos que puedan afectar la adhesión. El sustrato debe tener la resistencia suficiente para soportar las tensiones inducidas por el sellador durante el movimiento.

Para ello, se podrán usar distintos métodos: cepillo de alambre, lijado o mediante el uso de herramientas adecuadas

Todo el polvo, material suelto debe ser eliminado por completo de todas las superficies antes de la aplicación de cualquier activador, imprimador o adhesivo / sellador.

Sikaflex®-11 FC+ se adhiere sin imprimación y/o activadores.

Sin embargo, para obtener una adhesión óptima, durabilidad de las juntas y aplicaciones críticas de alto rendimiento, se deben seguir los siguientes procedimientos de imprimación y/o pretratamiento:

Soportes no porosos

Aluminio, aluminio anodizado, acero inoxidable, PVC, acero galvanizado, metales revestidos con pinturas de polvo o baldosas esmaltadas, lije la superficie hasta generar una superficie ligeramente rugosa con una almohadilla abrasiva fina. Limpiar y pretratar con Sika® Aktivator-205 aplicado con un paño limpio.

Antes de pegar / sellar, dejar un tiempo de espera de > 15 minutos (< 6 horas).

Otros metales como el cobre, latón y titanio-zinc, limpiar y pretratar con Sika® Aktivator-205 aplicado con un paño limpio. Después de un tiempo de espera de > 15 minutos (< 6 horas). Aplicar Sika® Primer-3 N con un pincel o brocha.

Dejar un tiempo de espera adicional de > 30 minutos (< 8 horas) antes de pegar / sellar.

El PVC debe ser limpiado y pretratado con Sika® Primer-215 aplicado con un pincel o brocha fina.

Antes de pegar / sellar, dejar un tiempo de espera de > 15 minutos (< 8 horas).

Soportes porosos

Hormigón, hormigón celular y enfoscados a base de cemento, morteros y ladrillos, imprimir la superficie con Sika® Primer-3 N aplicado con brocha.



Antes de pegar / sellar, dejar un tiempo de espera de > 30 minutos (< 8 horas).

Nota: Las imprimaciones y los activadores son promotores de la adhesión y no una alternativa para mejorar la mala preparación / limpieza de la superficie de la junta. Las imprimaciones también mejoran el desempeño de la adhesión a largo plazo de la junta sellada. Contacte con el Departamento Técnico de Sika para obtener información adicional.

METODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Siga estrictamente los procedimientos de instalación definidos en los métodos de ejecución, los manuales de aplicación e instrucciones de trabajo, que siempre deben ajustarse a las condiciones reales del lugar.

Procedimiento de pegado

Aplicación

Después de la preparación necesaria del soporte, prepare el extremo del cartucho unipack antes o después de insertarlo en la pistola de sellado y luego coloque la boquilla.

Aplicar en cordones triangulares, tiras o puntos a intervalos de unos pocos centímetros cada uno. Presionar con la mano para fijar los componentes que se van a unir en su posición antes de que se forme piel en el exterior adhesivo. Los componentes mal colocados pueden ser fácilmente despegados y reposicionados durante los primeros minutos después de la aplicación. Si es necesario, utilice cintas adhesivas temporales, cuñas o soportes para mantener los componentes juntos durante el tiempo de curado inicial.

El adhesivo fresco y sin curar que quede en la superficie debe ser retirado inmediatamente. La resistencia final se alcanzará después de un curado completo de Sikaflex®-11 FC+, es decir, después de 24 a 48 horas a +23 °C, dependiendo de las condiciones ambientales y el espesor de la capa adhesiva.

Procedimiento de sellado

Encintado

Se recomienda utilizar cinta de carroceros en los casos en que se requieran juntas limpias o exactas. Retire la cinta dentro del tiempo de formación de piel después de terminar.

Fondo de junta

Después de la preparación del soporte requerido, inserte el fondo de junta adecuado en el soporte a la profundidad requerida.

Imprimación

Prepare las superficies de las juntas como se recomienda en la preparación del soporte. Evite la aplicación excesiva de la imprimación para evitar que se formen charcos en la base de la junta.

Aplicación

Prepare el extremo del cartucho/unipack antes o después de insertarlo en la pistola de sellado y luego coloque la boquilla. Extruya Sikaflex®-11 FC+ en la junta asegurándose de que entre en contacto con los lados de la junta y evitando cualquier oclusión de aire.

Acabado

Tan pronto como sea posible después de la aplicación, el sellador debe estar firmemente aplicado contra los lados de la junta para asegurar una adhesión adecuada y un acabado liso.

Use productos de alisado compatibles para dar el aca-

bado final de la junta. No utilice productos que contengan disolventes.

LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Limpie todas las herramientas y el equipo de aplicación inmediatamente después del uso con Sika® Cleaning Wipes-100. Una vez curado, el material endurecido solo puede eliminarse mecánicamente. Para limpiar la piel, use Sika® Cleaning Wipes-100.

LIMITACIONES

Para una buena trabajabilidad, la temperatura de la masilla debe ser de +20 °C.

No se recomienda su aplicación durante los cambios de temperatura (movimiento durante el curado).

Antes de pegar o sellar, compruebe la adhesión y la compatibilidad de las pinturas y los revestimientos mediante la realización de pruebas preliminares.

