



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA RURAL

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

ÍNDICE GENERAL

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Hoja de identificación.....	1
2	Abstract	2
3	Resumen.....	2
4	Objeto.....	3
5	Alcance	3
6	Antecedentes	3
6.1	Situación y emplazamiento	6
6.2	Descripción de la actividad y el recinto.....	8
7	Normativa y referencias	9
7.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	9
7.2	Bibliografía utilizada.....	10
7.3	Programas informáticos	11
8	Definiciones.....	11
8.1	Radiación solar	12
8.1.1	Radiación solar	12
8.1.2	Irradiancia.....	12
8.1.3	Irradiación	12
8.2	Instalación	12
8.2.1	Instalaciones fotovoltaicas.....	12
8.2.2	Instalaciones fotovoltaicas interconectadas.....	12
8.2.3	Línea y punto de conexión y medida.....	12
8.2.4	Interruptor automático de la interconexión	12
8.2.5	Interruptor general.....	12
8.2.6	Generador fotovoltaico.....	12
8.2.7	Rama fotovoltaica	12
8.2.8	Inversor	13

8.2.9	Potencia nominal del generador	13
8.2.10	Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal	13
8.3	Módulos	13
8.3.1	Célula solar o fotovoltaica.....	13
8.3.2	Célula de tecnología equivalente (CTE).....	13
8.3.3	Módulo o panel fotovoltaico.....	13
8.3.4	Condiciones Estándar de Medida (CEM).....	13
8.3.5	Potencia pico.....	13
8.3.6	TONC.....	13
9	Requerimientos de diseño	14
10	Necesidad energética.....	14
10.1	Oficinas.....	14
10.2	Tractor	15
10.3	Bomba de agua.....	16
10.4	Demás equipos necesarios.....	16
10.4.1	Motosierra.....	16
10.4.2	Desbrozadora	16
11	Análisis de soluciones.....	16
11.1	Tipo de conexión	16
11.2	Localización	17
11.3	Panel fotovoltaico	18
11.4	Inversor	19
11.5	Turbina	20
12	Elementos generales de la instalación.....	21
12.1	Cableado.....	21
12.2	Protecciones.....	22
12.2.1	En corriente continua.....	22
12.2.2	En corriente alterna.....	22

12.3	Puesta a tierra	22
12.4	Conexión a red	23
13	Presupuesto	23
14	Cronograma y diagrama de Gantt.....	23
15	Orden de prioridad de los documentos básicos	24
16	Conclusions.....	25
17	Conclusiones.....	25

Índice

1	Introducción	1
2	Cálculo del consumo eléctrico de la finca	1
3	Cálculos de energía solar.....	4
3.1	Irradiación solar sobre la finca	4
3.2	Pérdidas de rendimiento.....	5
3.2.1	Por inclinación y orientación.....	5
3.2.2	Por sombras.....	8
3.2.3	Por suciedad y polvo	11
3.2.4	Angulares.....	12
3.2.5	Por cableado y conexionado	12
3.2.6	Por el inversor	12
3.2.7	Por errores en el seguimiento del Punto Máximo de Potencia	12
3.2.8	Por explotación mantenimiento	12
3.2.9	Por no cumplir la potencia nominal	13
3.2.10	Por temperatura.....	13
3.3	Performance Ratio	14
3.4	Energía producida	15
4	Cálculos de energía eólica	16
4.1	Introducción	16
4.2	Estudio eólico de la finca.....	16
4.3	Cálculo de la potencia eólica.....	19
5	Cálculos eléctricos.....	21
5.1	Introducción	21
5.2	Cálculos iniciales.....	21
5.3	Cálculos de la parte de corriente continua	23
5.3.1	Cableado.....	23

5.4	Cálculos de la parte de corriente alterna	26
5.4.1	Interruptores automáticos diferenciales	26
5.4.2	Interruptores automáticos magnetotérmicos	26
5.5	Tubos y canalizaciones	27
5.6	Puesta a tierra	28
5.6.1	Tomas de tierra	28
5.6.2	Conductores	29
5.7	Conexión a red	29

Índice

1	OBJETO	1
2	NORMATIVA APLICABLE	1
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3.1	PRESUPUESTO, PLAZOS DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA.....	2
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	2
4	MEDICINA PREVENTIVA.....	3
5	SERVICIOS HIGIÉNICOS.....	3
6	FORMACIÓN	3
7	DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	3
7.1	RIESGOS GENERALES	4
7.2	RIESGOS ESPECÍFICOS.....	4
8	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN.....	5
8.1	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN GENERALES	5

Índice

1	Plano de ubicación	1
2	Plano detalle de la ubicación.....	2
3	Zona de instalación de los paneles.....	3
4	Instalación	4
5	Plano eléctrico.....	6
6	Esquema unifilar.....	7
6.1	Leyenda del esquema unifilar	8

Índice

1	OBJETO	1
2	DOCUMENTOS QUE DEFINEN UN PROYECTO	1
3	NORMATIVA	1
4	CONDICIONES GENERALES	2
5	CONDICIONES PARTICULARES	3
5.1	CONDICIONES LEGALES	3
5.2	CONDICIONES FACULTATIVAS	4
5.3	CONDICIONES DEL CONTRATISTA	5
5.4	CONDICIONES ECONÓMICAS	10
6	CONDICIONES TÉCNICAS	11
6.1	SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS	11
6.1.1	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	11
6.1.2	INVERSOR	12
6.1.3	CABLEADO	13
6.1.4	ARMARIOS DE PROTECCIÓN	13
6.1.5	PROTECCIONES	13
6.1.6	PUESTA A TIERRA	13
7	NORMAS GENERALES DE MONTAJE	14
8	RECEPCIÓN Y PRUEBAS	14

Índice

1	Panel Solar Maxeon 3.....	1
2	Inversor Solar Sunny Boy 2.0.....	3
3	Cables PRYSUN H1Z2Z2	7
4	Molino de viento E70	9
5	Interruptor magnetotérmico Dormae.....	11
6	Fusible DF2EN25.....	14



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

MEMORIA

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Hoja de identificación.....	1
2	Abstract	2
3	Resumen.....	2
4	Objeto.....	3
5	Alcance	3
6	Antecedentes	3
6.1	Situación y emplazamiento	6
6.2	Descripción de la actividad y el recinto.....	8
7	Normativa y referencias	9
7.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	9
7.2	Bibliografía utilizada.....	10
7.3	Programas informáticos	11
8	Definiciones.....	11
8.1	Radiación solar	12
8.1.1	Radiación solar	12
8.1.2	Irradiancia.....	12
8.1.3	Irradiación	12
8.2	Instalación	12
8.2.1	Instalaciones fotovoltaicas.....	12
8.2.2	Instalaciones fotovoltaicas interconectadas.....	12
8.2.3	Línea y punto de conexión y medida.....	12
8.2.4	Interruptor automático de la interconexión	12
8.2.5	Interruptor general.....	12
8.2.6	Generador fotovoltaico.....	12
8.2.7	Rama fotovoltaica	12
8.2.8	Inversor	13

8.2.9	Potencia nominal del generador	13
8.2.10	Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal	13
8.3	Módulos	13
8.3.1	Célula solar o fotovoltaica.....	13
8.3.2	Célula de tecnología equivalente (CTE).....	13
8.3.3	Módulo o panel fotovoltaico.....	13
8.3.4	Condiciones Estándar de Medida (CEM).....	13
8.3.5	Potencia pico.....	13
8.3.6	TONC.....	13
9	Requerimientos de diseño	14
10	Necesidad energética.....	14
10.1	Oficinas.....	14
10.2	Tractor	15
10.3	Bomba de agua.....	16
10.4	Demás equipos necesarios.....	16
10.4.1	Motosierra.....	16
10.4.2	Desbrozadora	16
11	Análisis de soluciones.....	16
11.1	Tipo de conexión	16
11.2	Localización	17
11.3	Panel fotovoltaico	18
11.4	Inversor	19
11.5	Turbina	20
12	Elementos generales de la instalación.....	21
12.1	Cableado.....	21
12.2	Protecciones.....	22
12.2.1	En corriente continua.....	22
12.2.2	En corriente alterna.....	22

12.3	Puesta a tierra	22
12.4	Conexión a red	23
13	Presupuesto	23
14	Cronograma y diagrama de Gantt.....	23
15	Orden de prioridad de los documentos básicos	24
16	Conclusions.....	25
17	Conclusiones.....	25

1 Hoja de identificación

PROYECTO	
Título	Cálculo, análisis y diseño de sistemas de producción de energías renovables en una finca rural
Emplazamiento	Calle Juan Fernández, Valle de Guerra, Tacoronte, Tenerife, Santa cruz de Tenerife
PETICIONARIO	
Nombre	Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Tecnología de la Universidad de La Laguna
Dirección	Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, S/N, San Cristóbal de La Laguna, Tenerife
AUTOR	
Nombre	Daniel Jesús Rodríguez Trujillo
DNI	54063692-F
Email	alu0100962239@ull.edu.es

2 Abstract

The principal objective in this project is create a renewable energies installation, based on photovoltaic and wind.

This project is going to be installed in Valle de Guerra, in Tenerife, Canary Islands. The installation function is supply electricity to an ornamental plant farm, specifically the offices. The principal motivation of the project is demonstrating that the shift from the traditional non-renewable sources of energy to a source that fit perfectly in a place where the amount of sunlight hours per day are massive is efficient, convenient, and cheap.

This project elaboration follows the “Reglamento de Baja tension”, which collates all the laws about electricity in a paper made by the Spanish industry ministry. Another important information source is “Pliego de condiciones para instalaciones conectadas a red”. This paper was created by IDAE, a government-dependent institute whom principal mission is advice about saving energy tactics.

The installation will be a photovoltaic system connected to the grid made up of a string of six solar panels. This is because sometimes the office can demand more energy than the installation can produce, for example because it is cloudy and the panels do not absorb the minimum energy.

Another facility taken in consideration is wind power generation system. It would have been composed by a 4kW windmill, enough to keep the office running while the photovoltaic installation is not working. Sadly, the wind velocity does not catch the bare minimum of the windmill, so it would be stopped most days. For this reason, this type of installation is not going to be recommended.

3 Resumen

El objetivo de este trabajo es la creación de una instalación de energías renovables, basado en fotovoltaicas y eólica.

Este proyecto va a ser instalado en “Valle de guerra”, en el municipio de Tacoronte, Tenerife, Islas Canarias. La principal función es alimentar de electricidad a una finca de producción de plantas ornamentales, llamada Botany Islands.

La motivación de este trabajo es la demostración de que se puede cambiar la fuente energética de la isla, del actual uso de energías no renovables a una fuente más eficiente, conveniente y barata, en especial en una localización como Tenerife, donde la cantidad de horas diarias de sol es muy grande.

Legislativamente este proyecto se apoya en el “Reglamento de Baja Tensión”, que reúne todas las leyes sobre electricidad en un documento elaborado por el Ministerio de Industria.

Otra fuente de información es el “Pliego de condiciones para instalaciones conectadas a red” creada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE)

La instalación está compuesta por un módulo solar, de 6 paneles en serie, y conectada con la red eléctrica principal, para cuando la instalación no es capaz de suplir toda la energía requerida porque, por ejemplo, está nublado.

Otra instalación tenida en cuenta es la eólica. Hubiera estado compuesta por un molino de minieólica de 4kW de potencia, suficiente para cubrir la demanda en caso de que la planta fotovoltaica no estuviese operativa. Sin embargo, en la zona la velocidad del viento no es lo suficientemente elevada como para mantener el molino en funcionamiento, por lo que no se recomienda la instalación.

4 Objeto

El objeto de este trabajo es el estudio y el diseño de una planta de generación de energía renovable híbrida en la finca agrícola Botany Island, situada en Valle de Guerra, en el municipio de Tacoronte. Se estudiará la posible instalación de una planta de generación compuesta por una instalación fotovoltaica y una instalación eólica.

5 Alcance

El alcance de este proyecto se centra en el estudio y diseño técnico de las instalaciones de energía renovables, más concretamente de energía fotovoltaica y eólica.

En cada caso, hay que justificar los modelos escogidos para las placas fotovoltaicas, inversores, turbina de viento, etc. Para una correcta elección, se harán los análisis técnicos necesarios.

No es objeto de estudio en este proyecto la obra civil ni estudio de viabilidad económica.

La redacción y diseño de este proyecto se realiza bajo la legislación vigente.

6 Antecedentes

Este proyecto se idea para reducir la dependencia que existe en Canarias, más específicamente en Tenerife, de los combustibles fósiles. Con este proyecto se pretende estimular la producción de energía a pequeña escala, pues como se va a poder apreciar, no se requiere una gran superficie para poder obtener energía suficiente para poder alimentar una finca, que este caso es equivalente a una oficina.

Diariamente, en Tenerife se consumen 21.252 GWh de energía (media de abril de 2021). De esa energía, solo el 13% es producida por energía renovables, siendo un 10,1%

correspondiente a energía eólica y 2,8% a energía solar. Esto es un grave problema, pues hay medios suficientes para aumentar estos paupérrimos porcentajes.

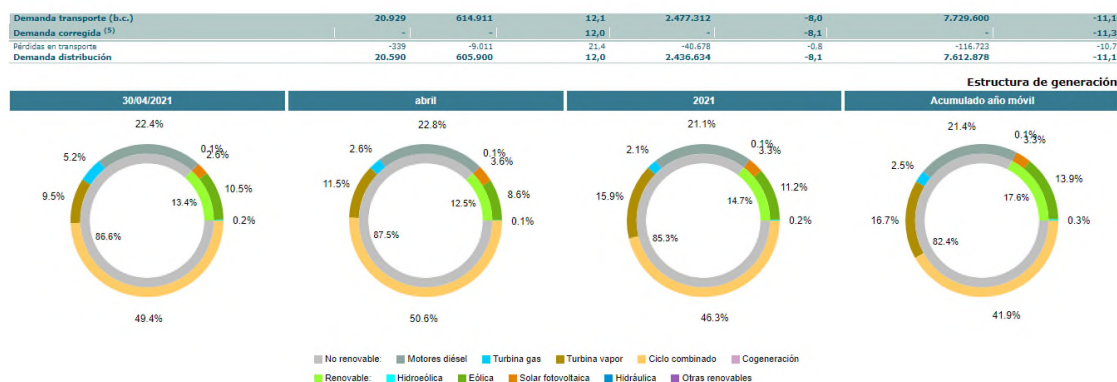


Figura 1. Uso de energías en Tenerife. Fuente: Red Eléctrica de España

Cabe recordar que, aunque se monten dos instalaciones, estas no tienen porqué producir diariamente la energía suficiente para alimentar a la finca. Sin embargo, la mayoría de los días sí va a ser capaz de producirla, en incluso en exceso, suficiente para venderla a la red eléctrica, aumentando este porcentaje de energía renovable. Además, con esta venta de energía se puede recuperar más rápido la inversión inicial, siendo otro motivo más por el cual se recomienda.

Las Naciones Unidas tienen un plan llamado Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, un marco común en el que los distintos países y sus sociedades con el que mejorar las vidas de todos. Se compone de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza, hasta la lucha contra el cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades.

El objetivo número 7, Energía Asequible y No contaminante, recoge que se debe garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Para ello, las Naciones Unidas proponen una serie de metas del objetivo 7.

1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas
3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética
4. De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos

contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias

5. De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

Con esta instalación de energía renovable, nos basamos en la meta número 2, aumentar la proporción de energía renovable. La meta número 4 también es importante, puesto que este tipo de mini-instalaciones son perfectas como bancos de pruebas para nuevas tecnologías, en especial para la energía solar, puesto que tenemos el privilegio de disponer de una tasa de horas solares diarias muy elevada.

El objetivo número 13, Acción por el clima, también se tomó como referencia. El año 2019 fue el segundo más cálido del que se tiene registro, y con él se cierra la década más calurosa de siempre. Esto se debe a que los niveles de Dióxido de Carbono (CO₂) y de otros gases de efecto invernadero en la atmósfera aumentaron hasta niveles récord en el año 2019. Las metas que se propone el objetivo 13 son las siguientes:

1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países
2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales
3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana
4. Cumplir el compromiso de los países desarrollados que son partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de lograr para el año 2020 el objetivo de movilizar conjuntamente 100.000 millones de dólares anuales procedentes de todas las fuentes a fin de atender las necesidades de los países en desarrollo respecto de la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible
5. Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos

adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, haciendo particular hincapié en las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginada

Aunque la instalación de esta planta de energía renovable no cumple directamente con ninguna meta, sí que puede servir como modelo ejemplar a pequeña escala sobre la implantación de medidas enfocadas a la reducción de la emisión de gases de efectos invernadero relacionada con la quema de combustibles fósiles para obtener energía, cumpliendo así con el Acuerdo de París ratificado por España.

Además, ya no es solo la reducción de gases de efectos invernaderos por la quema, sino que, además, al reducir el consumo de estos combustibles, no se necesita espacio para almacenarlos, ganando terreno que puede ser aprovechado para instalar más plantas de energías renovables. E incluso, al tener en cuenta el factor insularidad, se ahorra el trasiego de barcos cargados de combustible, lo que produce un ahorro energético también.

6.1 Situación y emplazamiento

El lugar de realización de la instalación es en la finca “Botany Islands”, situada en el municipio de Tacoronte, en la zona conocida como Juan Fernández. A esta finca se puede llegar a través de la carretera TF-163, entre el Km 1 y el Km 2. Esta finca tiene un tamaño total de 355.795 m², según el catastro. En el catastro también encontramos la referencia catastral de la finca, que es 38043A00600342.



Figura 2. Plano catastral de la finca. Fuente: GrafCan

La finca tiene varias zonas. Por supuesto, una zona de cultivos, que ocupa la mayoría de esos 355.795 m². También cuenta con una zona de oficinas, donde se gestiona la dirección de la empresa, así como la venta de los productos, ya sea a particulares o a otras empresas.

Cuenta también con una zona de almacén, donde se guarda el material usado durante el día, tanto las herramientas manuales (como puede ser guatacas, motosierras, tijeras de poda, tubos para el regadío, repuestos...) como la maquinaria usada, como dumpers (pequeño vehículo especializado en cargar), tractores, etc. Estas máquinas tienen una zona específica, no es dentro del almacén, si no en un parking por fuera.

También existen dos zonas de parking diferenciadas. La primera, una zona de parking para los clientes, que es simplemente una zona apartada con las líneas marcadas en el suelo, mientras que la otra zona de parking, dedicada para los trabajadores, cuenta con una estructura metálica que hace de techo protector. Es en esta zona donde se va a instalar la planta fotovoltaica.



Figura 3. Imagen de la finca. Fuente: GrafCan

Las placas fotovoltaicas se instalarán en una zona cercana a la zona de oficinas de la finca, siendo sus coordenadas exactas $28^{\circ} 30' 59,06''$ N $16^{\circ} 24' 32,87''$ O.



Figura 4. Detalle del lugar de instalación de los paneles. Fuente: Propia

Los paneles se van a instalar en la zona marcada en la imagen anterior. Esta zona hace la función de techo del aparcamiento para empleados. Sus dimensiones son 30

metros de largo por 6 metros de ancho, suficiente para colocar las 6 placas que contiene la instalación. Se van a orientar al noroeste, y no tienen cerca ningún obstáculo que pueda producir sombra.

La instalación se va a realizar en la zona marcada en la imagen. Esta tiene un tamaño de 5,3 x 35 m, por lo que las placas caben perfectamente en esta zona. Además, gracias a la herramienta Grafcan se puede conocer el dato de irradiancia solar sobre superficie inclinada, que sobre la zona de la finca es 4590,6 Wh/m² anual.