Sikaflex®-11 FC+ puede ser pintado con la mayoría de los sistemas convencionales de pintura y en base de agua. Sin embargo, las pinturas deben ser ensayadas primero para asegurar su compatibilidad mediante la realización de pruebas preliminares. Los mejores resultados se obtienen cuando se deja que el adhesivo cure completamente primero. Nota: los sistemas de pintura no flexibles pueden perjudicar la elasticidad del adhesivo y provocar el agrietamiento de la película de pintura.

Pueden producirse variaciones de color debido a la exposición en servicio a productos químicos, a altas temperaturas y/o a la radiación UV (especialmente con el tono de color blanco). Este efecto es estético y no influye negativamente en el rendimiento técnico o la durabilidad del producto.

Utilice siempre Sikaflex®-11 FC+ junto con fijaciones mecánicas para aplicaciones aéreas o componentes pesados.

Para componentes muy pesados proporcione un soporte temporal hasta que Sikaflex®-11 FC+ haya curado completamente.

No se recomiendan las aplicaciones / fijaciones de superficie continua ya que la parte interior de la capa adhesiva puede no curarse nunca.

Antes de usar en piedra moldeada o natural, contacte con el Departamento Técnico de Sika.

No utilizar en soportes bituminosos, caucho natural, caucho EPDM o en cualquier material de construcción que pueda lixiviar aceites, plastificantes o solventes que puedan degradar el adhesivo.

No utilizar en polietileno (PE), polipropileno (PP), politetrafluoroetileno (PTFE / Teflón), y ciertos materiales sintéticos plastificados. Se recomienda realizar pruebas preliminares o contactar al Departamento Técnico de Sika®.

No lo use para sellar las juntas en y alrededor de las piscinas.

No usar para juntas bajo presión de agua o para inmersión permanente en agua.

No usar para sellar juntas en muros cortinas o sanitarias.

No usar para juntas de pavimentos con tránsito rodado. Contacte al Departamento Técnicos de Sika® para obtener asesoría sobre productos alternativos.

No usar para pegar vidrios si la línea de unión está



expuesta a la luz solar.
No usar para pegados estructurales.
No exponga la masilla Sikaflex®-11 FC+ no curada a productos que contengan alcohol ya que esto puede interferir con la reacción de curado.

NOTAS

Todos los datos técnicos indicados en estas Hojas de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Tenga en cuenta que como resultado de las regulaciones locales específicas, el funcionamiento del producto puede variar de un país a otro. Por favor, consulte la Hoja de Datos de Producto local para la descripción exacta de los campos de aplicación.

ECOLOGIA, SEGURIDAD E HIGIENE

Para obtener información y asesoramiento sobre la manipulación, el almacenamiento y la eliminación segura de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otras cuestiones relacionados con la seguridad.

NOTAS LEGALES

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

OFICINAS CENTRALES Y FABRICA

Carretera de Fuencarral, 72
P. I. Alcobendas
Madrid 28108 - Alcobendas
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38

OFICINAS CENTRALES Y CENTRO LOGÍSTICO

C/ Aragoneses, 17
P. I. Alcobendas
Madrid 28108 - Alcobendas
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38



Disño y producción en instalaciones de Alcobendas (Madrid)



El Compromiso de Sika con el Desarrollo Sostenible

Hoja De Datos Del Producto

Sikaflex®-11 FC+

Julio 2020, Versión 02.01

020513010000000019

Sikaflex-11FC+-es-ES-(07-2020)-2-1.pdf



PRETENSADOS DURÁN S.L.
Le responderá a cualquier duda o
consulta sobre sus productos SOLARBLOC®.

Email:

fabrica@pretensadosduran.com

Oficinas centrales:

C/ Juan Ignacio Rodríguez Marcos, 1 A
06010 Badajoz (España)

Tlfn.:

(+34) 924 244 203 / (+34) 924 480 112

www.solarbloc.es

www.pretensadosduran.com

SOLARBLOC®  **PRETENSADOS DURÁN**

FRONIUS SMART METER TS

Contador bidireccional para la gestión inteligente de energía



Fronius Smart Meter TS es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo, controla los diferentes flujos de energía y registra la curva de consumo. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia, cuando hay límites configurados, es más rápida y precisa que con el controlador S0.

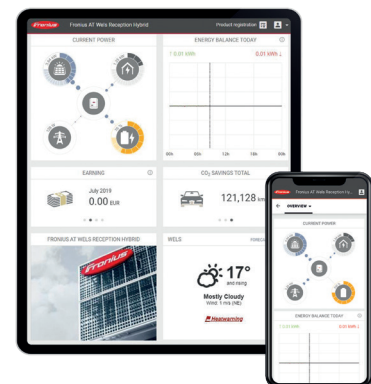
Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía. En combinación con las soluciones de almacenamiento Fronius, este dispositivo garantiza una coordinación perfecta de diferentes flujos de energía, optimizando así la energía total. El Smart Meter TS es perfecto para su uso junto con los inversores GEN24 Plus y Tauro, así como con otros inversores que contengan un Fronius Datamanager 2.0.