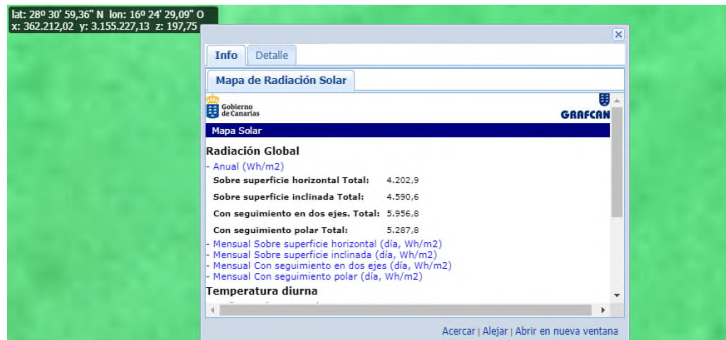


Figura 5. Radiación solar en la zona de la finca. Fuente: GrafCan

6.2 Descripción de la actividad y el recinto

Esta finca tiene un tamaño de 355.795 m², y a excepción de la zona de oficinas, que tiene un tamaño de 68 m², y distintas zonas como el almacén o el comedor, de las cuales no aparece su tamaño en el catastro, el resto de la finca está dedicada a la producción de plantas ornamentales para su posterior venta.

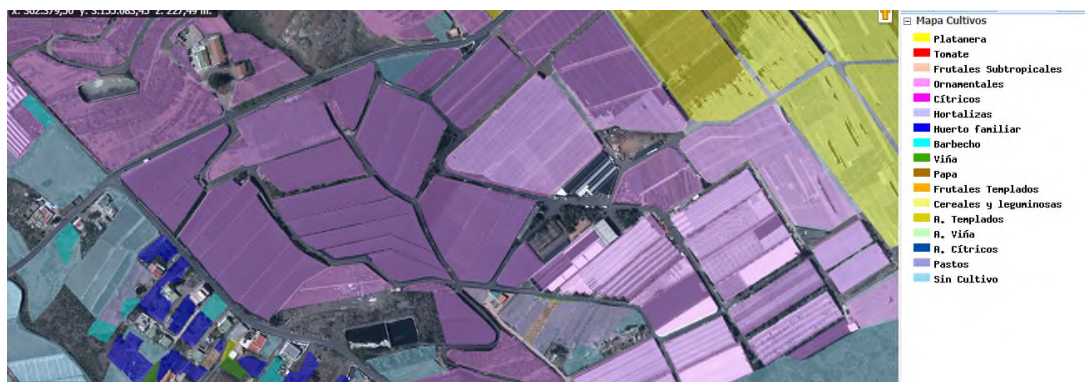


Figura 6. Plano de cultivo de la finca. Fuente: GrafCan

Esta clase de plantas ornamentales se usa para decoración, ya sea en interiores o exteriores, y comúnmente son flores, pero no es exclusivo, pueden incluirse palmeras, arbustos decorativos, etc.

Esta clase de cultivos tiene una producción anual, es decir, a lo largo del año se tiene cultivo. Obviamente, a lo largo del año varía la producción, como puede apreciarse

en el calendario agrícola reflejado en la figura 7. Por ejemplo, en Navidad la planta decorativa por excelencia es la Flor de pascua, que debe de estar florecida en esa época, por lo que se tiene que plantar mucho antes, más concretamente en septiembre.



FIG. 1: CALENDARIO AGRÍCOLA. Recoge un resumen de las fechas que se han considerado para programar la recogida de datos en campo. Estas fechas deben considerarse medias para condiciones climáticas normales, teniendo en cuenta que se producen numerosas distorsiones locales.

Figura 7. Época de cosecha de distintos cultivos. Fuente: Cabildo de Tenerife

7 Normativa y referencias

7.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía en régimen especial.
- DECRETO 141/2009, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias.
- UNE 157001, Criterios generales para la elaboración de un proyecto.

7.2 Bibliografía utilizada

- [1] P. Alcalde San Miguel, *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, 3ª edición. Madrid: Paraninfo, 2017
- [2] [En Línea] Visor Grafcan . Disponible en: <https://visor.grafcan.es/visorweb/>. Consultado el 4/6/2021
- [3] [En línea]. Autosolar. Disponible en: <https://autosolar.es/>. Consultado el 3/6/2021
- [4] [En línea] Red Eléctrica de España. Disponible en: <https://www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-canario>. Consultado el 3/6/2021
- [5] [En línea] Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. Consultado el 2/6/2021
- [6] [En línea] Catastro. Dispñible en: <https://www.sedecatastro.gob.es/>. Consultado el 2/6/2021
- [7] [En línea] Agrocabildo. Disponible en: http://agrocabildo.org/publica/mapa_cultivo/Metodologia.pdf. Consultado el 1/6/2021
- [8] IDAE, *Pliego de condiciones Técnicas de instalaciones conectadas a red*. Madrid: IDAE, 2011

- [9] [En línea] SunPower. Disponible en: <https://sunpower.maxeon.com/es/> . Consultado el 15/3/2021
- [10] [En línea] Consumo energético de las oficinas en España. Disponible en: http://energycheckup.eu/uploads/media/Offices_Brochure_SPAIN.pdf . Consultado el 15/02/2021
- [11] [En línea] Certificado energético en oficinas. Disponible en: <https://www.certicalia.com/blog/diferencia-de-consumos-segun-calificacion-en-oficinas> . Consultado el 15/2/2021
- [12] [En Línea] Consumo energético de edificios en México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4779/477957975006/html/index.html#:~:text=Este%20estudio%20concluye%20que%20un,menor%20a%2050%20kWh%2Fm%C2%B2> . Consultado el 15/2/2021
- [13] [En línea] Clasificación energética en los edificios. Disponible en: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/normativamodelosutilizacion/20151123-Calificacion-eficiencia-energetica-edificios.pdf>. Consultado el 15/2/2021
- [14] [En línea]. Fendt. Disponible en: <https://www.fendt.com/es/e100-vario>. Consultado el 10/2/2021
- [15] [En línea] Bomba de agua Euroinox. Disponible en: <https://www.bombadeagua.es/dab-euroinox-30-80-m>. Consultado el 15/2/2021
- [16] Productos Stihl. Disponible en <https://www.stihl.es> . Consultado en 15/2/2021

7.3 Programas informáticos

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- CYPE
 - o CYPELEC REBT
 - o Arquímedes
- AUTODESK AUTOCAD

8 Definiciones

A continuación, se exponen distintas definiciones que ayudan a entender lo expuesto en este proyecto. Dichas definiciones se extraen del Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red del Instituto para la diversificación y el Ahorro de Energía (IDEA)

Memoria

8.1 Radiación solar

8.1.1 Radiación solar

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

8.1.2 Irradiancia

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².

8.1.3 Irradiación

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².

8.2 Instalación

8.2.1 Instalaciones fotovoltaicas

Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

8.2.2 Instalaciones fotovoltaicas interconectadas

Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.

8.2.3 Línea y punto de conexión y medida

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

8.2.4 Interruptor automático de la interconexión

Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

8.2.5 Interruptor general

Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

8.2.6 Generador fotovoltaico

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

8.2.7 Rama fotovoltaica

Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

8.2.8 Inversor

Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

8.2.9 Potencia nominal del generador

Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

8.2.10 Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

8.3 Módulos

8.3.1 Célula solar o fotovoltaica

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

8.3.2 Célula de tecnología equivalente (CTE)

Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

8.3.3 Módulo o panel fotovoltaico

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

8.3.4 Condiciones Estándar de Medida (CEM)

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m²
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25 °C

8.3.5 Potencia pico

Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

8.3.6 TONC

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

9 Requerimientos de diseño

El peticionario tiene los siguientes requisitos indispensables para la instalación:

1. El proyecto debe cumplir con la legislación vigente, especialmente en el tema de seguridad
2. La instalación debe de ser económicamente lo más eficiente posible, con la mejor calidad posible dentro de un presupuesto ajustado
3. La instalación debe de ocupar el menor espacio agrícola posible, pues si no es así, se verían reducidos los beneficios.

10 Necesidad energética

Antes de realizar los cálculos, primero hay que conocer cuanta energía demanda la finca en su totalidad. El dato calculado en este apartado es aproximado, puesto que la empresa no facilitó el dato del consumo eléctrico en la finca.

En equipos pequeños, como pueden ser, por ejemplo, motosierras, su consumo no es tan demandante, pues su uso es puntual, además de tener un consumo reducido. Sin embargo, para equipos grandes es diferente. Por ejemplo, un tractor.

La ventaja de un tractor con motor de combustión es clara, pues se puede reponer de combustible en cualquier momento. Sin embargo, en nuestras Islas Canarias, el combustible es escaso, mientras que siempre tenemos recursos naturales de los que poder extraer energía.

Esta energía limpia puede satisfacer la demanda energética de la finca, pues estas, aun usando la totalidad de los equipos de manera eléctrica, no tienen un consumo eléctrico elevado, pudiendo vender la energía sobrante.

A continuación, se expone una tabla con los consumos medios de los distintos elementos de una finca.

10.1 Oficinas

En este caso, la finca tiene incluida una oficina.

El consumo energético en oficina depende de varios factores, como climatización, iluminación, consumo eléctrico de ordenadores, impresoras, etc. Por lo tanto, el consumo medio de energía, en kWh/m² varía respecto al lugar donde se encuentre la oficina, horas en las que se trabaje... Sin embargo, hay varios estudios en los que se analiza este consumo, incluido uno, realizado en México, y que desglosa el consumo según distintas zonas. Adoptando el clima de Valle de Guerra como Templado Húmedo, nos devuelve un consumo de 80 kWh/m² anuales, que está en línea con los demás documentos.

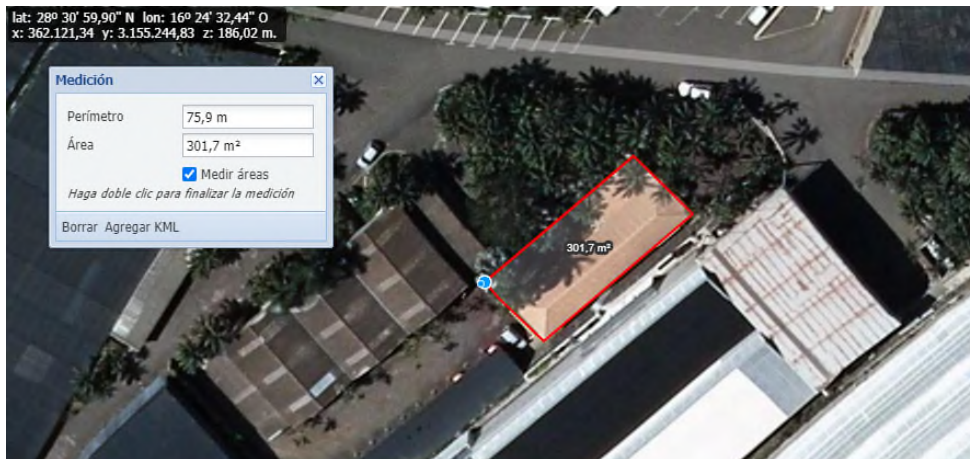


Figura 8. Tamaño de la zona de oficinas. Fuente: GrafCan

Como se aprecia en la imagen, la zona de oficinas tiene un área de 301,7 m². Por lo tanto, el consumo energético anual es de 24136 kWh. Este consumo se puede dividir mensualmente a 2011,3 kWh

10.2 Tractor

El mercado de tractores eléctricos hoy en día es muy reducido. Sin embargo, poco a poco empiezan a existir alternativas, y los grandes fabricantes se atreven a entrar en este mercado, prueba de ello es el modelo e100 Vario de la marca Fendt.

Nota de la web

“Durante muchos años, Fendt ha desarrollado soluciones prácticas para el uso eficiente de sistemas eléctricos de propulsión. Con el Fendt e100 Vario, Fendt introduce un práctico tractor compacto totalmente eléctrico con 50 kW de potencia, que puede funcionar hasta cinco horas en condiciones de uso reales. La fuente de energía es una batería de iones de litio de alto rendimiento de 650 V con una capacidad de aprox. 100 kWh. La batería se carga con 400 V y hasta 22 kW a través de una toma exterior CEE estándar o mediante una opción de recarga con corriente continua. Un enchufe CCS estándar de tipo 2 permite recargar la batería en 40 minutos hasta un 80%. Además, es posible recuperar energía con el uso de un motor eléctrico.”

Suponiendo que cada día trabajan con el tractor eléctrico hasta agotarle la batería, al día consume 100 kWh. Por lo tanto mensualmente consume 3100 kWh.

Un Dumper es un vehículo pequeño que sirve para cargar y descargar productos, como por ejemplo fruta, de manera sencilla, pues al ser de tamaño pequeño puede acceder a zonas de difícil acceso.

10.3 Bomba de agua

Estimar la bomba requerida sin más información es una tarea muy ardua. Para ello, se va a escoger una bomba todoterreno, que pueda usarse en varias condiciones, y se van a colocar varias. La bomba escogida es EuroInox 30-80M de la marca DAB [6].

Esta bomba tiene un vataje de 800 W, y suponiendo que funciona 4 horas al día, eso hace un consumo mensual de 96 kWh

10.4 Demás equipos necesarios

Se trata de equipo que es útil tener en una finca, estos equipos suelen ser independientes, es decir, funcionar a través de un motor de combustión. Sin embargo, vamos a usar equipos eléctricos, concorde a la temática de energías renovables del trabajo. Otra suposición es que estos equipos funcionarán durante una hora al día, puesto que no son equipos cuyo uso sea diario.

10.4.1 Motosierra

Este equipo tiene una potencia de 1.5 kW, lo que le supone un consumo mensual de 45 kWh

10.4.2 Desbrozadora

El cargador tiene un consumo de potencia de 0.3 kW, que mensualmente hacen 9 kWh

Equipo	Consumo mensual (kWh)
Oficina	2011,3
Tractor	3100
Bomba de agua	96
Motosierra	45
Desbrozadora	9
TOTAL	5261,3

Tabla 1. Resumen de consumo energético.

Por lo tanto, la finca mensualmente consumirá 5261,3 kWh.

11 Análisis de soluciones

A continuación, se van a exponer las soluciones que se consideran más eficaces y que cumplen con los requisitos de diseño expuestos por el peticionario.

11.1 Tipo de conexión

Existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas: conectadas a red y aisladas.

Las instalaciones aisladas son aquellas que no están conectadas a la red principal, y cuyo abastecimiento energético se basa exclusivamente en la capacidad de generación

del parque energético. Tienen un sistema de baterías para recolectar el exceso de energía, que se encargan de ceder esta en caso de que no haya producción, o que esta no sea suficiente.

En cambio, las instalaciones conectadas a red presentan un intercambio de energía con la red. Cuando produce en exceso, la electricidad es vendida a la red, mientras que cuando escasea, la red suministra la energía necesaria.

En este caso, se optó por esta última opción, pues presenta muchos más beneficios que una instalación aislada. La elección se tomó porque no siempre se va a disponer del recurso necesario para permitir un correcto funcionamiento de la instalación. Además, al no tener que incluir baterías, el presupuesto se reduce bastante.

11.2 Localización

En este caso, la localización de la instalación se debía hacer en un lugar donde no estorbase, por lo que finalmente se decidió instalarlo en una estructura metálica que hace la función de garaje, por lo que la instalación está en un sitio donde puede cumplir su función.



Figura 9. Localización de la finca. Fuente: GrafCan

Se tuvieron más zonas en cuenta a la hora de escoger la localización. Una zona de la que se estudió su viabilidad es en la figura 9. Esta zona se estudió por ser la zona más elevada de la finca, además de ser un lugar con poco tránsito y sin ningún obstáculo alrededor. Sin embargo, está bastante lejos de la zona de conexión con la red eléctrica de la isla, entorno a 500 metros, por lo que la sección del cableado se sobredimensionaba para compensar la longitud. Otro problema es el hecho de que en esa zona hay que construir una estructura soporte para los paneles, lo que incrementa el precio total de la instalación.



Figura 10. Zona descartada de instalación de los paneles. Fuente: GrafCan

11.3 Panel fotovoltaico

El panel fotovoltaico es la parte que se encarga de transformar la energía solar en energía eléctrica. Lo hacen a través de una parte llamada célula, que consigue que parte de la energía lumínica se transforme en energía eléctrica, gracias al efecto fotovoltaico. Estas células suelen ser de silicio, y existen de varios tipos, monocristalinos, policristalino y amorfo.

En esta instalación, se van a colocar paneles monocristalinos Maxeon 3 de 400W de la marca SunPower. Estos paneles tienen un tamaño de 1,05 m de largo por 1,69 m de ancho. Se van a instalar 9 paneles en serie, en un solo string. Con ello, se conseguirá un voltaje total de 394,8 V.

Se escoge este modelo de panel fotovoltaico por su gran rendimiento, y la alta fiabilidad.

Características	
Potencia nominal (W)	400
Eficiencia (%)	22,6
Tensión nominal (V)	65,8
Intensidad nominal (A)	6,08
Tensión de circuito abierto Voc (V)	75,6
Intensidad de circuito abierto Ioc (A)	6,58

Tabla 2. Datos del panel fotovoltaico.

Otros modelos tenidos en cuenta son AS-6M de 400 W de la marca Amerisolar, o el modelo 400 W PERC de ERA. Ambos son de 400 W de potencia, pero el primero tiene 49,2 V de tensión en circuito abierto, 10,27 A de intensidad en circuito abierto y una eficiencia de 20,29%, el segundo tiene 41,7 V de tensión en circuito abierto, 9,6 A de intensidad en circuito abierto y una eficiencia de 20,17%.

Como se puede observar, los tres modelos son bastantes parecidos, sin embargo, el modelo escogido finalmente, Maxeon 3 de SunPower, fue escogido porque su eficiencia es superior al resto, además de ser un producto construido por su calidad y la empresa ser muy respetable, aunque su precio sea elevado, al ser el punto crítico de la instalación, está justificada su elección.

11.4 Inversor

El inversor es el equipo que se encarga de transformar la corriente en continua que llega de las placas fotovoltaicas a corriente alterna, adecuando la onda y la frecuencia.

El inversor escogido es el Sunny Boy 2.5 de la marca SMA.

Se escoge este modelo de inversor por ser el que más se adecua a las características de la instalación, además de por su fiabilidad y sinergia con los productos de la empresa SunPower, fabricantes de los paneles solares.

Este modelo de inversor cuenta con protección IP65, que lo protege contra el polvo y el agua. Sin embargo, para una mayor protección, va a ser instalado dentro de una caseta de tamaño 60 cm de largo, 20 cm de ancho y 1,5 m de alto para una mayor protección, y, sobre todo, tener en una sola construcción tanto el inversor como las protecciones de la parte de corriente continua.

Características SunnyBoy 2.5	
Entrada CC	
Potencia max del generador (W)	5000
Tensión asignada de entrada (V)	360
Tensión mínima (V)	50
Corriente máxima (A)	10
Salida CA	
Potencia asignada (W)	2500
Frecuencia/tensión asignada de red	50 Hz/ 230 V
Tensión nominal de CA (V)	240
Corriente máxima de salida (A)	11

Tabla 3. Características Inversor solar.