FRONIUS SMART METER TS

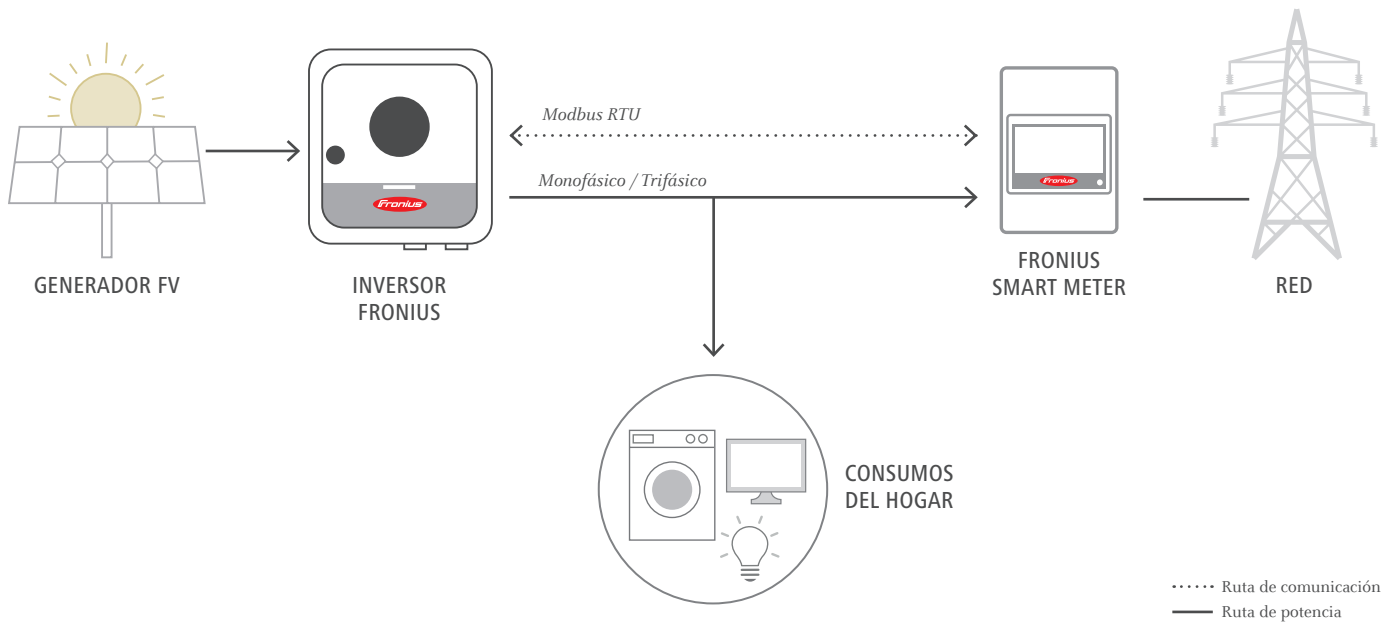
DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER TS 100A -1	FRONIUS SMART METER TS 65A -3	FRONIUS SMART METER TS 5KA -3
Tensión nominal	230 V	208 - 400 V	220 - 480 V
Tolerancia	-30% - +20%	-20% - +20%	-20% - +15%
Frecuencia nominal		50 a 60 Hz	
Rango de frecuencia de red		45 a 65 Hz	
Máxima corriente	1 x 100 A	3 x 65 A	3 x 5000 A
Sección de cable de alimentación	1 - 25 mm ²	1 - 16 mm ²	1 - 4 mm ²
Sección de cable neutro	1 - 25 mm ²	0,05 - 1,5 mm ²	1 - 4 mm ²
Sección de cable de comunicación		0,05 - 1,5 mm ²	
Consumo de energía		<=1W	
Intensidad de inicio	40 mA	20 mA	10 mA
Clase de protección		1	
Precisión de energía activa		Clase 1 (EN62053-21) / Clase B (EN50470-3)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración	3000A/10ms	1950A/10ms	25A/500ms
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa	2 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 a +65°C	
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	91,5 x 35,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display		3 x 8 dígito / Pantalla táctil	

VENTAJAS

- / Limitación de potencia rápida y precisa
- / Junto con Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía
- / Gestión de energía con solución de almacenamiento Fronius
- / Identificación de oportunidades para optimizar el sistema FV
- / Monitorización y análisis de cargas



ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). También puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión "desarrollo sostenible" significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com v08 Aug 2017 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono + 43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-952560
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