Otro modelo tenido en cuenta es el SYMO 5.0-3-M de la marca Fronius. Este modelo cuenta con una entrada de 16 A de intensidad máxima, así como 595 V de

tensión nominal de entrada, y una salida de 5000 W de potencia, a 7,2 A y 230 V. Este modelo es de muy buena calidad, pero se elige el Sunny Boy 3.0 porque tanto las características como la calidad del producto es similar, sin embargo, es más económico, puesto que este modelo cuenta con un precio de 1682€ frente a los 1069€ del Sunny Boy 3.0.

11.5 Turbina

En la zona donde se va a realizar la instalación, la velocidad media del viento es de 4,75 m/s a 40 metros de altura. Extrapolando a una altura más recomendada para el terreno, la velocidad del viento es 4,6 m/s

El modelo de generador eólico es E70 Pro de la marca Enair. Se escoge esta marca y modelo por ser una marca reconocida y fiable, y el modelo es el que mejor se adapta a las características expuestas.

Características E70 Pro	
Potencia (kW)	5,5
Potencia nominal (kW)	4
Velocidad de arranque (m/s)	2
Velocidad nominal (m/s)	11

Tabla 4. Características turbina eólica.

Como se aprecia en la tabla de características, la velocidad nominal es de 11 m/s. Esta es la velocidad a la que el molino ofrece sus mejores características. Sin embargo, está muy lejos de la velocidad media del viento en la finca, que es de 4,6 m/s. Esta velocidad apenas supera la velocidad de arranque, por lo que el molino estaría parado muchos días.

Se analizan otros modelos de turbina, como el Air40 de la marca Primus WindPower. Esta turbina tiene una velocidad de arranque de 3,1 m/s, y una velocidad nominal de 5,8 m/s, por lo que tampoco funcionará correctamente en la zona de la instalación. Otro modelo estudiado es el Zeus 3.0 de la marca Tesup. La velocidad de arranque de este modelo es de 2 m/s, por lo que tampoco funcionará de manera correcta en la zona

Finalmente, se recomienda no instalar turbina eólica, puesto que no existe una turbina con la potencia necesaria para poder cubrir la demanda y con las características técnicas que permitan un correcto funcionamiento a una velocidad de viento tan baja.

12 Elementos generales de la instalación

12.1 Cableado

Los cables atenderán a lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y al Pliego de Condiciones del IDAE.

El conductor de baja tensión que se empleará en la totalidad de la instalación es de tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90º, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.123.

La instalación del cableado se realizará desde los módulos fotovoltaicos hasta la Caja de Protección y Medida, pasando antes por las cajas de conexiones, el inversor y cuadro de protección.

En la instalación se emplearán distintas secciones de cableado y diferentes tipos de canalizaciones eléctricas, que cumplirán en todo momento con lo exigido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para la correcta puesta en servicio y garantizar un correcto funcionamiento de la instalación.

Para la sección de los cables se han seguido los criterios de sobrecalentamiento y caída de tensión según el Pliego de Condiciones del IDAE: deberán soportar el 125% de la intensidad de cortocircuito de la línea para el criterio por sobrecalentamiento según ITC-BT-40 y una caída de tensión inferior al 1,5% en la zona de CC y un 2% en la zona de CA para el criterio de caída de tensión.

El aislamiento del cable será de polietileno reticulado (XLPE) por presentar una mayor resistencia a temperatura (hasta 90ºC). Dadas las condiciones de exposición al aire libre se ha decidido emplear cables con este tipo de aislamiento.

El modelo escogido para el cableado es PRYSUN de la empresa en PRISMIAN. Se escogió este modelo por estar diseñado expresamente para instalaciones fotovoltaicas.

El cableado va a discurrir dentro de un tubo, con la finalidad de protegerlo de las inclemencias del tiempo o, incluso, del ataque de animales.

En la parte de la corriente continua, se va a usar un tubo de 20 mm de diámetro para alojar los cables de positivo, negativo y neutro. En cambio, en la parte de corriente alterna, el tubo usado es 32 mm, para proteger los tres cables de fase, y el neutro.

Según la norma IEC 60446, incluido en la ITC-BT-19, los cables tienen un color según su función. Para los cables neutros se usa el color azul, para las fases monofásicas se usan cables de color marrón, y para las fases trifásicas, marrón, negro y gris.

12.2 Protecciones

Cualquier instalación eléctrica requiere que se instalen instrumentos de protección, tanto para la propia instalación como para la protección de las personas. Esto queda estipulado en ITC-BT-24. Los equipos protectores, ambos de la marca Schneider, fueron escogidos en base a que esta marca destaca por su fiabilidad y calidad. Aunque es más cara que otras marcas, como puede ser ABB, al ser un punto crítico de la instalación, se decide invertir más dinero.

12.2.1 En corriente continua

Para proteger los equipos y las personas, en esta parte se colocarán los fusibles DF2EN25 de la marca Schneider, de 25 A. Con esto se logra proteger a las placas solares de cualquier sobretensión que se pueda producir.

12.2.2 En corriente alterna

Para esta parte, se va a instalar un cuadro de protección, que va a contener un interruptor magnetotérmico de 16 A, y un interruptor automático diferencial de 30mA. Con estas medidas se protegen los equipos y sobre todo, a las personas, ante cualquier tipo de contacto peligroso con el cableado. El modelo escogido es 12516, de la marca Schneider

12.3 Puesta a tierra

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Art. 15 del Real Decreto 1669/2011 y en ITCBT- 18 del REBT en lo relativo a la puesta a tierra de la instalación.

Los módulos fotovoltaicos y las estructuras metálicas se conectarán a tierra independiente con el fin de facilitar la evacuación de derivaciones producidas por cualquier tipo de fenómeno, incluyendo los atmosféricos como pueden ser los rayos. Se realizará una única toma de tierra conectando directamente a las picas principales de tierra de la instalación, tanto la estructura soporte del generador, como el borne de puesta a tierra del inversor.

Se usará cable del tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90º, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.030 de diámetro igual al utilizado en la instalación, en este caso 10 mm².

La longitud total de la instalación de puesta a tierra es de 42 metros, y va a discurrir a través de la estructura metálica, protegida por un tubo. Según la norma IEC 60446 el cableado es de color verde y amarillo.

12.4 Conexión a red

El RD 1699/2011 establece que la conexión para instalaciones de pequeña potencia (<10kW) se puede realizar a través del mismo punto de conexión que la red interior. Para ello, se instalará un contador bidireccional que se encargará de leer la energía vertida a la red, así como el consumo en los momentos requeridos.

13 Presupuesto

Se va a hacer un resumen económico de la instalación, que se va a detallar en profundidad en el anexo "Presupuesto".

Capítulo	Importe
Capítulo 1. Puesta a tierra	588,16 €
Capítulo 2. Canalizaciones	763,65 €
Capítulo 3. Cables	87,63 €
Capítulo 4. Cajas generales de protección	154,46 €
Capítulo 5. Líneas generales de alimentación	83,96 €
Capítulo 6. Solar fotovoltaicas	5011,87 €
Capítulo 7. Aparamenta	129,02 €
Presupuesto de Ejecución Material	6818,75 €
16% de gastos generales	1091 €
7% de beneficio industrial	477,31 €
Subtotal	8387,06 €
7% de IGIC	587,09 €
Presupuesto de ejecución por contrata	8974,15 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS.

14 Cronograma y diagrama de Gantt

A continuación, se exponen las tareas y la duración que componen la ejecución de la obra

Tarea	Descripción
1	Preparación de la estructura metálica
2	Preparación y colocación de los paneles fotovoltaicos

3	Preparación y colocación del inversor
4	Instalación de los tubos protectores
5	Preparación de la toma a tierra
6	Instalación eléctrica
7	Conexión, comprobación y puesta en marcha

Tabla 5. Descripción de las actividades a ejecutar.

Tarea	Fecha inicio	Fecha fin	Día inicio	Día fin	Duración
1	01/07/2021	02/07/2021	0	1	1
2	02/07/2021	03/07/2021	1	2	1
3	01/07/2021	02/07/2021	0	1	1
4	04/07/2021	05/07/2021	3	4	1
5	04/07/2021	05/07/2021	3	4	1
6	06/07/2021	08/07/2021	5	7	2
7	09/07/2021	09/07/2021	8	8	1

Tabla 6. Fecha de inicio, fin y duración de las actividades a ejecutar.

Tarea	01-jul	02-jul	03-jul	04-jul	05-jul	06-jul	07-jul	08-jul	09-jul
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Tabla 7. Diagrama de Gantt.

15 Orden de prioridad de los documentos básicos

En caso de que exista cualquier discrepancia, de acuerdo con la norma UNE 157001, el orden establecido de prioridad de los documentos que engloban este proyecto es el siguiente:

- PLANOS
- PLIEGO DE CONDICIONES
- PRESUPUESTO
- MEMORIA

16 Conclusions

This project described the design, calculation and develop of a photovoltaic installation in a rural farm. The plant must produce the enough energy to power the offices, and the energy that could be required in the farm, like an electric car, or electric tools such as chainsaws or lawn mowers. The principal mission has been achieved, which consisted in creating a cheap and easy to install renewable energy plant.

This project shows that this island, and in general, the other six, can exploit all of them blank spaces, without a big budget. This project can be used to calculate similar farms. Here, in Tenerife, there are a lot of abandoned farms. Their owners could install this small plant and have profits without too much maintenance.

17 Conclusiones

Este proyecto describe el diseño, cálculo y desarrollo de una planta fotovoltaica en una granja rural. La planta debe producir energía para alimentar la zona de oficinas, así como la energía necesaria en la propia finca, como puede ser recargar un coche eléctrico, o las herramientas eléctricas como motosierra, podadoras o desbrozadoras. Este trabajo cumple con su misión principal, crear una planta de energía renovable con poco presupuesto y de fácil instalación y mantenimiento.

Con este proyecto se muestra que se pueden aprovechar los espacios en blanco, que antaño ocupaban fincas en activo, u hoy en día techos de edificios, y sacarles beneficio con una planta económica y que no requiere mucho mantenimiento.



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

CÁLCULOS

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Introducción	1
2	Cálculo del consumo eléctrico de la finca	1
3	Cálculos de energía solar.....	4
3.1	Irradiación solar sobre la finca	4
3.2	Pérdidas de rendimiento.....	5
3.2.1	Por inclinación y orientación.....	5
3.2.2	Por sombras.....	8
3.2.3	Por suciedad y polvo	11
3.2.4	Angulares.....	12
3.2.5	Por cableado y conexionado	12
3.2.6	Por el inversor	12
3.2.7	Por errores en el seguimiento del Punto Máximo de Potencia	12
3.2.8	Por explotación mantenimiento	12
3.2.9	Por no cumplir la potencia nominal	13
3.2.10	Por temperatura.....	13
3.3	Performance Ratio	14
3.4	Energía producida	15
4	Cálculos de energía eólica	16
4.1	Introducción	16
4.2	Estudio eólico de la finca.....	16
4.3	Cálculo de la potencia eólica.....	19
5	Cálculos eléctricos.....	21
5.1	Introducción	21
5.2	Cálculos iniciales.....	21
5.3	Cálculos de la parte de corriente continua	23
5.3.1	Cableado.....	23

5.4	Cálculos de la parte de corriente alterna	26
5.4.1	Interruptores automáticos diferenciales	26
5.4.2	Interruptores automáticos magnetotérmicos	26
5.5	Tubos y canalizaciones	27
5.6	Puesta a tierra	28
5.6.1	Tomas de tierra	28
5.6.2	Conductores	29
5.7	Conexión a red	29

1 Introducción

En este anexo se va a incluir todos los cálculos que justifican las elecciones hechas en este proyecto. Se componen de cuatro apartados: cálculo del consumo eléctrico de la finca, cálculo energético solar, cálculo energético eólico y cálculos eléctricos.

2 Cálculo del consumo eléctrico de la finca

Ante la imposibilidad de obtener a través de la empresa el consumo eléctrico de la finca, se realiza un cálculo pormenorizado del posible consumo eléctrico que puede tener la finca, para luego calcular la potencia necesaria de la instalación de energías renovables.

A la hora de calcular el consumo eléctrico total de la finca, se tiene en cuenta que la finca va a usar equipos eléctricos en vez de los convencionales de gasolina.

En equipos pequeños, como pueden ser, por ejemplo, motosierras, su consumo no es tan demandante, pues su uso es puntual, además de tener un consumo reducido. Sin embargo, para equipos grandes es diferente. Por ejemplo, un tractor.

La ventaja de un tractor con motor de combustión es clara, pues se puede reponer de combustible en cualquier momento. Sin embargo, en nuestras Islas Canarias, el combustible es escaso, mientras que siempre tenemos recursos naturales de los que poder extraer energía.

Esta energía limpia puede satisfacer la demanda energética de la finca, pues estas, aun usando la totalidad de los equipos de manera eléctrica, no tienen un consumo eléctrico elevado, pudiendo vender la energía sobrante.

A continuación, se muestra un resumen pormenorizado de las partes de la finca que consumen energía:

a) Oficinas

En este caso, la finca tiene incluida una oficina.

El consumo energético en oficina depende de varios factores, como climatización, iluminación, consumo eléctrico de ordenadores, impresoras, etc. Por lo tanto, el consumo medio de energía, en kWh/m² varía respecto al lugar donde se encuentre la oficina, horas en las que se trabaje,.. Sin embargo, hay varios estudios en los que se analiza este consumo, incluido uno, realizado en México, y que desglosa el consumo según distintas zonas. Adoptando el clima de Valle de Guerra como Templado

Húmedo, nos devuelve un consumo de 80 kWh/m² anuales, que está en línea con los demás documentos.

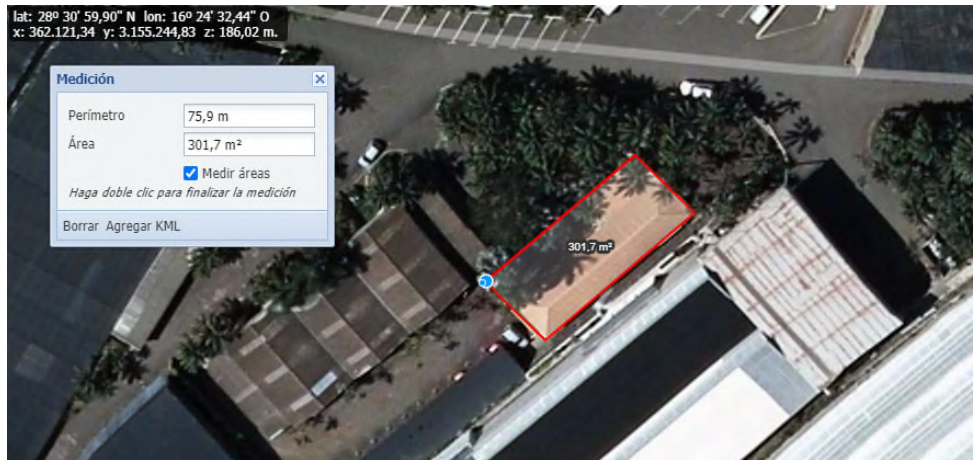


Figura 1. Tamaño de la oficina. Fuente: propia

Como se aprecia en la imagen, la zona de oficinas tiene un área de 301,7 m². Por lo tanto, el consumo energético anual es de 24136 kWh. Este consumo se puede dividir mensualmente a 2011,3 kWh

b) Tractor

El mercado de tractores eléctricos hoy en día es muy reducido. Sin embargo, poco a poco empiezan a existir opciones, y los grandes fabricantes se atreven a entrar en este mercado, prueba de ello es el modelo e100 Vario de la marca Fendt.

Nota de la web

Durante muchos años, Fendt ha desarrollado soluciones prácticas para el uso eficiente de sistemas eléctricos de propulsión. Con el Fendt e100 Vario, Fendt introduce un práctico tractor compacto totalmente eléctrico con 50 kW de potencia, que puede funcionar hasta cinco horas en condiciones de uso reales. La fuente de energía es una batería de iones de litio de alto rendimiento de 650 V con una capacidad de aprox. 100 kWh. La batería se carga con 400 V y hasta 22 kW a través de una toma exterior CEE estándar o mediante una opción de recarga con corriente continua. Un enchufe CCS estándar de tipo 2 permite recargar la batería en 40 minutos hasta un 80%. Además, es posible recuperar energía con el uso de un motor eléctrico.

Suponiendo que cada día trabajan con el tractor eléctrico hasta agotarle la batería, al día consume 100 kWh. Por lo tanto, mensualmente consume 3100 kWh.

Un Dumper es un vehículo pequeño que sirve para cargar y descargar productos, como por ejemplo fruta, de manera sencilla, pues al ser de tamaño pequeño puede acceder a zonas de difícil acceso.

c) Bomba de agua

Estimar la bomba requerida sin más información es una tarea muy ardua. Para ello, se va a escoger una bomba todoterreno, que pueda usarse en varias condiciones, y se van a colocar varias. La bomba escogida es EuroInox 30-80M de la marca DAB [6]. Esta bomba tiene un vataje de 800 W, y suponiendo que funciona 4 horas al día, eso hace un consumo mensual de 96 kWh

d) Demás equipo

Se trata de equipo que es útil tener en una finca, estos equipos suelen ser independientes, es decir, funcionar a través de un motor de combustión. Sin embargo, vamos a usar equipos eléctricos, concorde a la temática de energías renovables del trabajo. Otra suposición es que estos equipos funcionarán durante una hora al día, puesto que no son equipos cuyo uso sea diario

i) Motosierra

Este equipo tiene una potencia de 1.5 kW, lo que le supone un consumo mensual de 45 kWh

ii) Desbrozadora

El cargador tiene un consumo de potencia de 0.3 kW, que mensualmente hacen 9 kWh

Equipo	Potencia
Oficina	2011,3 kWh
Tractor	3100 kWh
Bombas de agua	96 kWh
Motosierra	45 kWh
Desbrozadora	9 kWh
TOTAL	5261,3 kWh

Tabla 1. Consumo de la finca

Por lo tanto, el consumo energético total de la finca asciende a 5261,3 kWh. Este consumo es ideal, no tiene en cuenta pérdidas, ni el uso diario de cada equipo, pero es un punto de partida para realizar los siguientes cálculos

3 Cálculos de energía solar

3.1 Irradiación solar sobre la finca

Debido a la rotación sobre el sol, el número de horas efectivas de sol varía respecto al mes del año. Por lo tanto, la energía que se recibe del sol varía. La Hora Solar Pico (HSP) es el número de horas al día que el sol transmite 1000 kWh/m²

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
HSP	3,626	4,249	5,38	5,853	6,568	6,552
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
HSP	7,448	7,316	6,419	5,4	3,81	3,281

Tabla 2. Hora Solar Pico

A continuación, se presenta una tabla con cuatro columnas. En las dos primeras, se muestran la irradiancia solar en plano. Sin embargo, en la instalación, las placas van a tener cierto ángulo con el plano, para poder captar más luz solar a lo largo del día. Como se puede observar, este dato es mayor que la irradiancia en el plano.

	Irradiancia plano (Wh/m²)	Irradiancia plano (W/m²)	Irradiancia inclinada (Wh/m²)	Irradiancia inclinada (W/m²)
Enero	2.965,40	817,815775	3995,30	1100,847766
Febrero	3686,60	867,6394	4564,20	1074,1822
Marzo	5179,70	962,7965	5895,60	1095,8364
Abril	5246,80	896,4292	5282,60	902,5457
Mayo	5936,40	903,8368	5523,50	840,9714
Junio	6306,50	962,5305	5629,50	859,2033
Julio	5995,50	804,9812	5445,80	731,1762

Agosto	5554,70	795,2537	5397,60	737,7802
Septiembre	5343,60	832,4661	5799,30	903,4585
Octubre	3960,90	733,5000	4713,40	872,8519
Noviembre	2790,30	779,606	3834,30	1006,3779
Diciembre	2560,60	780,4328	429,40	1045,2301

Tabla 3. Irradiancia

3.2 Pérdidas de rendimiento

3.2.1 Por inclinación y orientación

Al usar una inclinación y orientación distinta de la óptima, se generan unas pérdidas, que hay que contabilizar.

Estas pérdidas van en función de dos ángulos: de inclinación y de azimut

3.2.1.1 Ángulo de inclinación β :

definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (figura 1). Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

3.2.1.2 Ángulo de azimut α :

definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (figura 2). Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y $+90^\circ$ para módulos orientados al Oeste.

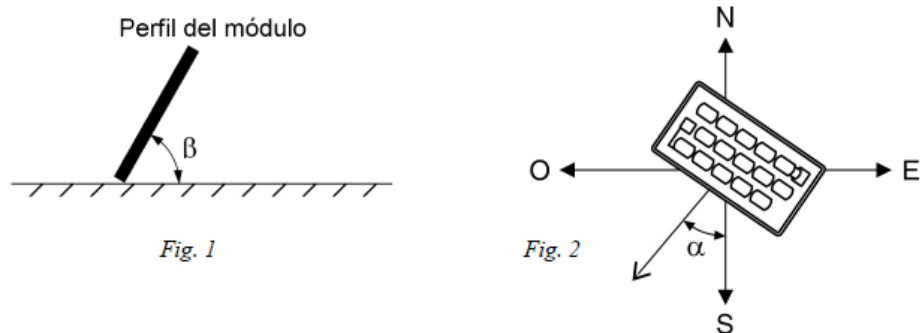


Figura 2. Ángulos en un panel solar. Fuente: IDAE

En este caso, β tiene un valor de 30° , establecido arbitrariamente, mientras que $\alpha=0^\circ$, puesto que se decidió orientar las placas fotovoltaicas al sur.

A continuación, calculamos los límites de inclinación aceptables de acuerdo con las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas. Estas pérdidas según el Pliego de Condiciones técnicas de la IDEA no deben de superar el 10%

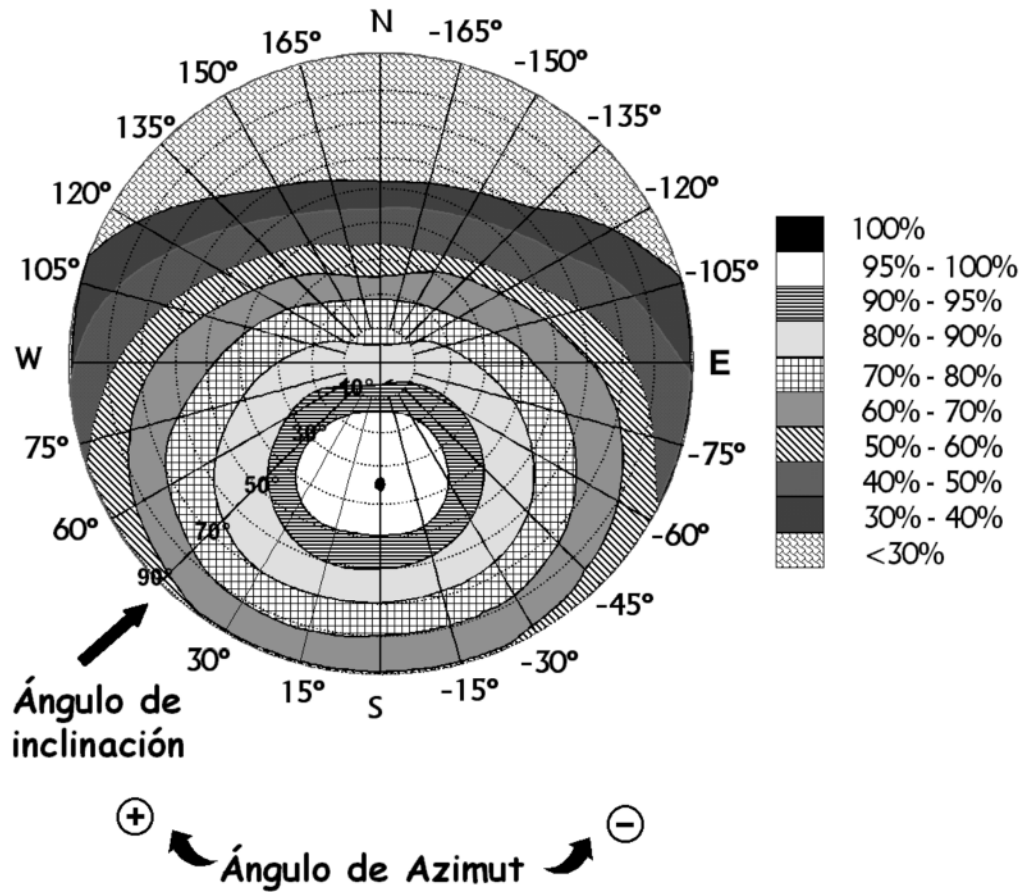


Figura 3. Gráfica sobre las pérdidas. Fuente: IDAE

Utilizando la gráfica previa, calculamos los ángulos de inclinación adecuados, en este dato, para la región de 90%-95%, suponiendo el caso máximo de pérdidas admisible. Sin embargo, esta gráfica está pensada para usarse en una latitud de 41º, por lo que, al estar en Canarias, cuya latitud es de 28º, hay que hacer una corrección.

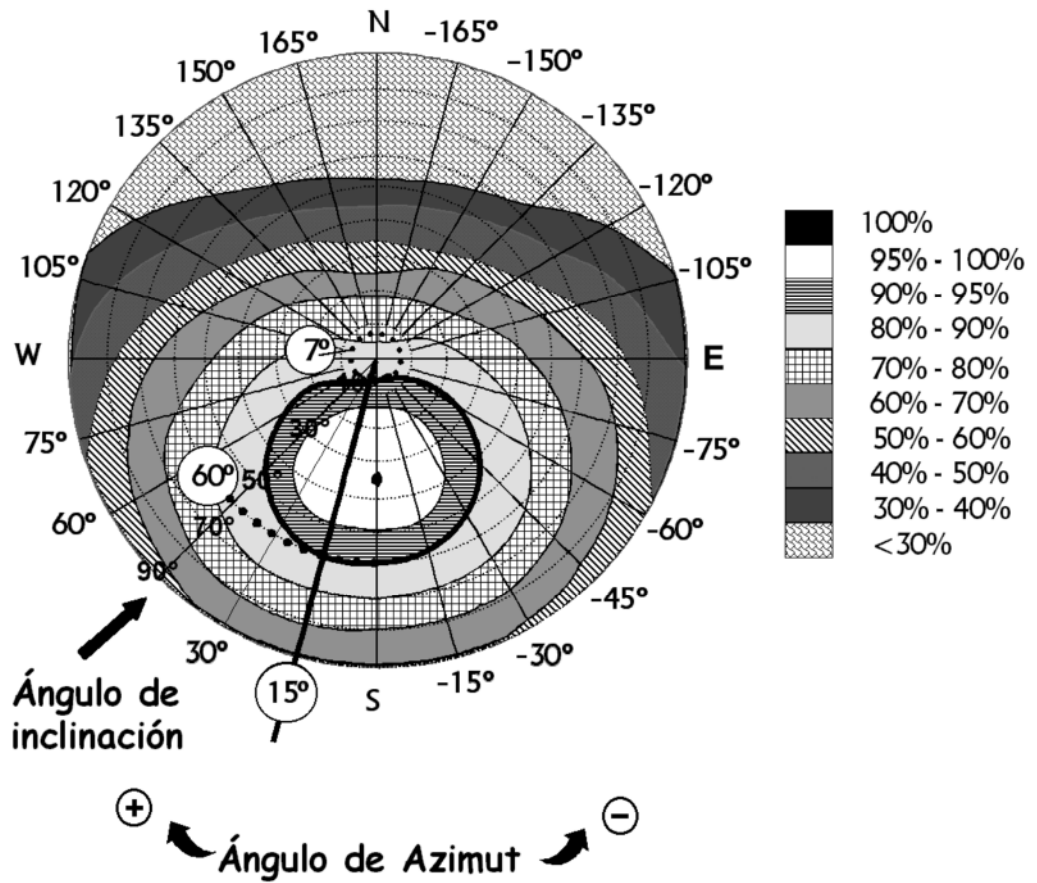


Figura 4. Ángulos admisibles en la instalación. Fuente: Propia

Ángulo de inclinación máximo = 60°

Ángulo de inclinación mínimo = 7°

Para corregir el ángulo de inclinación se aplica la siguiente ecuación:

Inclinación máxima corregida = Inclinación (41°) – (41° – latitud).

Inclinación máxima corregida = 60° - (41° - 28°) = 47°

Inclinación mínima corregida = Inclinación (41°) – (41° – latitud), siendo 0° su valor mínimo

Inclinación mínima corregida = 7° - (41° - 28°) = -6°. Tomamos como valor 0°.

Por lo tanto, la inclinación escogida de 30° es aceptable, pues se encuentra dentro del rango óptimo.

Para calcular el porcentaje de pérdidas, se usa la siguiente ecuación:

$$Pérdidas (\%) = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \varphi + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2]$$

$$Pérdidas (\%) = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (28 - 30 + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times 0^2] = 1,728\%$$

3.2.2 Por sombras

Si los paneles solares están a la sombra, no van a poder captar toda la luz solar y por lo tanto el rendimiento de la planta se va a ver reducido.

En esta instalación, el mayor obstáculo es la montaña que se encuentra al sureste de la instalación

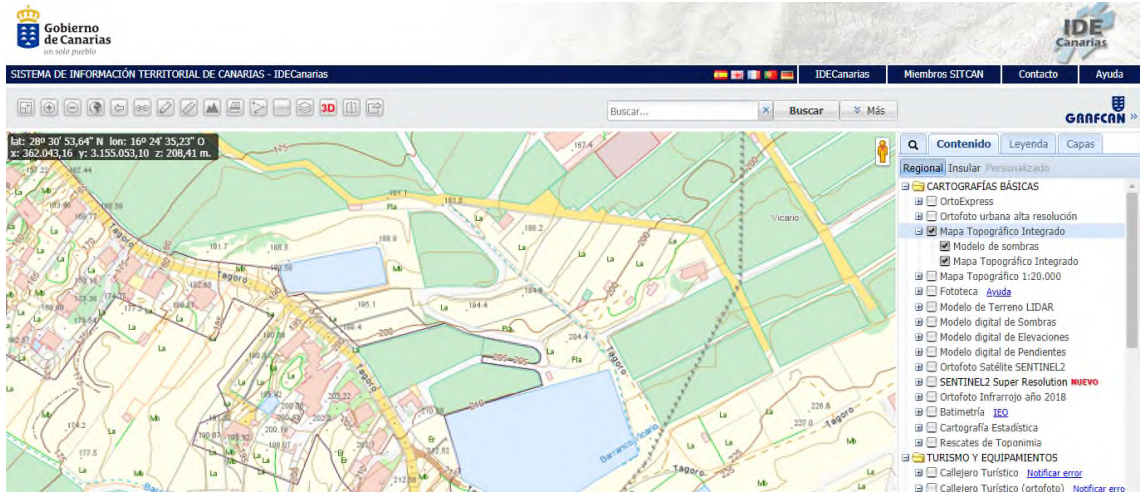


Figura 6. Ubicación de la finca. Fuente: GrafCan

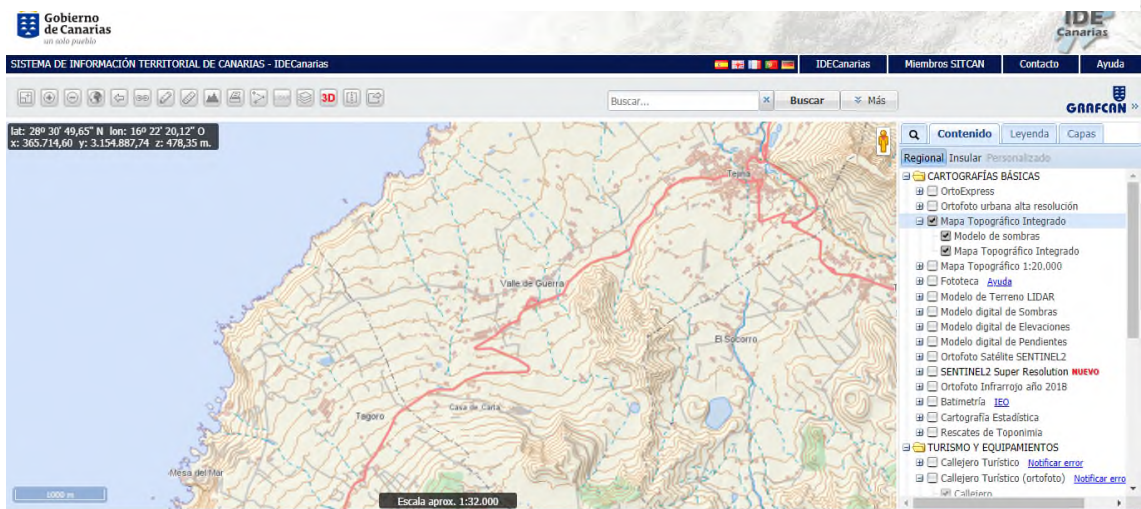


Figura 5. Mapa topográfico de la zona. Fuente: GrafCan

Figura 7. Distancia hasta el lado izquierdo del obstáculo. Fuente: GrafCan

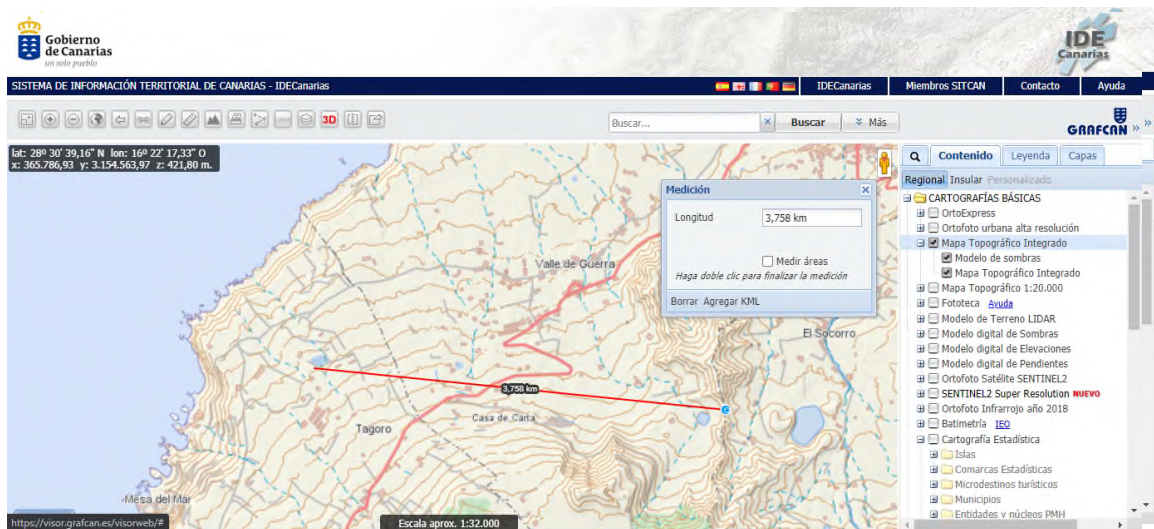


Figura 8. Distancia hasta el lado derecho del obstáculo. Fuente: GrafCan

El obstáculo tiene una altura de 478 metros, y una distancia de 3639 metros, aplicando la tangente, obtenemos un ángulo de 7,48°.



Figura 9. Distancia hasta el punto más alto del obstáculo. Fuente: GrafCan

Con los datos expuestos, se puede usar el diagrama de sombras

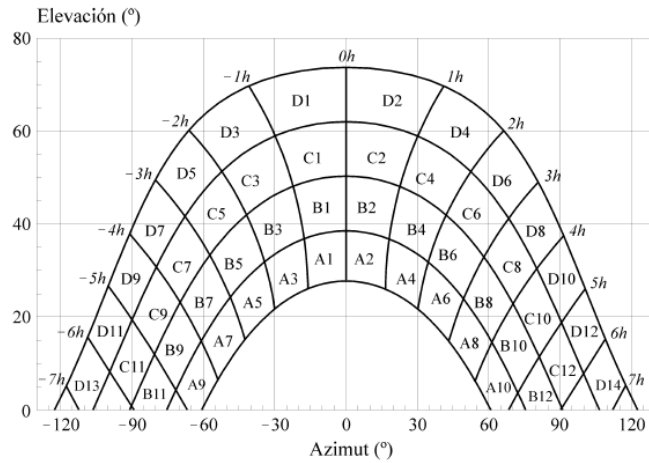


Figura 10. Diagrama de sombras. Fuente: IDAE

Este diagrama está pensado para aplicarse en el territorio de la península ibérica, por lo que hay que sumar 12º de elevación para compensar la diferencia

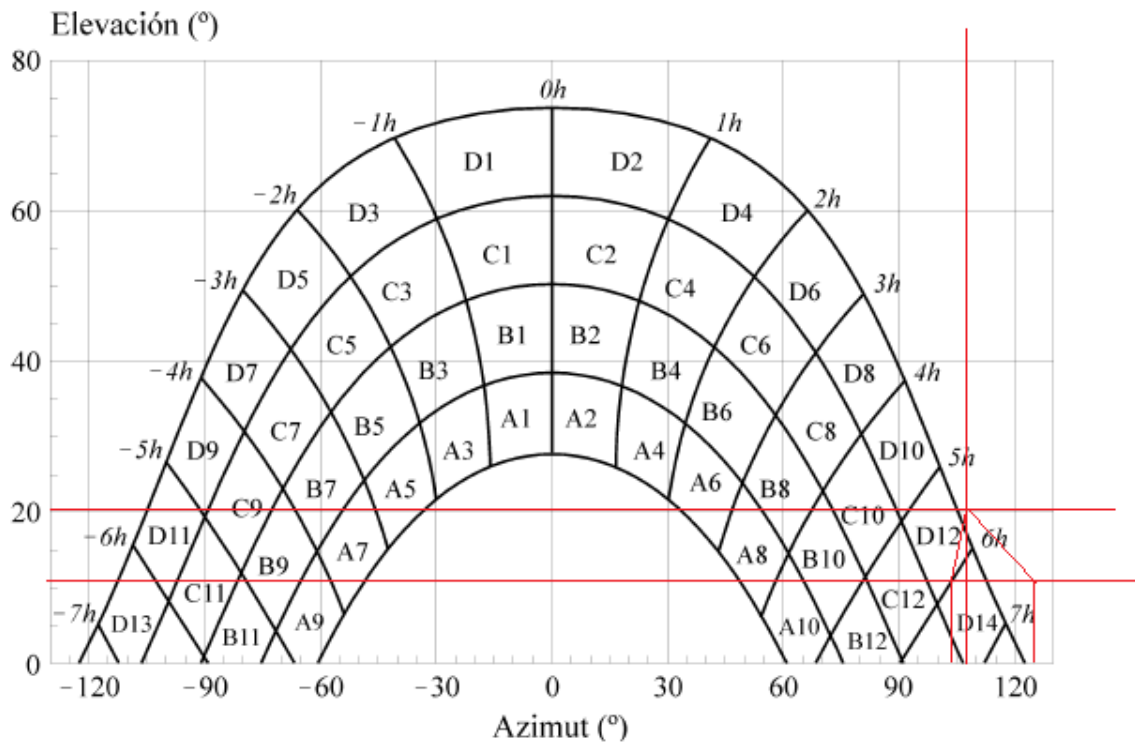


Figura 11. Diagrama de sombra aplicado. Fuente: Propia

Como se puede observar, queda un triángulo que cubre ligeramente las casillas D12 y D14.