PLANOS

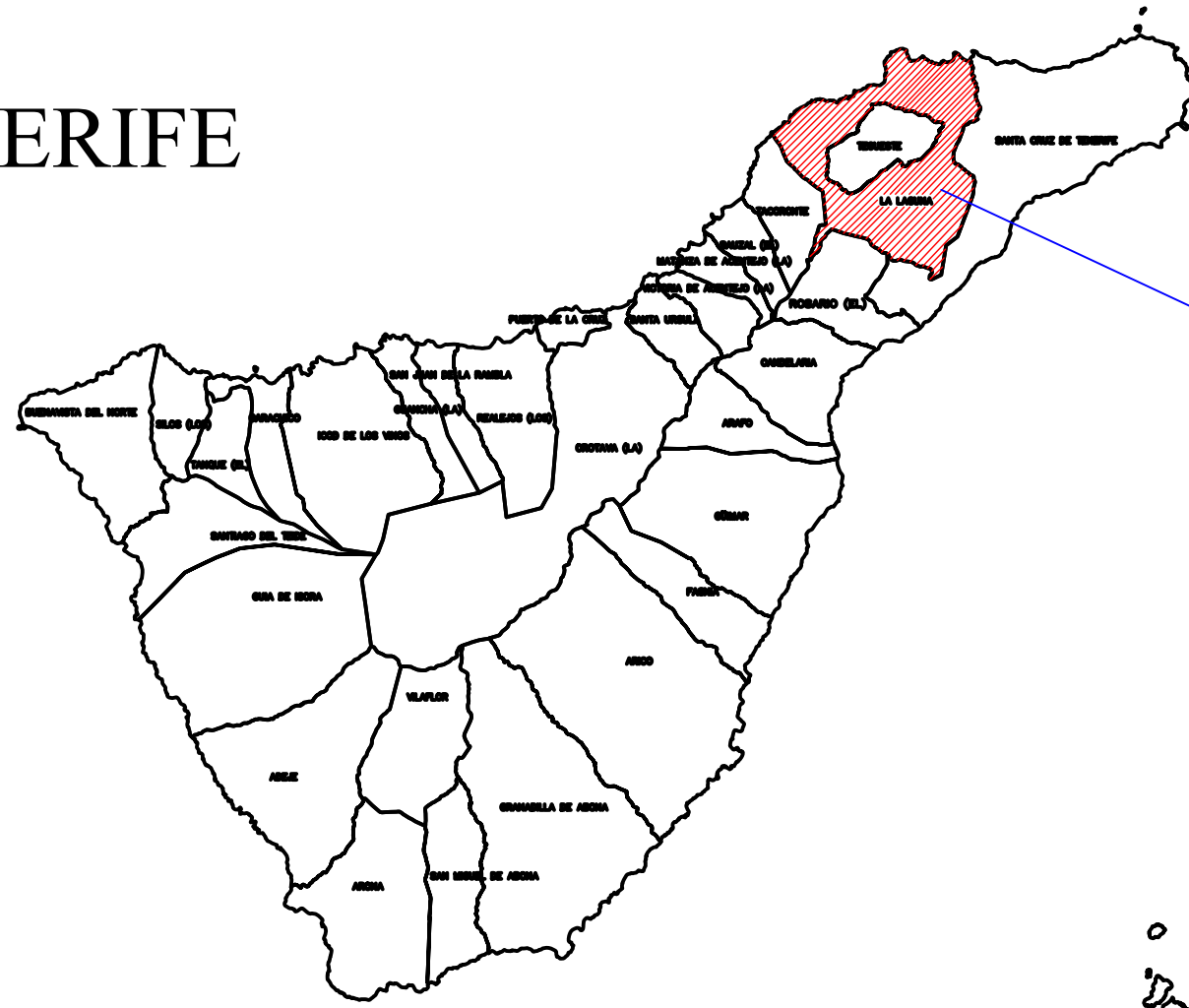
Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

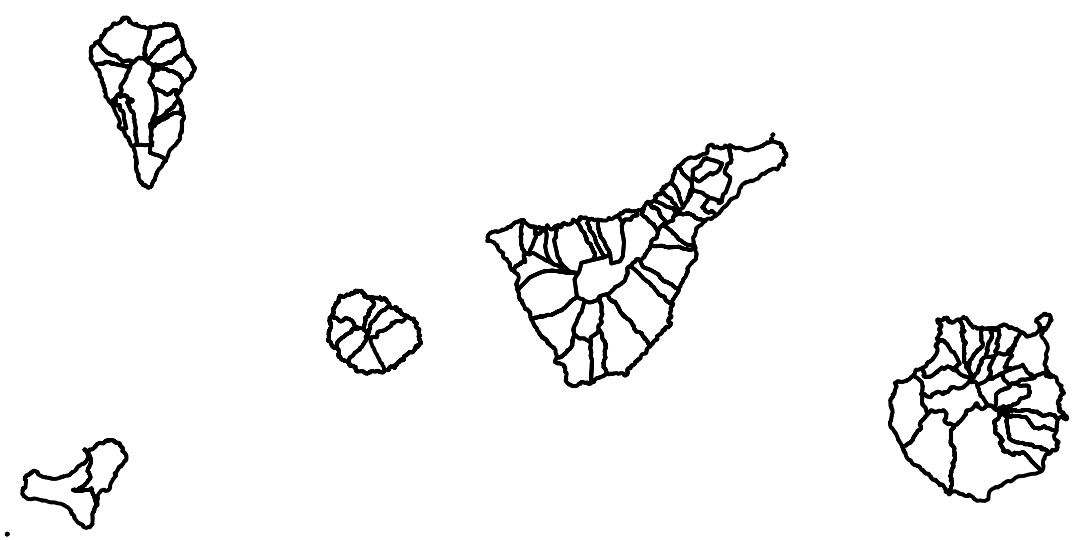
ÍNDICE

- 1. SITUACIÓN**
- 2. EMPLAZAMIENTO**
- 3. DISTRIBUCIÓN DEL COLEGIO**
- 4. DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN**


TENERIFE

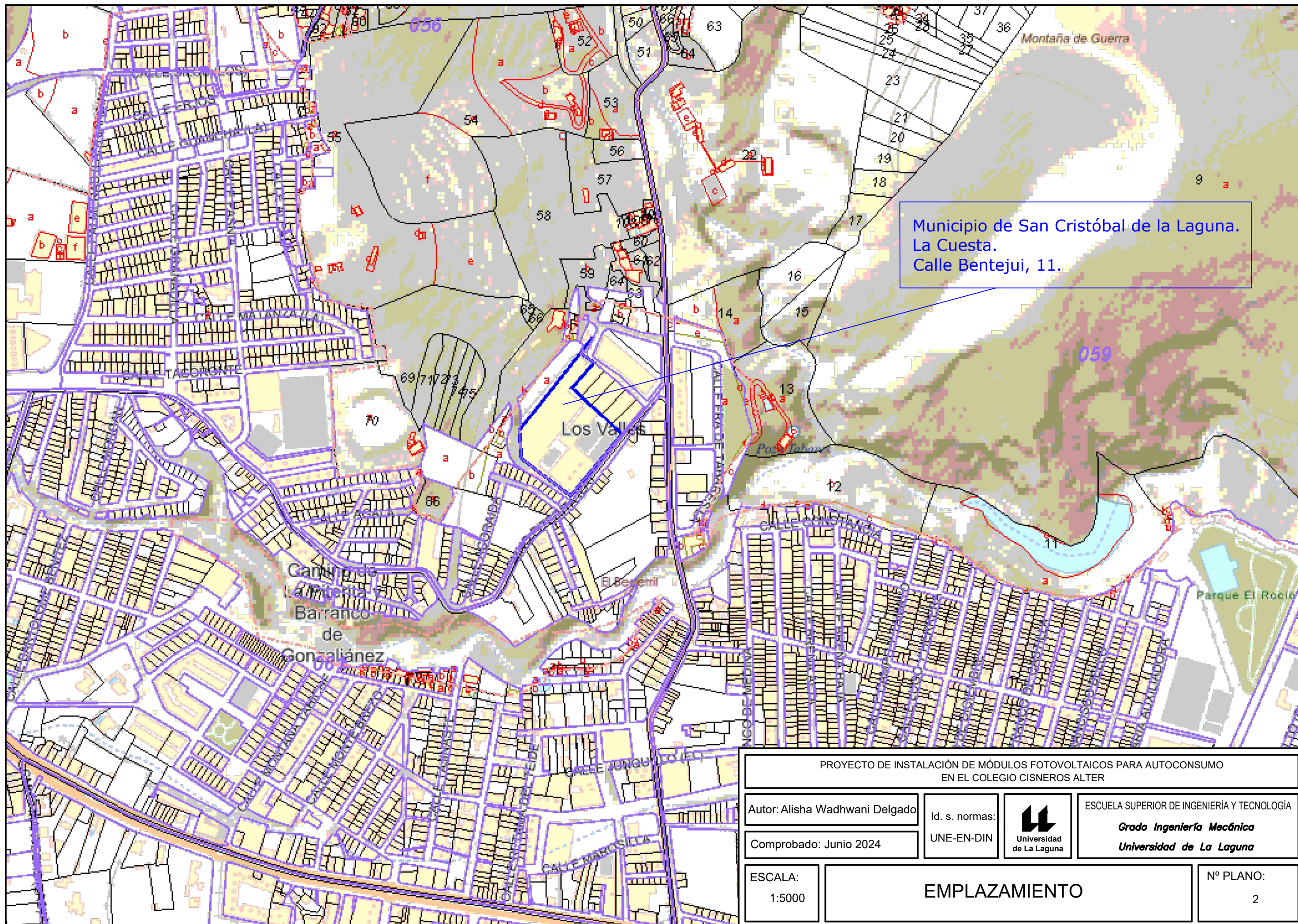


Municipio de San Cristóbal de la Laguna.
La Cuesta.
Calle Bentejui, 11.



ISLAS CANARIAS

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO CISNEROS ALTER			
Autor: Alisha Wadhvani Delgado	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Comprobado: Junio 2024	ESCALA: SE		Nº PLANO: 1
SITUACIÓN			



Municipio de San Cristóbal de la Laguna.
La Cuesta.
Calle Bentejui, 11.

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO
EN EL COLEGIO CISNEROS ALTER