A continuación, se consulta la tabla V-1, para un azimut de 0º y una inclinación de 35º. Esta es la tabla que más se aproxima a los datos que tenemos.

Tabla V-1

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Figura 12. Tabla de pérdida por sombra. Fuente: IDAE

$$\%p\u00e9rdidas\ por\ sombra = 0,25 * D12 + 0,25 * D14;$$

$$\%p\u00e9rdidas\ por\ sombra = 0,25 * 0,4 + 0,25 * ,0,02 = 0,105$$

Las p\u00e9rdidas por sombra son en total un 0,105%

3.2.3 Por suciedad y polvo

“Las p\u00e9rdidas por polvo en un d\u00eda determinado pueden ser del 0 % al d\u00eda siguiente de un d\u00eda de lluvia y llegar al 8 % cuando los m\u00f3dulos se "ven muy sucios". Estas p\u00e9rdidas dependen de la inclinaci\u00f3n de los m\u00f3dulos, cercan\u00edas a carreteras, etc. Una causa importante de p\u00e9rdidas ocurre cuando los m\u00f3dulos FV que tienen marco tienen c\u00e9lulas solares muy pr\u00f3ximas al marco situado en la parte inferior del m\u00f3dulo. Otras veces son las estructuras soporte que sobresalen de los m\u00f3dulos y act\u00faan como retenes del polvo.”

En este caso, podemos estimar las p\u00e9rdidas por suciedad y polvo en torno al 5%, un valor alto, teniendo en cuenta que cada vez hay m\u00e1s d\u00edas de calima, que deja dep\u00f3sitos de polvo en los m\u00f3dulos.

3.2.4 Angulares

“Las pérdidas por reflectancia angular y espectral pueden despreciarse cuando se mide el campo FV al mediodía solar (± 2 h) y también cuando se mide la radiación solar con una célula calibrada de tecnología equivalente (CTE) al módulo FV. Las pérdidas anuales son mayores en células con capas antirreflexivas que en células texturizadas. Son mayores en invierno que en verano. También son mayores en localidades de mayor latitud. Pueden oscilar a lo largo de un día entre 2 % y 6 %.”

Las pérdidas por reflectancia angular las podemos tomar como el 3%

3.2.5 Por cableado y conexionado

Las pérdidas por cableado van en función de la longitud de estos. Sin embargo, estas pérdidas tienen un valor admisible en la parte de CC de 1,5%, siendo recomendable no pasar del 0,5%, por lo que este valor es el indicado.

3.2.6 Por el inversor

El inversor escogido es el Sunny Boy 2.0 de la compañía SMA

Este modelo tiene un rendimiento del 98,4%

3.2.7 Por errores en el seguimiento del Punto Máximo de Potencia

El inversor fotovoltaico va a trabajar conectado directamente al generador, con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia del generador.

Este punto de máxima potencia cambia con las condiciones ambientales (irradiación y temperatura). En condiciones normales de operación se van a producir interferencias sobre la potencia producida por el generador (suciedad, nubes, etc...). Esto provocará saltos en la curva Intensidad-Voltaje de la célula y por tanto del generador. Sin embargo, el inversor escogido (SMA TP 110-60) tiene seguimiento de la máxima potencia independientes, por lo que estas pérdidas se ven minimizadas.

Se pueden estimar en torno al 1%

3.2.8 Por explotación mantenimiento

Durante la operación de un generador fotovoltaico es necesario realizar una serie de trabajos relacionados con el mantenimiento preventivo de la instalación. Estos trabajos pueden traer consigo en algún caso la parada de elementos clave en la generación de electricidad, como pueden ser los inversores. Del mismo modo, se van a producir averías o condiciones de mal

funcionamiento en equipos de manera que cuanto mayor sea el tiempo de sustitución o reparación de los equipos, mayor será su incidencia sobre la producción eléctrica.

Estas pérdidas se aproximarán en un 3%.

3.2.9 Por no cumplir la potencia nominal

El fabricante advierte de que existe una tolerancia de potencia, en este caso, del 5%

3.2.10 Por temperatura

La célula trabaja a determinada temperatura, expresada en la ficha técnica. Sin embargo, como la temperatura del ambiente varía, la efectividad de la transmisión también, respecto a unas condiciones estándar

T_{amb} es la temperatura ambiente media para cada mes, T_c es la temperatura de las células fotovoltaicas, que se miden con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Temperatura de la célula fotovoltaica

$$T_c = T_{amb} + (T_{ONC} - 20) * E/800$$

Siendo T_{ONC} la temperatura de trabajo de las células, y vale 45°C, mientras que E es el valor la irradiancia, expuesto más arriba.

El rendimiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$\%rend = 100 * (1 - g * (T_c - 25))$$

Ecuación 2. Rendimiento de la célula

Siendo $g = 0,0035 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ para el silicio cristalino

	T ambiente	T celula	Rendimiento (%)
Enero	16,6	42,1567	93,9951
Febrero	16,8	43,9137	93,3801
Marzo	17,3	47,3865	92,164
Abril	17,5	45,5134	92,8203
Mayo	19,1	47,3449	92,1793
Junio	20,9	50,9791	90,9073
Julio	22,2	47,3556	92,1755
Agosto	23,1	46,8267	92,3607

Septiembre	22,8	48,8146	91,6649
Octubre	22,1	45,0219	92,9923
Noviembre	19,4	43,7627	93,4331
Diciembre	17,6	41,9885	94,0540

Tabla 4. Rendimiento por temperatura.

3.3 Performance Ratio

El Performance Ratio es la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, en la que se tienen en cuenta todas las pérdidas calculadas anteriormente

Tipo	Rendimiento	Pérdidas (%)
Orientación	0,98272	1,728
Sombras	0,99895	0,105
Suciedad y polvo	0,97	3
Angulares	0,97	3
Cableado	0,995	0,5
Tolerancia de las placas	0,95	5
PMP	0,99	1
Inversor	0,984	1,6
Explotación y mantenimiento	0,97	3
TOTAL	0,8250	

Tabla 5. Performance Ratio sin temperatura.

En la tabla anterior falta añadir el factor de temperatura. Este factor depende de la temperatura media mensual. Se usará los datos calculados en la tabla 2.

Mes	Rendimiento	PR
Enero	0,93995	0,77548
Febrero	0,93380	0,77041
Marzo	0,92165	0,76038
Abril	0,92820	0,76579
Mayo	0,92179	0,76050
Junio	0,90907	0,75000
Julio	0,92176	0,76047
Agosto	0,92361	0,76199
Septiembre	0,91665	0,75626

Octubre	0,92992	0,76721
Noviembre	0,93433	0,77084
Diciembre	0,94054	0,77597

Tabla 6. Performance Ratio Total.

3.4 Energía producida

La energía producida se calcula con a la siguiente ecuación

$$Ep = \frac{Gdm * Pmp * PR}{Gcem} \left(\frac{Wh}{día} \right)$$

Ecuación 3. Energía producida

Donde:

Gdm = Irradiancia en el plano (Wh/m2)

Pmp = Potencia pico del generador. En este caso hay 6 paneles de 400 W en serie, por lo que la potencia pico es 2400 W

PR = Performance Ratio

GCEM = Constante de valor 1 W/m2

Mes	Gdp (Wh/m2)	PR	Ep (Wh/día)
Enero	3995,30	0,77548094	7435869,6
Febrero	4564,20	0,77040749	8439105,3
Marzo	5895,60	0,76037947	10758943,7
Abril	5282,60	0,76578829	9708847,8
Mayo	5523,50	0,76049973	10081488,6
Junio	5629,50	0,75000575	10133177,7
Julio	5445,80	0,76046865	9939264,6
Agosto	5397,60	0,76199613	9871080,8
Septiembre	5799,30	0,75625595	10525812,4
Octubre	4713,40	0,76720764	8678775,6
Noviembre	3834,30	0,77084362	7093549,7
Diciembre	3429,40	0,77596668	6386640,3

Tabla 7. Energía producida mensual.

En esta tabla se puede observar como varía la potencia suministrada por los paneles fotovoltaicos a lo largo del año, siendo diciembre el mes que menos generan con 6386,6 kWh.

Esta cantidad suple los 5261,3 kWh que requiere la finca, por lo tanto, se crea energía suficiente para alimentar la finca, además de un pequeño exceso que puede ser vendido a Red Eléctrica de España.

4 Cálculos de energía eólica

4.1 Introducción

En este apartado se va a estudiar la producción de energía eólica en la finca rural.

Partimos de entrada ya sabiendo la potencia necesaria, por lo que se va a escoger un aerogenerador adecuado a dicha potencia y a las características de la zona.

Esta instalación se usará de apoyo a la instalación de energía solar, por lo que vamos a partir de un modelo determinado, y calcular la energía que ese molino puede proporcionar.

Se va a instalar un molino de minieólica. La principal característica de esto es que es un molino de menor tamaño que los usados en parques eólicos. En este caso, tiene la función de servir de apoyo energético a la instalación principal de energía solar, pues puede ser que momentáneamente se requiera más energía de la que la instalación de energía solar es capaz de ofrecer, por ejemplo, porque el día está nublado.

El modelo escogido es el E70PRO de la marca ENAIR, que tiene una potencia nominal de 4 kW.

4.2 Estudio eólico de la finca

Primeramente, a través de la herramienta Grafcan, vamos a buscar los datos de viento correspondiente a la zona donde está ubicada la finca

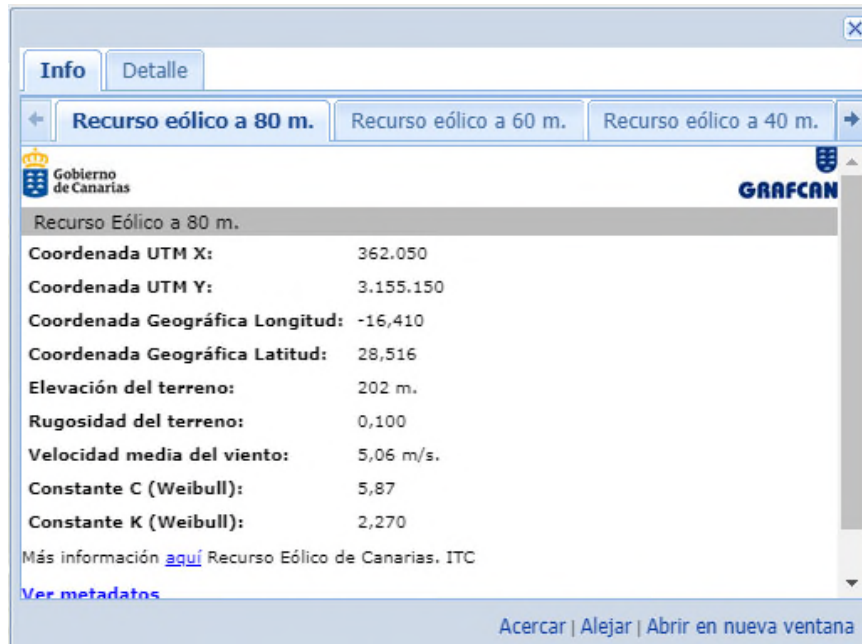


Figura 13. Recurso eólico a 80 m. Fuente: GrafCan



Figura 14. Recurso eólico a 60 m. Fuente: GrafCan



Figura 15. Recurso eólico a 40 m. Fuente: GrafCan

	80 m	60 m	40 m
Velocidad del viento (m/s)	5,06	4,97	4,83
Constante C Weibull	5,87	5,74	5,54
Constante K Weibull	2,27	2,273	2,254

Tabla 8. Resumen recurso eólico.

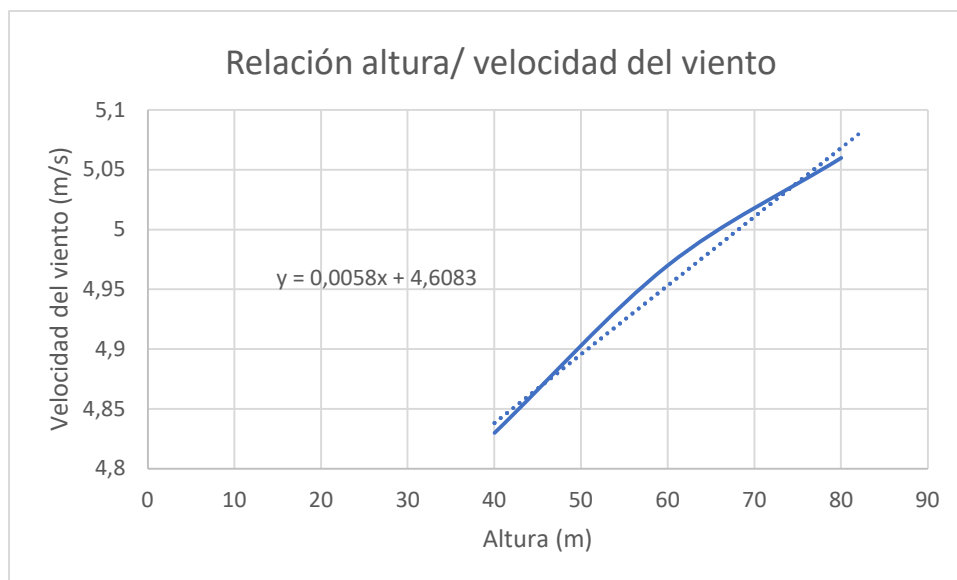


Figura 16. Gráfica relación altura velocidad. Fuente: Propia

Con esta gráfica, que reúne la altura y la velocidad del viento a esa altura, se calcula una ecuación, con la que se va a extrapolar la velocidad del viento a una altura adecuada, pues no es aceptable una altura de como mínimo 40 metros.

Aplicando una altura de 15 metros, y usando la ecuación del gráfico, sale una velocidad del viento de 4,6953 m/s.

Con esta velocidad de viento existe un problema, pues para el generador E70Pro la velocidad nominal es 11 m/s, mientras de la de arranque es 2 m/s. Con la velocidad de 4,7 m/s no se puede conseguir la suficiente energía, por lo que hay que buscar otro aerogenerador.

Sin embargo, no hay otros aerogeneradores capaces de trabajar de manera eficiente en ese rango de velocidades, y a la vez ofrecer un suministro de energía adecuado. Por ejemplo, el modelo E30 Pro de la marca Enair, el modelo inmediatamente inferior al E70 Pro, tiene las mismas características que su hermano mayor (velocidad de arranque 2 m/s; velocidad nominal 11m/s).

Otro ejemplo sería el aerogenerador Air 40 de la marca SouthWest WindPower. Sin embargo, este molino tiene el mismo problema, pues su velocidad de inicio es de 3,1 m/s, por lo que con una media de velocidad de 4,5 m/s no se asegura que funcione, ni que produzca la energía suficiente.

Por lo tanto, la conclusión a la que se llega es que no es rentable instalar un molino de minieólica en esta instalación, por los motivos ya expuestos. A continuación, se expone el cálculo de la potencia de manera teórica.

4.3 Cálculo de la potencia eólica

Primeramente, se va a calcular la energía anual. Para ello, se van a usar los siguientes parámetros:

1. Distribución de Weibull

Es una distribución estadística que resume la probabilidad de un evento basándose en datos ya obtenidos. Como el viento es un parámetro en cambio constante, usando esta distribución se puede averiguar cuál es la probabilidad de que el viento tenga cierta velocidad.

Esta depende de tres parámetros, los datos ya obtenidos, y dos

2. Curva de potencia del molino

El fabricante proporciona una gráfica, en la que se expone la potencia generada respecto a la velocidad del viento.

Una vez tenemos este dato, podemos calcular el factor de capacidad FC

$$FC = \frac{E}{(Pn * 8760)}$$

Ecuación 4. Factor de capacidad

Donde:

FC = Factor de capacidad

E = Energía producida (kWh)

Pn = Potencia nominal del molino (kW)

8760 = número de horas en un año (h)

Idealmente, si el viento es constantemente superior a la velocidad nominal del molino, este factor tendría un valor de 1. Sin embargo, eso es un caso hipotético, por lo que se considera que si FC >25% es aceptable, y FC >30% es bueno.

Para finalizar el cálculo de energía, hay que tener en cuenta una serie de factores que hacen que esta energía producida disminuya:

3. Efectos orográficos y de estelas

Si existe un parque eólico, y es más significativo este efecto si la orografía es complicada, se da que la intensidad varía de una aeroturbina a otra. Sin embargo, para nuestro caso, al ser un único generador, este efecto no existe.

4. Disponibilidad

Este factor está asociado al mantenimiento y reparaciones de las máquinas. Se puede tomar un valor de 95%.

5. Rendimiento eléctrico

Generado por las pérdidas del generador y otros componentes eléctricos propios, sin embargo, se puede ver afectado por componentes externos, como transformadores, etc. Tiene un rendimiento bastante elevado (95%).

6. Ensuciamiento de las palas

Las palas tienen un perfil, y al ensuciarse cambian de forma, perdiendo sus características aerodinámicas. Se puede asumir un rendimiento del 98%.

7. Retardo en el tiempo de respuesta de control de guiñada

La guiñada es el ángulo de giro para seguir la ruta óptima, en este caso, la dirección del viento. Esta respuesta es lenta, por una parte, para evitar cargas giroscópicas importantes, pero puede suceder que al no estar alineada en la mejor dirección, deje de capturar parte de la energía. Aunque esto sucede a velocidades bajas, a la vez que, al ser un ángulo pequeño, no es una gran pérdida, aunque puede ser difícil de estimar. Se asume un rendimiento del 98%.

8. Histéresis por viento alto

Puede suceder que, para velocidades de viento altas, pero insuficientes para que se pare por superar la velocidad de corte, la máquina oscila, supera la velocidad de corte, y se para, haciéndolo más tiempo del que lo haría si simplemente superase la velocidad de corte. Sin embargo, como la media durante los 10 minutos es inferior a la de corte, se sigue contabilizando. Esta pérdida se estima en un 98%.

9. Distorsión y dispersión de la curva de la máquina por turbulencia

Normalmente, en las gráficas de potencia que dan los fabricantes no se tiene en cuenta la turbulencia, y esto hace que la gráfica cambie de forma, dando menos potencia a velocidades altas y más potencia a velocidades bajas, haciendo que el efecto se compense. Habría que hacer un estudio de cómo se comporta la turbina para ver la distorsión real que se produce por efecto de la turbulencia, las oscilaciones y desviaciones. No es fácil de estimar este efecto, pero como el generador va a trabajar siempre cerca de la velocidad nominal, y a esta velocidad es donde menos se ve este efecto, se va a estimar en 99%.

5 Cálculos eléctricos

5.1 Introducción

En esta sección se va a estudiar la parte eléctrica de la instalación. Se analizará la sección del cableado, qué protecciones se van a instalar y porqué, etc.

5.2 Cálculos iniciales

La placa escogida, Maxeon 3 400 W de la marca SunPower, tiene una tensión nominal de 65,8 V, mientras que el inversor, Sunny boy 2.5 de la marca SMA, tiene una tensión de entrada de 600 V. Por lo tanto, se necesitan 5,47 placas para cumplir con la tensión de entrada, que

redondeadas se convierten en 6. Con estas 6 placas en serie se consigue un voltaje de 394,6 V, y al estar en serie, la intensidad es la misma que genera una sola placa, es decir, 6,08 A.