Autor: Alisha Wadhvani Delgado

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: Junio 2024

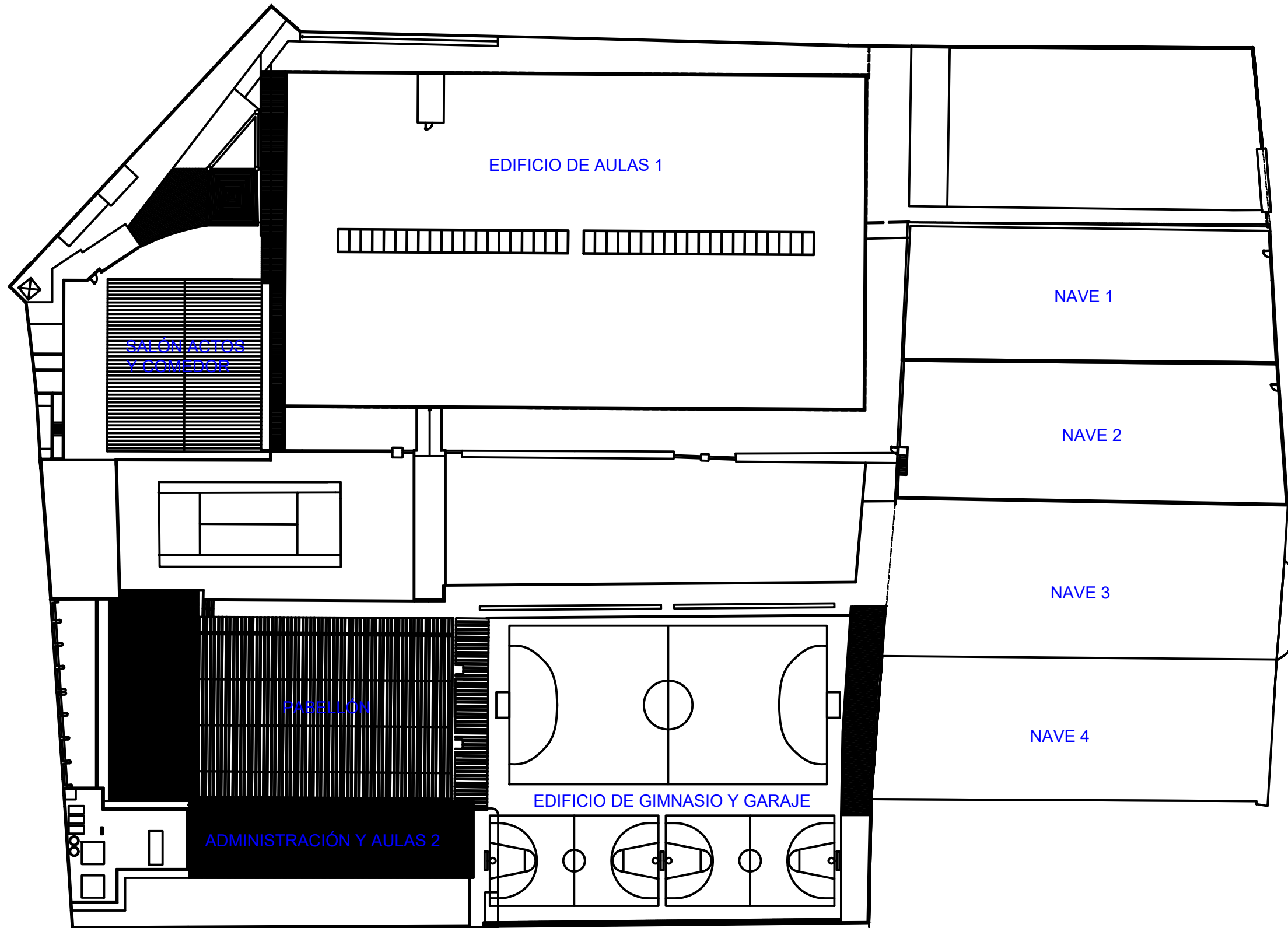
UNE-EN-DIN

Grado Ingeniería Mecánica
Universidad de La Laguna

ESCALA:
1:5000

EMPLAZAMIENTO

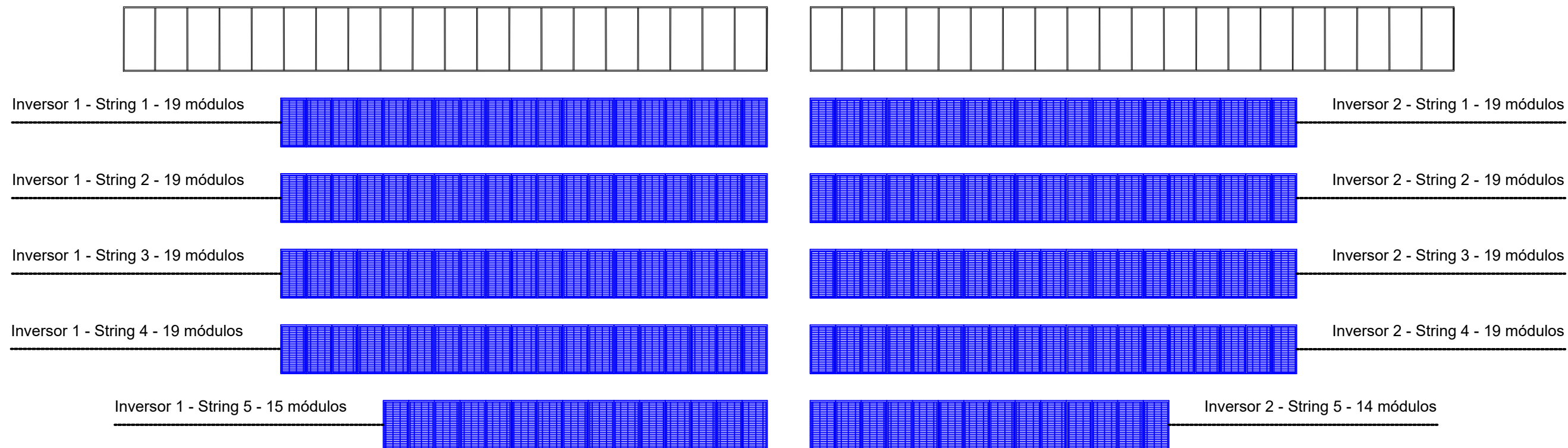
Nº PLANO:
2



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO CISNEROS ALTER			
Autor: Alisha Wadhvani Delgado	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Comprobado: Junio 2024	DISTRIBUCIÓN DEL COLEGIO		Nº PLANO: 3
ESCALA: 1:550			