La zona escogida para poner las placas solares es la siguiente



Figura 17. Zona de instalación de los paneles. Fuente: GrafCan

Como se ve, tiene un ancho de 5,6 metros, el que caben los 1,69 metros de ancho de la placa elegida. De largo tiene 36,6 metros, suficiente también para poner 6 placas de 1,05 metros de largo. Además de cumplir sobradamente con el espacio necesario, no tiene ningún obstáculo cerca, y está suficientemente cerca de la instalación.

Como se ve en la figura 18, la distancia hasta el punto donde se va a instalar el inversor es de 13 metros.

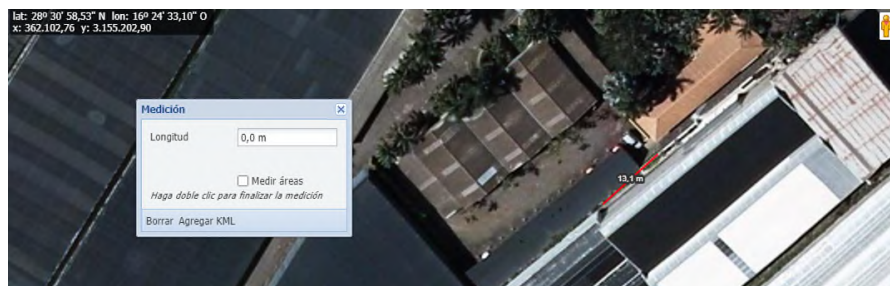


Figura 18. Longitud de la parte de corriente continua. Fuente: GrafCan

El circuito de corriente alterna, que abarca desde el inversor hasta la entrada del edificio, tiene una longitud de 35 metros.

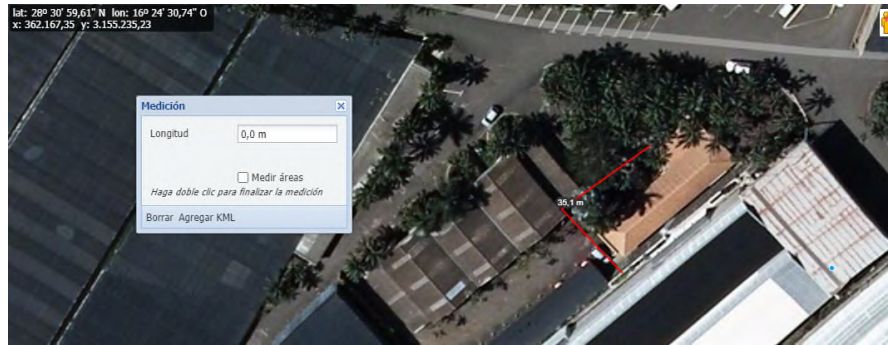


Figura 19. Longitud de la parte de corriente alterna. Fuente: GrafCan

5.3 Cálculos de la parte de corriente continua

5.3.1 Cableado

El conductor de baja tensión que se utilizará en la totalidad de la instalación será del tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90º, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.030.

Hay 2 criterios para calcular la corriente continua: a través de la corriente de cortocircuito y a través de la caída de tensión. Gracias a estos cálculos, se asegura que los cables tienen el tamaño suficiente para poder aguantar cualquier situación sin poner en riesgo su integridad.

a. Criterio de la intensidad máxima

Según se establece en el IT-BT-40, los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

b. Criterio de la caída de tensión

En el mismo apartado de la IT-RB, además del Pliego de Condiciones del IDEA, se afirma que la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión a la Red de Distribución Pública no será superior al 1,5% de la intensidad nominal. Sin embargo, este valor es para el total. El IDEA recomienda que en la parte de continua la caída de tensión sea como mucho de un 0,5% del total, por lo que para la parte de alterna se podría tomar como caída hasta el 1%, pero se va a mantener el mismo criterio de 0,5% de caída de tensión.

Para calcular las secciones de cable para líneas monofásicas se usa la ecuación número 5

$$S = (2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi) / (\gamma \cdot u)$$

Ecuación 5. Cálculo de sección

Siendo:

S= Sección del conductor (mm²)

γ = Conductividad del conductor (S/m)

L = Longitud de la línea (m)

I= Intensidad eficaz por la línea (A)

Cos ϕ = FP de la carga

U= caída de tensión en la línea (V)

En este caso, según IT-BT-40, el factor de simultaneidad de la carga para la generación es 1

U=%c·V

Donde

%c= porcentaje de la caída de tensión

V= voltaje que circula por la línea (V)

$$I_{nominal} = I \cdot 1'25$$

Ecuación 6. Cálculo de intensidad nominal

Con esta ecuación se calcula la intensidad de trabajo. En nuestro caso, tenemos dos intensidades: I_{sc} (intensidad de cortocircuito), que tiene un valor de 6'58 A, además de I_{mp} (intensidad máxima pico), cuyo valor es 6'08 A. Las intensidades nominales corresponden a 8'225 A, y 7'6 A. Escogemos el valor de 8'225 A por ser el más desfavorable.

Sin embargo, al ser una instalación fotovoltaica, la temperatura en la zona de las placas va a ser más elevada que la temperatura establecida de trabajo de los cables, que es 40°C, por lo que hay que aplicar un factor de corrección. Este factor se explica en la norma UNE-HD 60364-5-52, y establece que para una temperatura ambiente de 70°C, hay que aplicar un factor de 0'64. Además, hay que añadir otro factor de corrección por el agrupamiento de cables (que son el positivo, el negativo y la tierra), que al ir agrupados se le aplica un factor de 0'7. Por lo tanto, la intensidad de trabajo es:

$$I_{trabajo} = \frac{I_{nominal}}{FC};$$

Ecuación 7. Cálculo de intensidad de trabajo

$$I_{trabajo} = (8'225 A)/(0.64 * 0.7) = 18,36A$$

Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección calculada (mm ²)	Sección normalizada (mm ²)
13	18,36	4,32	6

Tabla 9. Tabla resumen sección corriente continua.

Aunque el inversor cuenta con protección, igualmente se va a instalar un equipo de protección de los cables. Por lo tanto, existe una división de la longitud, que acaba en que la sección calculada sea menor, porque la longitud es menor. Sin embargo, se decide mantener este cálculo como una sola línea porque el cambio no es suficientemente grande.

c. Protecciones

Según el ITC-BT-22, hay que instalar protecciones contra las sobrintensidades y sobrecargas. Para instalaciones industriales, recomiendan usar relé térmico, sin embargo, no impiden el uso de fusibles. Este apartado recoge la norma UNE-HD 60364-4-43.

Para escoger los fusibles se usan las siguientes ecuaciones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Ecuación 8. Requisito 1 de cálculo de fusibles

$$I_f = 1,6 I_n \text{ si } I_n \geq 16A$$

Ecuación 9. Requisito 2 de cálculo de fusibles

$$I_f = 1,9 I_n \text{ si } 4A \leq I_n \leq 16A$$

Ecuación 10. Requisito 3 de cálculo de fusibles

$$I_f = 2,1 I_n \text{ si } I_n \leq 4A$$

Ecuación 11. Requisito 4 de cálculo de fusibles

Teniendo en cuenta que:

I_b = Corriente para la que se ha diseñado el circuito

I_z = Corriente máxima admisible del cable

I_n = Corriente asignada del dispositivo de protección

I_f = Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección

Isc = Corriente de cortocircuito de la línea

I_b	I_z	I_{sc}	I_f	I_n
18,36	70	6,58	101	25

Tabla 10. Resumen de cálculo de fusible.

Se va a instalar el fusible DF2EN25 de la marca Schneider, de 25 A. Este tipo de fusible cumple con los parámetros requeridos. Se va a instalar uno por cada polaridad

5.4 Cálculos de la parte de corriente alterna

De igual manera, se instalarán protecciones contra las sobrecargas y los contactos indirectos. Para esto se instalarán tanto interruptores automáticos diferenciales como interruptores automáticos magnetotérmicos.

5.4.1 Interruptores automáticos diferenciales

En el ITC-BT-24 se describen las medidas necesarias para asegurar la protección de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos. Además, se hacen distinciones entre los contactos directos e indirectos.

Para los contactos directos, se hace cumplir la UNE-HD 60364-4-41, en la que se recoge: la protección por aislamiento de las partes activas, como puede ser herramientas de trabajo o los propios cables, protección por medio de barreras o envolventes, protección por medio de obstáculos y protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.

Respecto a los contactos indirectos, se instala un interruptor automático diferencial, cuya intensidad nominal es la misma que la del interruptor magnetotérmico, y cuya sensibilidad se va a escoger en 30 mA porque es una sensibilidad suficiente para que, ante un contacto indirecto de cualquier persona, la persona no sufra daños.

5.4.2 Interruptores automáticos magnetotérmicos

En la UNE-HD 60364-4-43 se recogen todos los aspectos requeridos para dispositivos de protección en sus apartados.

Para las protecciones para la sobrecarga, se usa lo siguiente:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Ecuación 12. Requisito 1 de cálculo de protecciones

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Ecuación 13. Requisito 2 de cálculo de protecciones

$$I_{sc} > I_m$$

Ecuación 14. Requisito 3 de cálculo de protecciones

Donde

I_b = Corriente para la que se ha diseñado el circuito

I_z = Corriente máxima admisible del cable

I_n = Corriente asignada del dispositivo de protección

I_{sc} = Corriente de cortocircuito de la línea

I_m = Corriente mínima que asegura el disparo

En este caso, $I_b = 13,75$ A, calculado en el apartado anterior, mientras que para cables de tensión con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90º, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) de 10 mm² es de 98 A.

La intensidad de cortocircuito se calcula usando la tensión máxima del inversor, y la resistencia del cable utilizado. En este caso, esta intensidad tiene un valor de 3590 A. Esta intensidad tan alta se debe a que la longitud del cable es muy corta (35 m)

I_b	I_z	I_{sc}	I_2	I_n	I_m
13,75	98	3590	142	16	160

Tabla 11. Resumen cálculo de protecciones corriente alterna.

En esta instalación se va a usar el interruptor magnetotérmico Domae MCB 12516 de la marca Schneider, que tiene una intensidad nominal de 16 A, y un poder de corte de 6000.

Este magnetotérmico cumple las condiciones, por lo que se va a instalar en el cuadro de protección del local.

5.5 Tubos y canalizaciones

Para proteger los cables de las inclemencias del tiempo, de posibles animales salvajes y de desgaste de movimiento, se van a meter dentro de tubos, según el ITC-BT-21

Para la parte de corriente continua, van a ser 3 cables por tubo, que corresponden al positivo, al negativo y a la tierra, mientras que para la parte de corriente alterna, van a ser 4 cables, 3 fases y el neutro.

En este caso, los tubos van a estar en una canalización fija en superficie, por lo que se van a usar tubos rígidos

Tramo	Sección del conductor (mm ²)	Nº de conductores	Diámetro del tubo
CC	6	3	20
CA	10	4	32

Tabla 12. Resumen cálculo de tubo protector.

5.6 Puesta a tierra

La instalación cumplirá con lo estipulado en el ITC-BT-18 y en el Pliego de Condiciones de la IDEA, que a su vez recoge lo expuesto en el Real Decreto 1663/2000 artículo 12.

5.6.1 Tomas de tierra

Existen varios tipos de electrodos para la toma de tierra, como por ejemplo, placas, conductores desnudos, ... En este caso se van a utilizar picas cilíndricas de cobre. El cobre utilizado será de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE-EN 60228.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. Por norma, esta profundidad será como mínimo de 0,5 m.

$$R_t = \frac{\rho}{L}$$

Ecuación 15. Resistencia del terreno

Donde:

R_t = Resistencia del terreno (Ω)

ρ = Resistividad del terreno (Ωm)

L = longitud de la pica (m)

La longitud de la pica es de 2 metros, mientras que, para terrenos cultivables y fértiles, como es el caso al ser una finca, la resistividad es de 50 Ωm. Con estos valores la resistencia del terreno es de 25Ω.

5.6.2 Conductores

El conductor de tierra que se utilizará en la toma de tierra será del tipo aislado con tensión asignada no inferior a 0,6/1kV, temperatura máxima de 90º, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), normalizado según la norma UNE 21.030.

En el ITC-BT-18, se adjunta la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S < 35$	$S_p = 16$
$S \geq 35$	$S_p = S/2$

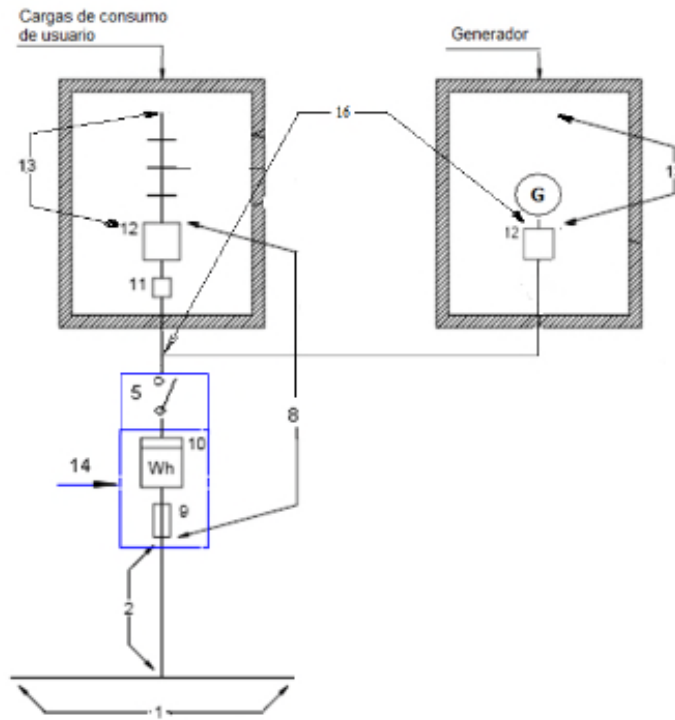
Tabla 13. Cálculo de la sección del cableado de protección. Fuente: REBT

En nuestro caso, los conductores de fase de la instalación tienen, en su mayor diámetro, 10 mm², por lo que nos encontramos dentro del primer caso, y la sección de los conductores de protección va a ser igual a los de fase, por lo que van a tener un diámetro de 10 mm²

5.7 Conexión a red

El RD 1699/2011 establece que la conexión para instalaciones de pequeña potencia (<10kW) se puede realizar a través del mismo punto de conexión que la red interior. Para ello, se instalará un contador bidireccional que se encargará de leer la energía vertida a la red, así como el consumo en los momentos requeridos.

Se instalará según el Esquema 7 del ITC-BT-40



Esquema 7

Tabla 14. Esquema de la conexión a red. Fuente: REBT



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	OBJETO	1
2	NORMATIVA APLICABLE	1
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3.1	PRESUPUESTO, PLAZOS DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA.....	2
3.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	2
4	MEDICINA PREVENTIVA.....	3
5	SERVICIOS HIGIÉNICOS.....	3
6	FORMACIÓN	3
7	DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS	3
7.1	RIESGOS GENERALES	4
7.2	RIESGOS ESPECÍFICOS.....	4
8	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN.....	5
8.1	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN GENERALES	5

1 OBJETO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción e instalaciones, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

En este RD se establece, en el apartado 2 del Artículo 4, que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.760 €.
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son los que se presentan a continuación:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.

2 NORMATIVA APLICABLE

Normativa a aplicar durante el proceso de instalación:

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales
- RD 39/1997 de 17 de enero sobre reglamento de los servicios de prevención
- RD 487/1997 de 14 de abril, sobre manipulación de cargas.
- RD 485/1997 de 14 de abril, sobre señalización de seguridad en el trabajo.
- RD 486/1997 de 14 de abril, sobre seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 773/1997 de 30 de mayo, sobre utilización de equipos de protección individual.
- RD 1215/1997 de 18 de julio, sobre utilización de equipos de trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgos eléctricos.
- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este estudio básico de seguridad y salud se redacta para la ejecución de una instalación fotovoltaica compuesta por 6 paneles fotovoltaicos de 400 W colocados en serie, que se va a instalar en Botany Canary, una finca rural dedicada al cultivo y venta de plantas ornamentales, ubicada en “Valle de Guerra”, en el municipio de Tacoronte.

3.1 PRESUPUESTO, PLAZOS DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

El presupuesto de ejecución por contrata de la instalación es el indicado en el presupuesto adjunto. El plazo de ejecución previsto quedará definido en el contrato. El personal de construcción podrá oscilar en el curso de la ejecución de los trabajos entre un máximo de 8 personas y un mínimo de 3 simultáneamente.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Por orden cronológico los procesos a realizar son los siguientes:

- Preparación de la estructura metálica existente.
- Preparación y colocación de los paneles fotovoltaicos.
- Preparación y colocación del inversor.
- Instalación de los tubos protectores.
- Preparación de la toma a tierra.
- Instalación eléctrica.
- Conexión, comprobación y puesta en marcha.

4 MEDICINA PREVENTIVA

- Botiquines: Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada y designada por la empresa constructora.
- Asistencia a accidentados: Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propio, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) dónde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

5 SERVICIOS HIGIÉNICOS

El lugar de emplazamiento del proyecto debe disponer un vestuario adecuado. Los mismos deberán ser de fácil acceso y tener las dimensiones adecuadas. En el caso de que se manejen sustancias peligrosas se dispondrán armarios para separar la ropa de trabajo de la ropa normal. En cualquiera de los casos se utilizarán armarios bajo llave para que el trabajador pueda colocar sus efectos personales durante su jornada laboral.

6 FORMACIÓN

Se impartirá formación en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo al personal de la obra, según lo dispuesto en la “Ley de Prevención de Riesgos Laborales” y los Reales Decretos que la desarrollan.

7 DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS

Se analiza a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como los derivados del uso de la maquinaria y medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, maquinas o herramientas eléctricas.

Para que el Estudio Básico de Seguridad y Salud sea más eficiente, primero se analizarán los riesgos generales que pueden darse en cualquier actividad que puedan afectar tanto a los operarios de la obra como a terceras personas que permanezcan por los alrededores continuación se realizará un estudio de los riesgos más específicos de cada actividad.

7.1 RIESGOS GENERALES

Los riesgos generales son aquellos que pueden darse en cualquiera de las actividades de ejecución de la obra y afectar a toda persona que trabaje en dichas actividades. Los riesgos previstos son:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas.
- Caída de personas al mismo o distinto nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Heridas o quemaduras en manos o pies por el manejo de material.
- Sobreesfuerzos y lesiones musculares.
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas.
- Heridas por objetos punzantes o cortantes.
- Golpes contra objetos.
- Aplastamiento por objetos o maquinaria.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.
- Polvo, ruido, etc.

7.2 RIESGOS ESPECÍFICOS

Ahora se procederá a la identificación de los riesgos específicos existentes en cada una de las actividades que forman el proceso de ejecución de la obra y que además de los riesgos generales antes citados, solo afectan al personal encargado de cada una de estas actividades.

Transporte de materiales y equipos:

- Sobreesfuerzos y lesiones musculares
- Desprendimiento y caída de la carga
- Riesgo de golpes con materiales transportados o Atropello a personas
- Choque o vuelco entre maquinaria

Montaje de equipos y accesorios:

- Caída de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos.
- Caída de los materiales sobre el personal encargado del montaje.
- Caídas a diferente nivel del personal encargado del montaje.
- Riesgo de descargas eléctricas directas o indirectas.

- Explosiones o incendios.
- Cortes y heridas debidas a la manipulación de herramientas cortantes.
- Quemaduras.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Incendios.