EDIFICIO DE AULAS 1



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO CISNEROS ALTER			
Autor: Alisha Wadhvani Delgado	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Grado Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Comprobado: Junio 2024	ESCALA: 1:300		Nº PLANO: 4
DISTRIBUCIÓN DE LA INSTALACIÓN			



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA
AUTOCONSUMO EN EL COLEGIO
CISNEROS ALTER**

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Alumna: Alisha Daniela Wadhvani Delgado

Tutor: Emilio Iván Giménez Suárez

ÍNDICE

1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	1
CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE	1
CAPÍTULO 2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	2
RESUMEN POR CAPÍTULOS	8
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	9
2. MODELO DE SUBVENCIÓN	10

1. PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

Para la realización del presupuesto se fijan unos precios aproximados al valor del mercado actual, ya que los mismos pueden ser alterados debido a la inflación, al IVA o al IGIC de los propios artículos.

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE					
1.1	Ud	SOLAR_BLOC			
		Suministro e instalación de bloques prefabricados de hormigón para la colocación de los módulos fotovoltaicos con una inclinación de 18°, además de un lastre junto con el pegamento y demás elementos necesarios para la fijación de la estructura y los paneles.			
			191,000	38,89	7.1427,99
1.2	Ud	IMP			
		Partida de reparación de rotura de impermeabilización de cubierta debido a la instalación de la instalación generación.			
			1,000	350,00	350,00
TOTAL CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE.....					7.777,99

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA					
2.1. Módulos Fotovoltaicos					
2.1.1	Ud	MF550WP-DM			
		Suministro e instalación de módulo fotovoltaico modelo DM550M10-72HSW/-V o equivalente, de dimensiones 2278x1134x35 mm y potencia máxima 550 Wp, fabricado conforme la norma UNE 61215, montados sobre estructura de soporte de aluminio o bloques de hormigón prefabricados, previamente instalados para tal propósito.			
			181,000	202,34	36.623,54
2.2. Inversores					
2.2.1	Ud	INV50kW			
		Suministro e instalación de inversor modelo Fronius trifásico 50 kW con Fronius DataManager 2.0 totalmente instalado y probado.			
			2,000	12.345,28	24.690,56
2.3. Componentes CC					
2.3.1	Ud	IEX400b			
		Suministro e instalación de cajas de protección de CC, de superficie, con puerta transparente, con grado de protección IP65 e IK09, marca GEWISS modelo GW10108 o equivalente, aislamiento de clase II, tensión nominal 400V, para 24 módulos, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de puerta y tapas cubremódulos, equipado con puerta lisa, incluyendo en su interior: <ul style="list-style-type: none"> - Embarrado con pletinas de 20x5 mm y soporte aislante. - Base portafusibles y fusibles de 16 A para cada string. 			
			2,000	198,26	396,52

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.3.2	Ud	IEX300 Suministro e instalación de un conjunto de fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, un poder de corte 100 KA, tamaño 10x38 mm y base modular para fusible cilíndricos de 10,3x38 mm, unipolar (1P), modelo STI A9N15636 o equivalente.	2,000	6,23	12,46
2.3.3	m	LCU060ZZ-F Suministro e instalación de cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, 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 y de color negro.	960,000	1,12	1.075,20
2.3.4	m	IEO030e Canal protectora de U23X, color blanco RAL 9010, código de pedido 73020-2, serie 73 "UNEX", de 40x40 mm, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, con grados de protección IP4X e IK08, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento.	120,000	8,79	1.054,80
2.3.5	m	IEO030b Canal protectora de U23X, color blanco RAL 9010, código de pedido 73082-2, serie 73 "UNEX", de 60x90 mm, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, con grados de protección IP4X e IK08, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento.			

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
			70,000	14,86	1.040,20
2.3.6	m	IEO010b			
		Canalización de tubo curvable de poliamida, exento de halógenos, transversalmente elástico, corrugado, forrado, de color gris, de 32 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 320 N, con grado de protección IP547. Instalación empotrada en elemento de construcción con aislamiento térmico.			
			150,000	1,95	292,50
2.4. Componentes CA					
2.4.1	Ud	IEX400c			
		Suministro e instalación de caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP65 e IK09, marca GEWISS modelo GW40105 o equivalente, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 24 módulos, de 608x408x210 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubremódulos.			
			2,000	300,74	601,48
2.4.2	Ud	IEX400c			
		Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 15 kA, curva D, modelo iC60H A9F89450 "SCHNEIDER ELECTRIC" o equivalente, de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm).			
			2,000	242,20	484,40
2.4.3	Ud	IIEX064			