Maquinas fijas, portátiles, herramientas y cuadro eléctrico

- Contacto eléctrico directo o indirecto
- Cortes y erosiones.
- Enganches.
- Golpes o cortes por rebotes violentos de las herramientas. o Quemaduras.
- Ambiente con polvo.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

Andamios, plataformas y escaleras.

- Caídas de personas a distinto nivel
- Vuelcos de andamios por fallos de la base
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción
- Vuelcos o deslizamiento de escaleras
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio

Equipos de soldadura y corte. o Incendios

- Quemaduras
- Explosión de botellas de gases
- Proyecciones incandescentes

8 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN

Se expondrá dos tipos de medidas de prevención y protección ante riesgos laborales dependiendo de si las medidas dependen de la obra en general o si dependen de los operarios encargados de ejecutarla.

8.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN GENERALES

- Se acondicionarán los terrenos destinados a la obra y transito de personal recogiendo escombros o materiales indeseados periódicamente para evitar tropiezos o lesiones de los trabajadores.

- El material eléctrico estará almacenado en lugares sin humedad y será tratado por personal eléctrico cualificado.
- Las herramientas utilizadas estarán protegidas con material aislante para evitar descargas eléctricas.
- Redes: Se colocarán redes a lo largo de todo el tejado, de manera que se impida la caída de personas a distinto nivel.
- Líneas de vida: Se colocarán líneas de vida a las que todos los trabajadores deberán estar unidos en todo momento mientras trabajen sobre la cubierta.



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

Fichas Técnicas

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

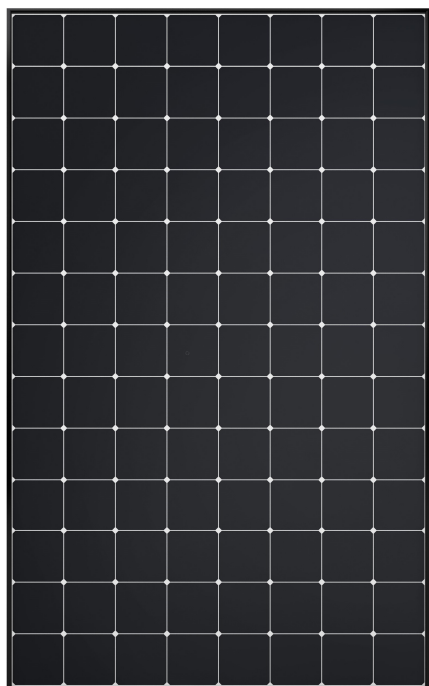
JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Panel Solar Maxeon 3.....	1
2	Inversor Solar Sunny Boy 2.0.....	3
3	Cables PRYSUN H1Z2Z2	7
4	Molino de viento E70	9
5	Interruptor magnetotérmico Dormae.....	11
6	Fusible DF2EN25.....	14



MAXEON 3

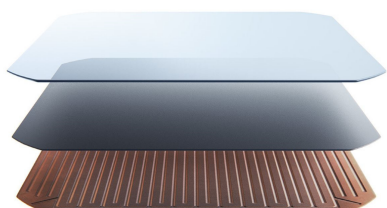
RANGO DE POTENCIA: 390-400 W | EFICIENCIA: hasta un 22,6%

Parte de la línea de productos SunPower Maxeon, que bate récords, el panel solar SunPower Maxeon 3 ofrece a los propietarios de viviendas la mayor eficiencia disponible en el mercado actual, maximizando la producción de energía a largo plazo, así como el potencial de ahorro por espacio disponible.¹

Los paneles SunPower Maxeon, mundialmente conocidos por sus ventajas en cuanto a producción y ahorro de energía, combinan una eficiencia y fiabilidad inigualables con una garantía líder en el sector y una vida útil estimada de 40 años.^{2,3,4}

Tecnología de células solares SunPower Maxeon

- Tecnología de probada eficacia en 3500 millones de células despachadas
- La tecnología solar más eficiente comercializada¹
- La única célula solar con una base de metal sólido, que proporciona protección patentada contra roturas y corrosión



Máximos ahorro y energía a lo largo de su vida útil

El panel solar SunPower Maxeon 3 está diseñado para proporcionar un 35 % más de energía en el mismo espacio durante 25 años en condiciones reales, como periodos de sombra parcial y altas temperaturas.^{5,6,7}

Un mejor producto. Una mejor garantía.

La Garantía de paneles de total confianza de SunPower a 25 años está respaldada por pruebas y datos de campo de más de 30 millones de paneles SunPower Maxeon desplegados, y una tasa demostrada de devolución de paneles en garantía del 0,005 %.⁸



- Potencia mínima garantizada en el año 1 98,0%
- Degradación máxima anual 0,25%
- Potencia mínima garantizada en el año 25 92,0%

Liderazgo en fabricación sostenible

Los paneles SunPower Maxeon, y las instalaciones en las que se fabrican, suben el listón en cuanto a responsabilidad medioambiental y social. A continuación incluimos los aspectos más destacados de las certificaciones y reconocimientos recibidos por algunos de nuestros productos y centros de fabricación.

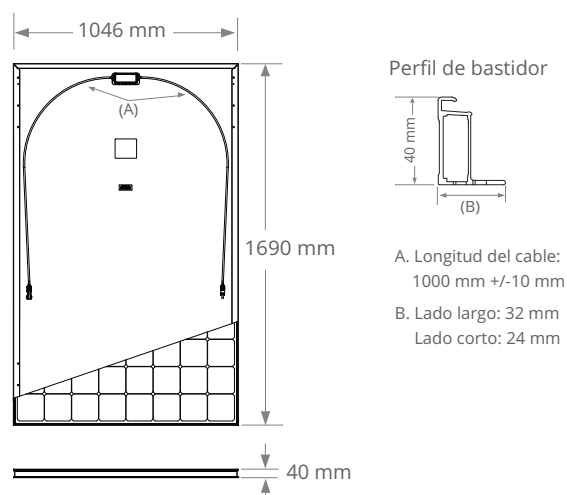


Datos eléctricos			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-395	SPR-MAX3-390
Potencia nominal (P _{nom}) ⁹	400 W	395 W	390 W
Tolerancia de potencia	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Eficiencia de los paneles	22,6%	22,3%	22,1%
Tensión nominal (V _{mpp})	65,8 V	65,1 V	64,5 V
Intensidad nominal (I _{mpp})	6,08 A	6,07 A	6,05 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc}) (+/-3)	75,6 V	75,4 V	75,3 V
Intensidad de cortocircuito (I _{sc}) (+/-3)	6,58 A	6,56 A	6,55 A
Máx. tensión del sistema	1000 V IEC		
Fusible de serie máxima	20 A		
Coef. potencia-temperatura	-0,27% / °C		
Coef. tensión-temperatura	-0,236% mV / °C		
Coef. intensidad-temperatura	0,058% mA / °C		

Condiciones de funcionamiento y datos mecánicos	
Temperatura	-40°C a +85°C
Resistencia a impactos	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Células solares	104 Maxison Gen III monocristalino
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexión	IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodos de derivación
Peso	19 kg
Máx. carga ¹¹	Viento: 2400 Pa, 244 kg/m ² en cara frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m ² en cara frontal
Bastidor	Anodizado negro de clase 1 (máxima calificación AAMA)

Pruebas y certificaciones	
Pruebas estándar ¹⁰	IEC 61215, IEC 61730
Certificados de gestión de calidad	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
Prueba de amoniacó	IEC 62716
Prueba de soplado de arena	MIL-STD-810G
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máxima severidad)
Prueba PID	1000 V: IEC 62804
Normas disponibles	TUV

Pruebas y certificaciones de sostenibilidad	
Etiqueta Declare IFLE	Primer panel solar con etiquetado para la transparencia de ingredientes y el cumplimiento de LBC. ¹²
Cradle to Cradle Certified™ Bronze.	Primera línea de paneles solares con certificado por la salud de los materiales, administración del agua, reutilización de materiales, uso de energía renovable y manejo de carbono y justicia social. ¹³
Contribución a la certificación del Green Building Council	Los paneles pueden aportar puntos adicionales para la obtención de las certificaciones LEED y BREEAM. ¹⁴
Conformidad con EHS	RoHS (pendiente), OHSAS 18001:2007, sin plomo, REACH SVHC-163 (pendiente)



Lea la guía de instalación y seguridad.

1 Según un análisis de las fichas técnicas en los sitios web de los 20 principales fabricantes realizado por IHS en enero de 2020.

2 Jordan et al. Metodología y aplicación sobre la degradación de células fotovoltaicas robustas. PVSC 2018.

3 Dato basado en la revisión de garantías en los sitios web de los 20 principales fabricantes por parte de IHS 2019, realizada en octubre de 2019.

4 Documento técnico de SunPower "Módulos SunPower con una vida útil de 40 años". 2013.

5 El panel SunPower 400 W tiene el 22,6 % de eficiencia en comparación con un panel convencional en matrices del mismo tamaño (PERC monocristalino de 310 W, 19 % de eficiencia, aprox. 1,64 m²)

6 "Estudio de sombras de SunPower" de PV Evolution Labs, 2013. Comparado con un panel de contacto frontal convencional.

7 Datos de los coeficientes de temperatura ofrecidos en las fichas técnicas de los fabricantes en 2020.

8 Los paneles de SunPower tienen menos de 50 piezas defectuosas por millón, o un 0,005 %, en más de 15 millones de paneles vendidos - Fuente: Documento técnico de SunPower, 2019.

9 Condiciones de prueba estándar (irradiancia de 1000 W/m², AM 1,5, 25 °C). Intensidad según SOMS, tensión según LACCS FF.

10 Calificación antiincendios de clase C según IEC 61730.

11 Factor de seguridad 1.5 incluido.

12 Los paneles SunPower Maxison DC fueron los primeros en recibir el sello International Living Future Institute Declare Label en 2016.

13 Los paneles SunPower Maxison DC cuentan con la certificación Cradle to Cradle Certified™ Bronze - www.c2ccertified.org/products/scorecard/e-series_x-series_solar_panels_-sunpower_corporation. Cradle to Cradle Certified™ Bronze. Cradle to Cradle Certified™ es una marca de certificación con licencia del Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

14 Los paneles Maxison pueden contribuir a obtener puntos en las categorías de materiales y recursos LEED y para la certificación BREEAM.

Diseñado en Estados Unidos por SunPower Corporation

Fabricado en Filipinas (células)

Montado en México (módulos)

Las especificaciones incluidas en esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso.

©2020 Maxison Solar Technologies. Todos los derechos reservados. Consulte la información sobre la garantía, patentes y marcas comerciales en maxeon.com/legal.

SUNNY BOY 1.5 / 2.0 / 2.5 con SMA SMART CONNECTED



SB1.5-1VL-40 / SB2.0-1VL-40 / SB2.5-1VL-40



**Servicio inteligente con
SMA Smart Connected**



SMA ShadeFix
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Compacto

- Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 9,2 kg
- Mínima necesidad de espacio gracias a su diseño compacto

Cómodo

- Instalación 100 % plug & play
- Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places
- Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected

De gran rendimiento

- Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica
- Aumento del rendimiento sin trabajo de montaje gracias a la gestión de sombras integrada SMA ShadeFix

Combinable

- Amplio rango de tensión de entrada
- Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento
- Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos

SUNNY BOY 1.5 / 2.0 / 2.5

El nuevo modelo para las plantas fotovoltaicas pequeñas

El Sunny Boy 1.5 / 2.0 / 2.5 es el inversor perfecto para los clientes que tengan plantas fotovoltaicas de pequeño tamaño. Con su amplia zona de tensión de entrada que va de los 80 a los 600 V se puede utilizar en diversas situaciones, lo que le concede una elevada flexibilidad a la hora de elegir los módulos y es, además, muy fácil de instalar gracias a su reducido peso. Después de poner en marcha el Sunny Boy 1.5 / 2.0 / 2.5 de una manera muy cómoda a través de la interfaz de usuario integrada, el equipo puede llevar a cabo una monitorización local mediante su red inalámbrica o bien, en línea con el Sunny Portal o Sunny Places. Con el servicio técnico integrado, SMA Smart Connected ofrece un confort absoluto a los operadores de la planta e instaladores. La monitorización automática de inversores por parte de SMA analiza el funcionamiento, avisa de irregularidades y proporciona unos tiempos de inactividad mínimos.

SMA SMART CONNECTED

Servicio técnico integrado para un confort absoluto

SMA Smart Connected* es la monitorización gratuita del inversor a través de Sunny Portal de SMA. Si se produce un error en un inversor, SMA informa de manera proactiva al operador de la planta y al instalador. Esto ahorrará valiosas horas de trabajo y costes.

Con SMA Smart Connected, el instalador se beneficia del diagnóstico rápido de SMA, lo que le permite solucionar los errores con rapidez y ganarse la simpatía del cliente con atractivas prestaciones adicionales.



ACTIVACIÓN DE SMA SMART CONNECTED

El instalador activa SMA Smart Connected durante el registro de la planta en el Sunny Portal y de este modo se beneficia de la monitorización automática de inversores por parte de SMA.



MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICA DEL INVERSOR

Con SMA Smart Connected, SMA se hace cargo de la monitorización de los inversores. SMA supervisa cada uno de los inversores de forma automática y permanente para detectar anomalías en el funcionamiento. De este modo, los clientes se benefician de la vasta experiencia de SMA.



COMUNICACIÓN PROACTIVA EN CASO DE ERRORES

Tras el diagnóstico y el análisis de un error, SMA informa de inmediato al instalador y al cliente final por correo electrónico. Así todas las partes están perfectamente preparadas para corregir el error. Esto minimiza el tiempo de parada y, en consecuencia, ahorra tiempo y dinero. Gracias a los informes periódicos sobre el rendimiento, se obtienen valiosas conclusiones adicionales acerca del sistema completo.



SERVICIO DE RECAMBIO

En caso de requerirse un equipo de recambio, SMA suministra automáticamente un nuevo inversor en el plazo de 1 a 3 días tras diagnosticarse el error. El instalador puede dirigirse de forma activa al operador de la planta para la sustitución del inversor.

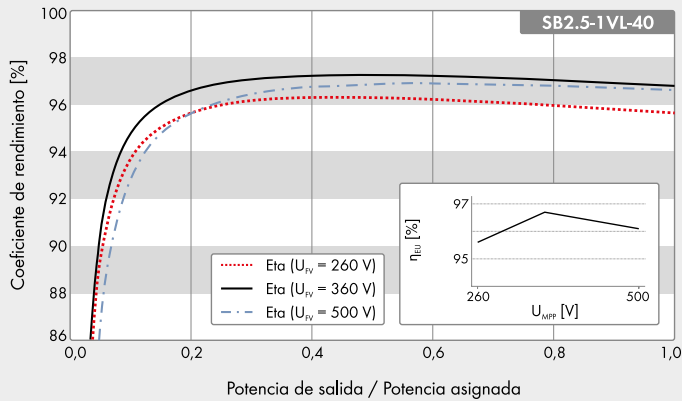


SERVICIO DE REEMBOLSO

El operador de la planta puede exigir un pago compensatorio de parte de SMA si el inversor de recambio no se entrega dentro del plazo de 3 días.

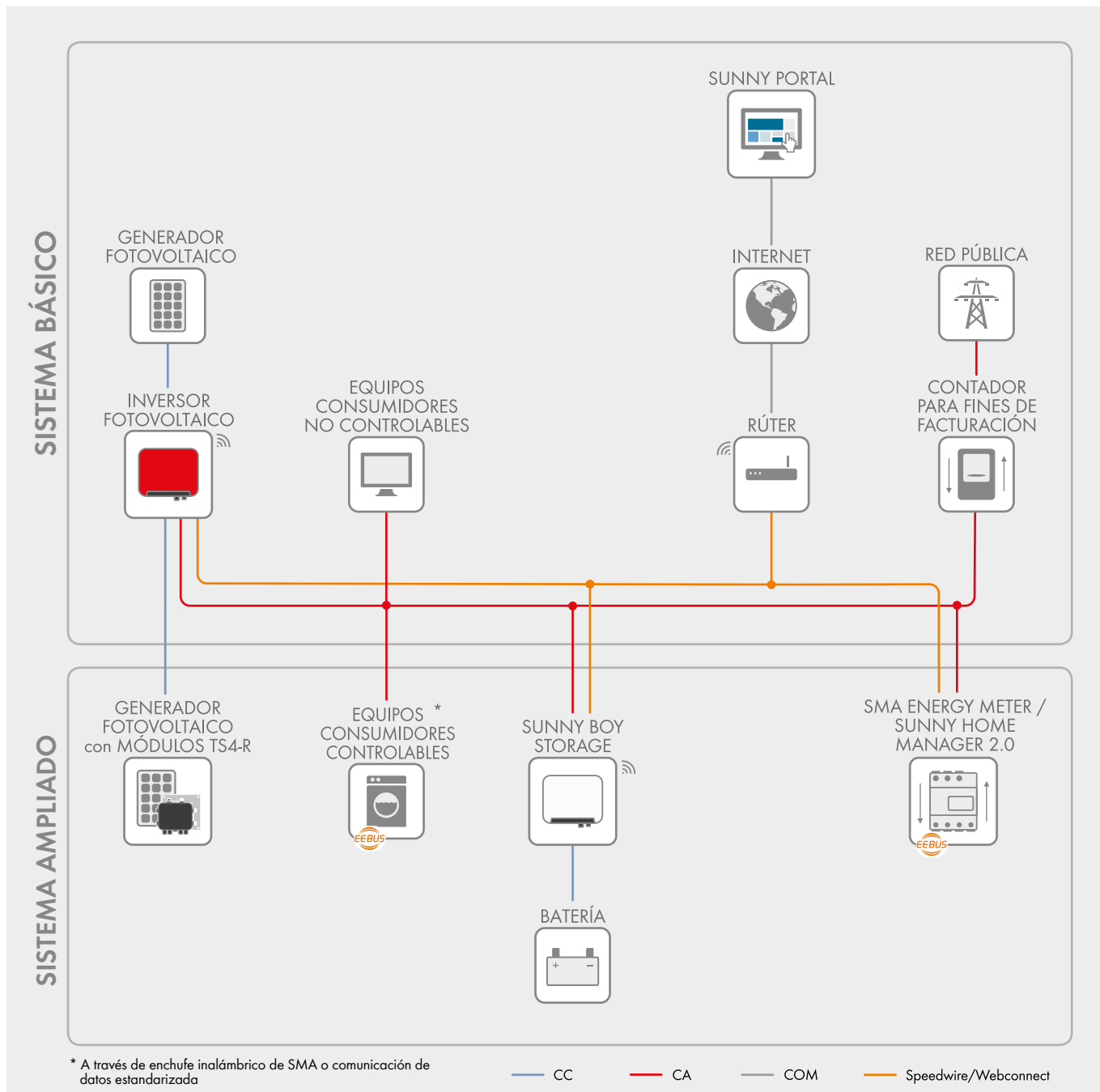
* Para más detalles, véase el documento "Descripción de los servicios: SMA SMART CONNECTED"

Curva de rendimiento



● De serie ○ Opcional – No disponible
 Datos en condiciones nominales
 Versión de 11/2019