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		<p>Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, sensibilidad 300 mA, clase A, modelo iID A9R24450 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x96x69 mm, montaje sobre carril DIN, con conexión mediante bornes de caja para cables de cobre.</p>	2,000	277,45	554,90
2.4.4	Ud	<p>IEX050</p> <p>Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89450 "SCHNEIDER ELECTRIC" o similar, de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm).</p>	1,000	237,62	237,62
2.4.5	m	<p>IEO030c</p> <p>Canal protectora de U23X, color blanco RAL 9010, código de pedido 73085-2, serie 73 "UNEX" o similar, de 60x150 mm o similar, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, con grados de protección IP4X e IK08, estable frente a los rayos UV y con buen comportamiento a la intemperie y frente a la acción de los agentes químicos, con 1 compartimento.</p>	10,000	20,51	205,10
2.4.6	m	<p>IEH010</p> <p>Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 5G6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).</p>	35,000	5,42	189,70

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.5. Instalación de puesta a tierra					
2.5.1	m	IEH012			
		Suministro e instalación de cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción.			
			120,000	2,52	302,40
2.5.2	m	LCU160RV-K			
		Suministro e instalación de cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso p/p de accesorios y elementos de sujeción.			
			70,000	3,64	254,80
2.5.3	Ud	D05T00900			
		Toma de Tierra compuesta por pica de acero cobreado de 2 m de longitud, con dispositivo de acople al cable de cobre de 50 mm ² , en excavación al efecto, incluso tierra vegetal, sal y carbón con tubo de humedecimiento, equipada con una arqueta de registro de 20 cm de diámetro, con tapa y marco de fundición.			
			1,000	160,84	160,84
2.5.4	Ud	D05T05005			
		Caja plástica marca CLAVED o equivalente, con puente de pruebas, instalada, conectada y homologada.			
			1,000	21,53	21,53

Nº	Ud	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.5.5	m	IEO010_BINKER23-28 Exteriormente ondulada en forma de rosca, interior liso, con espiral de soporte incrustada de PVC rígido, flexible, de elevada resistencia a lejías, ácidos y aceite. Ideal como manguera de protección de cables para instalaciones de distribución. Medidas 23,1x28,3 mm	1,000	3,33	3,33
2.6. Conexiones generales. Elementos auxiliares. Pequeño material y Accesorios instalación					
2.6.1	Ud	FMETER50kA-3 Suministro e instalación de contador bidireccional Fronius Smart Meter TS 5kA-3 junto con todos los componentes necesarios.	1,000	293,80	293,80
2.6.2	Ud	PREVISION_PARTIDA Asignación para la provisión de Pequeño Material y Accesorios necesarios para la correcta ejecución de la instalación fotovoltaica propuesta y su correspondiente adecuación. Incluye mano de obra y el material necesario para la correcta ejecución.	1,000	5.000,00	5.000,00

TOTAL CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE.....73.495,71

RESUMEN POR CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE	7.777,99
CAPÍTULO 2 INSTALACIÓN FV	73.495,71
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	81.237,70

El presupuesto de ejecución material asciende a las expresadas de OCHENTA Y UN MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS.

Capítulo	Importe
CAPÍTULO 1 ESTRUCTURA SOPORTE	7.777,99
CAPÍTULO 2 INSTALACIÓN FV	73.495,71
Capítulo 2.1 Módulos fotovoltaicos	36.623,54
Capítulo 2.2 Inversores	24.690,56
Capítulo 2.3 Componentes CC	3.871,68
Capítulo 2.4 Componentes CA	2.273,23
Capítulo 2.5 Instalación de puesta a tierra	742,90
Capítulo 2.6 Conexiones generales. Elementos auxiliares. Pequeño material y Accesorios Instalación	5.293,80
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	81.237,70
Gastos Generales 13%	10.560,90
Beneficios Industrial 6%	4.874,26
SUMA	96.672,86
IGIC 7%	6.767,10
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	103.439,69

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a las expresadas de CIENTO TRES MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

2. MODELO DE SUBVENCIÓN

A continuación, se procederá al cálculo de los costes subvencionables máximos según establece la Ley 6/2022 del 27 de diciembre, sobre el cambio climático y transición energética de Canarias y el Real Decreto 477/2019, del 5 de abril, que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de y almacenamiento con fuentes de energía renovable, con Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea-Next Generation EU+.

Para instalaciones de placas solares sin baterías, como es el caso, la ayuda que proporcionada sería de 600 € por kWp.

Tabla 18.1. Subvención

Potencia Pico (kWp)	Cuantía (€/kWp)	Subvención (€)
99,55	600	59.780

Una vez obtenida la cuantía subvencionada por la Unión Europea, se debe calcular el total del coste del proyecto actual, teniendo en cuenta el presupuesto de ejecución por contrata.

Tabla 18.2. Ahorro en el presupuesto

Presupuesto Inicial	Subvención	Ahorro	Coste Final
103.439,69 €	59.780 €	57,79 %	43.659,96 €

Esto da un total de 43.659,96 € de coste final a pagar por el cliente, obteniendo un ahorro superior al 50% gracias a las ayudas de los Fondos Next Generation EU+.