Datos técnicos	Sunny Boy 1.5	Sunny Boy 2.0	Sunny Boy 2.5
Entrada (CC)			
Potencia máx. del generador fotovoltaico	3000 Wp	4000 Wp	5000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V	600 V	600 V
Rango de tensión del MPP	160 V a 500 V	210 V a 500 V	260 V a 500 V
Tensión asignada de entrada		360 V	
Tensión de entrada mín. / de inicio		50 V / 80 V	
Corriente máx. de entrada por string		10 A	
Corriente de cortocircuito máx. por string		18 A	
Número de entradas de MPP independientes / strings por entrada de MPP		1 / 1	
Salida (CA)			
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	1500 W	2000 W	2500 W
Potencia máx. aparente de CA	1500 VA	2000 VA	2500 VA
Tensión nominal de CA		220 V / 230 V / 240 V	
Rango de tensión nominal de CA		180 V a 280 V	
Frecuencia de red de CA/Rango		50 Hz, 60 Hz / -5 Hz a +5 Hz	
Frecuencia / tensión asignadas de red		50 Hz / 230 V	
Corriente máx. de salida	7 A	9 A	11 A
Factor de potencia a potencia asignada		1	
Factor de desfase ajustable		0,8 inductivo a 0,8 capacitivo	
Fases de inyección / fases de conexión		1 / 1	
Rendimiento			
Rendimiento máx. / europeo	97,2 % / 96,1 %	97,2 % / 96,4 %	97,2 % / 96,7 %
Dispositivos de protección			
Punto de desconexión en el lado de CC		●	
Monitorización de toma a tierra / de red		● / ●	
Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica		● / ● / –	
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal		●	
Clase de protección (según IEC 61140) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)		I/III	
Protección contra corriente inversa		No es necesario.	
Datos generales			
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	460 / 357 / 122 mm (18,1 / 14,1 / 4,8 in)		
Peso		9,2 kg (20,3 lb)	
Rango de temperatura de funcionamiento		-40 °C a +60 °C (-40 °F a +140 °F)	
Emisión sonora, típica		< 25 dB	
Autoconsumo (nocturno)		2,0 W	
Topología		Sin transformador	
Sistema de refrigeración		Convección	
Tipo de protección (según IEC 60529)		IP65	
Clase climática (según IEC 60721-3-4)		4K4H	
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)		100 %	
Equipamiento			
Conexión de CC/CA		SUNCLIX / conector de enchufe	
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil		●	
Interfaces: WLAN / ethernet		● / ●	
Protocolos de comunicación		Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect	
Gestión de sombras integrada SMA ShadeFix		●	
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 años		● / ○ / ○ / ○	
Certificados y autorizaciones (otros a petición)		AS4777, C10/11, CE, CEI0-21, DIN EN 62109-1/IEC 62109-1, DIN EN 62109-2/IEC 62109-2, EN50438, G83/2, IEC61727, IEC62116, NBR16149, NEN-EN50438, NRS097-2-1, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, VFR2014, RFG compliant	
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países		AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK	
Modelo comercial	SB1.5-1VL-40	SB2.0-1VL-40	SB2.5-1VL-40



Funciones del SISTEMA BÁSICO

- Puesta en marcha sencilla gracias a la interfaz WLAN y Speedwire integrada
- Transparencia máxima gracias a la visualización en Sunny Portal/Sunny Places
- Seguridad de la inversión por medio de SMA Smart Connected
- Modbus como interfaz de tercero

Funciones del SISTEMA AMPLIADO

- Funciones del sistema básico
- Reducción del consumo de la red y aumento del autoconsumo mediante el aprovechamiento de la energía fotovoltaica almacenada provisionalmente
- Máximo aprovechamiento de la energía con una carga basada en la previsión
- Autoconsumo ampliado gracias a una gestión de la carga inteligente
- Rendimiento máximo de la planta gracias a la tecnología de módulos inteligentes

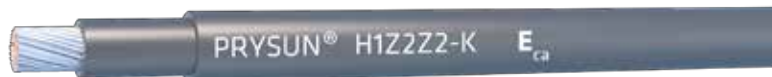
Con SMA Energy Meter

- Rendimiento máximo de la planta gracias a la limitación dinámica de la inyección a red entre el 0 % y el 100 %
- Visualización de los consumos energéticos

PRYSUN H1Z2Z2-K



Tensión asignada: 1/1 kV (1,8/1,8 kVdc máx.)
 Norma de referencia: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS



NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA
 EN 60332-1-2
 IEC 60332-1-2
 NFC 32070-C2



LIBRE DE HALÓGENOS
 HALOGEN FREE
 IEC 62821-1 Anexo B
 EN 50525-1 Anexo B



BAJA OPACIDAD DE HUMOS
 EN 61034-2
 IEC 61034-2



DESCÁRGATE
 la DoP (Declaración de Prestaciones) en este código QR.
www.prysmianclub.es/cprblog/DoP



RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DEL AGUA



RESISTENCIA AL FRÍO



CABLE FLEXIBLE



RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA



RESISTENCIA A LOS GOLPES



ENSAYOS ADICIONALES CABLE FV PRYSUN

Vida estimada	25 años
Certificación	Bureau Veritas LCIE
Servicios móviles	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI
Tª máxima de conductor	90°C (120°C 20 000 h)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 para IEC 60811-403 ; EN 50618 Tab.2 para EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 Anexo B y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C (N-Oxalic acid, N-Sodium hydroxide) para IEC 60811-404; EN 60811-404
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 para IEC 60811-503; EN 50618 Tab 2 para EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y EN 50618 Tab.2 1000h a 90°C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN- 60068-2-78
Resistencia de aislamiento a largo plazo	IEC 62821-2 ; EN 50395-9 (240h/85°C water/1,8kV DC)
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40°C según IEC 62930 Tab.2 para IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 para EN 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C para IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C para EN 60811-506
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (120 °C 20 000 h).
- Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
- Tensión continua máxima: 1,8 kV.
- Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
- Tensión alterna máxima: 1,2 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
- Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado): 4D (D = diámetro exterior del cable máximo).

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

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

Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

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

PRYSUN

H1Z2Z2-K

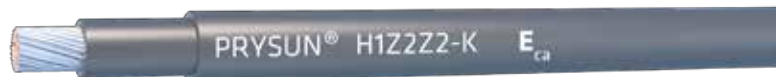


L C I E



ECOLÓGICO

Tensión asignada: 1/1 kV (1,8/1,8 kVdc máx.)
 Norma de referencia: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR

Metal: cobre estañado.

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

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C (120 °C por 20 000 h)

Compuesto reticulado libre de halógenos: 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Compuesto reticulado según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

CUBIERTA

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

Colores: negro, rojo o azul.

APLICACIONES

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

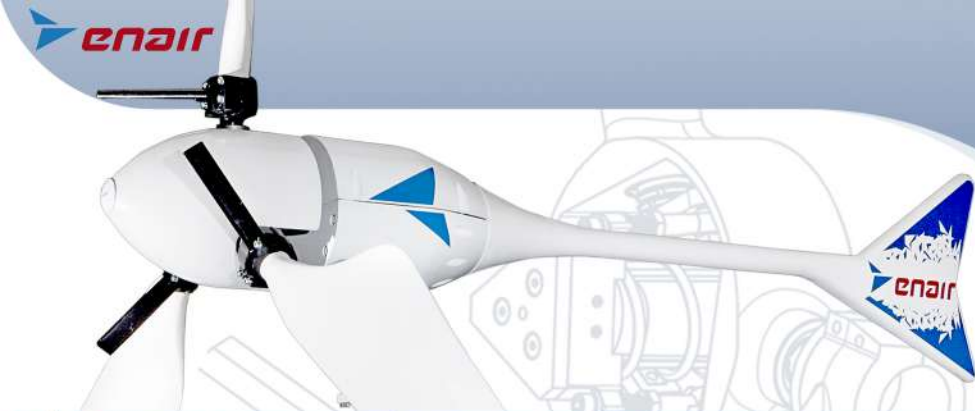
DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO MÁXIMO DEL CONDUCTOR mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MÁXIMO) mm	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE: T AMBIENTE 60 °C y T CONDUCTOR 120 °C (3)	CAIDA DE TENSIÓN V/(A·km) (2)
1 x 1,5	1,8	4,5	31	13,3	24	30	30,48
1 x 2,5	2,4	5	43	7,98	34	41	18,31
1 x 4	3	6,6	61	4,95	46	55	11,45
1 x 6	3,9	7,4	80	3,30	59	70	7,75
1 x 10	5,1	8,8	124	1,91	82	98	4,60
1 x 16	6,3	10,1	186	1,21	110	132	2,89
1 x 25	7,8	12,5	286	0,780	140	176	1,83
1 x 35	9,2	11,3	374	0,554	182	218	1,32
1 x 50	11	12,8	508	0,386	220	276	0,98
1 x 70	13,1	15,6	709	0,272	282	347	0,68
1 x 95	15,1	16,4	900	0,206	343	416	0,48
1 x 120	17	18,6	1153	0,161	397	488	0,39
1 x 150	19	20,4	1452	0,129	458	566	0,31
1 x 185	21	22,4	1713	0,106	523	644	0,25
1 x 240	24	24,0	2245	0,0801	617	775	0,20

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.
 → XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).
 Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.
 Valor que puede soportar el cable, 20000 h a lo largo de su vida estimada (25 años).



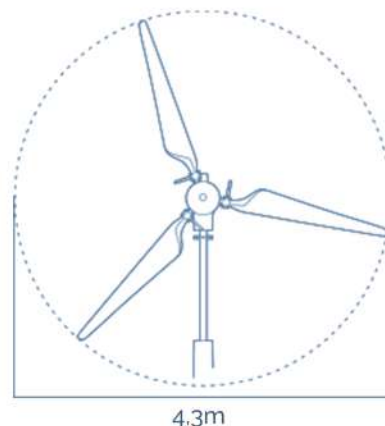
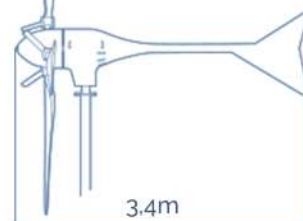
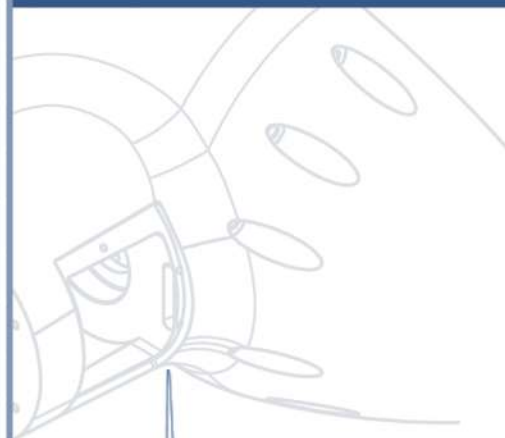
E70PRO

FICHA TÉCNICA

Con una velocidad de viento medio situado en la nominal de 11m/s el modelo Enair 70PRO es capaz de generar más de 70kWh/día

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, ELÉCTRICAS Y DE FUNCIONAMIENTO

Numero de palas	3
Material de palas	Fibra de vidrio con resinas y núcleo de poliuretano
Generador	250rpm nominales imanes de neodimio
Potencia	5500W
Potencia Nominal	4000W (según IEC 61400-2)
Tensión	24/48/220V
Clase de viento	CLASS I-IEC 61400-2/NVNI-A
Diámetro	4.30m
Sentido de Giro	Horario
Área de barrido	14,5m ²
Peso	165kg
Aplicaciones	Carga de baterías 24 o 48V y conexión a red
Viento de arranque	2m/s
Velocidad nominal	11m/s
Vel. regulación paso variable	12m/s
Velocidad de supervivencia	60m/s
Rango de generación eficiente	De 2 a 60m/s
Tipo	Rotor de eje horizontal a barlovento
Orientación	Sistema pasivo con timón de orientación
Control de potencia	Sistema de paso variable pasivo centrífugo con dos vel.
Transmisión	Directa
Freno	- Electromagnético por cortocircuito - Mecánico (opcional) - Aerodinámico mediante paso variable - Manual o automático por viento o por tensión de baterías
Controlador	Carga de baterías y conexión a red
Inversor eólico	Eficiencia 97%, algoritmo MPPT
Ruido	48dB Reducción al mínimo gracias al diseño de las palas y a las bajas revoluciones. 1% más que el ruido ambiente del viento
Protección anti-corrosión	Hermético, pintura epoxi de secado al horno de alta temperatura, generando un recubrimiento plástico
Torre	Celosía, presilla y tubular, abatibles o fijas, altura variable



E30PRO Wind Turbine

FICHA TÉCNICA

PASO VARIABLE PASIVO

Tecnología patentada para maximizar la producción de energía. Es un sistema mecánico que gracias a la fuerza centrífuga, modifica el ángulo de las palas y nunca se sobrepasan sus rpm de diseño.



Obteniendo:

- Menos ruido
- Más capacidad de absorber rachas de viento
- Más constancia en la generación
- Más energía con menos viento

CONTROL ELECTRÓNICO

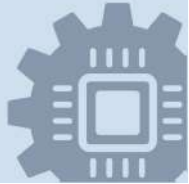
Sistema de gestión de la energía inteligente

Conexión de baterías:

7 tipos de baterías programables (litio, plomo, gel, etc.)
Cargador con pulsos de derivación a resistencias en caso de sobrecarga. Solo deriva el exceso que no puede cargar para proteger las baterías

Conexión a red:

Los inversores MPPT programados con la curva de potencia eólica maximizan la producción en todo momento. Compatibles con redes trifásicas y monofásicas en sistemas europeos y americanos



MAYOR ENERGÍA



MAYOR EFICIENCIA



MAYOR ROBUSTEZ



MAYOR SEGURIDAD

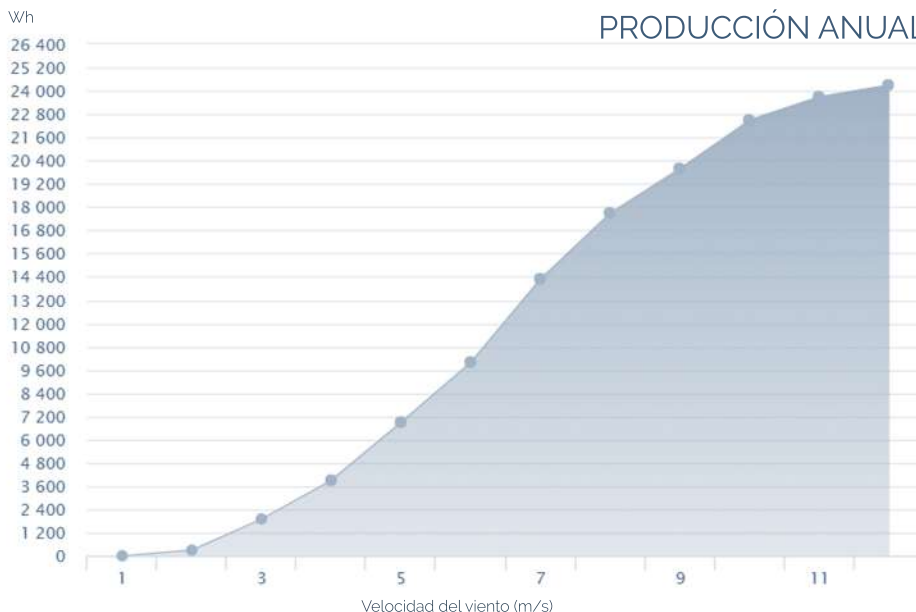
CLASS I WIND TURBINE

IEC 61400-2/NVI-A

CURVA DE POTENCIA



PRODUCCIÓN ANUAL



Minimo ruido

El ruido esta en torno a un 1% por encima del ruido ambiente siendo prácticamente inapreciable para nuestro oido.



Safety-Brake

Nuevo sistema de seguridad mecánica acoplada al eje que garantiza el frenado bajo las condiciones mas adversas, para vientos incluso mayores de 70m/s



Anticorrosivo

El uso de pintura epoxy lo convierte en un conjunto anticorrosivo y antisalino ideal para islas y costas



Anti-Icing and Hermetic

Uretano acrílico de resina estructural con una composición química antiadherente al hielo y de máxima resistencia para temperaturas de hasta -50°C. Sellado hermético



Storm-detection

Algoritmo inteligente de detección de tormentas y bloqueo de seguridad del aerogenerador totalmente automático combinado con el Safety-Brake



Remote-Control

Control combinado con el Venus de Victron que permite la marcha/paro del aerogenerador de forma remota



BBS (Battery Brake System)

Sistema inteligente que mide el nivel de carga de la batería y permite detener el aerogenerador cuando la batería llega a la tensión de consigna retomando la marcha cuando baja su carga

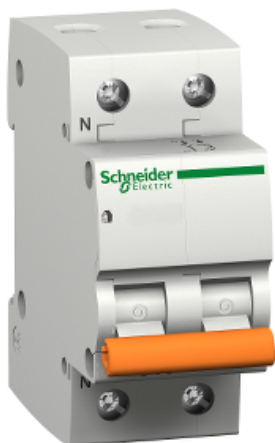


Hoja de características del producto

Características

12517

Domae - Interruptor Magnetotérmico de 2P 20A C 230V 6000A



Principal

Gama	Domae ((*))
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	Domae MCB
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	20 A
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	Icn 6000 A

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	230 V AC 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 kA 100 % Icn acorde a EN/IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Disparo de avería
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN

Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	YES
Pasos de 9 mm	4
Altura	81 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,19 kg
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Conexiones - terminales	Tunnel type terminals (top or bottom) - 1...25 mm ² - rigid Tunnel type terminals (top or bottom) - 1...16 mm ² - flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm for top or bottom connection
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envolvente modular) acorde a IEC 60529
Categoría de sobretensión	III
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...70 °C

Packing Units

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,211 kg
Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,360 dm
Paquete 1 Longitud	0,850 dm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,196 kg
Paquete 2 Altura	9 cm
Ancho del paquete 2	9 cm
Longitud del paquete 2	22 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	72
Paquete 3 Peso	14,839 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí

Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

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

Garantía contractual

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

Hoja de características del producto

Características

DF2EN25

Fusibles de cartucho NFC, Tesys GS, cilíndrico
14 mm x 51 mm, fusible tipo gG, 500 VCA, 25 A,
sin percutor



Principal

Gama de producto	Seccionador-fusible Tesys
Tipo de producto o componente	Cartucho fusible
Nombre corto del dispositivo	DF2
[Ue] Tensión nominal de empleo	500 V C.A.
[In] Corriente nominal	25 A 500 V
Tamaño de fusible	14 x 51 mm
Tipo de fusible	NFC
Cantidad por juego	Juego de 10

Complementario

Curva del fusible	GG
Peso del producto	0,02 kg

Packing Units

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	19 g
Paquete 1 Altura	1,5 cm
Paquete 1 ancho	7,5 cm
Paquete 1 Longitud	10,5 cm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	10
Peso del paquete 2	198 g
Paquete 2 Altura	1,5 cm
Ancho del paquete 2	7,5 cm

Longitud del paquete 2	10,5 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S01
Número de unidades en el paquete 3	140
Paquete 3 Peso	2,975 kg
Paquete 3 Altura	15 cm
Ancho del paquete 3	15 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Sin PVC	Sí

Información Logística

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

Garantía contractual

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



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

Planos

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Plano de ubicación	1
2	Plano detalle de la ubicación.....	2
3	Zona de instalación de los paneles.....	3
4	Instalación	4
5	Plano eléctrico.....	6
6	Esquema unifilar.....	7
6.1	Leyenda del esquema unifilar	8



Municipio Tacoronte
38043 Sta. Cruz de Tenerife

Latitud 28° 30' 59,75" N
Longitud 28° 30' 59,75" N

CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL			
Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: junio 2021	ESCALA: 1:15000000		Nº PLANO: 1.0
Plano de ubicación			



CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL

Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo

Id. s. normas:

UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica

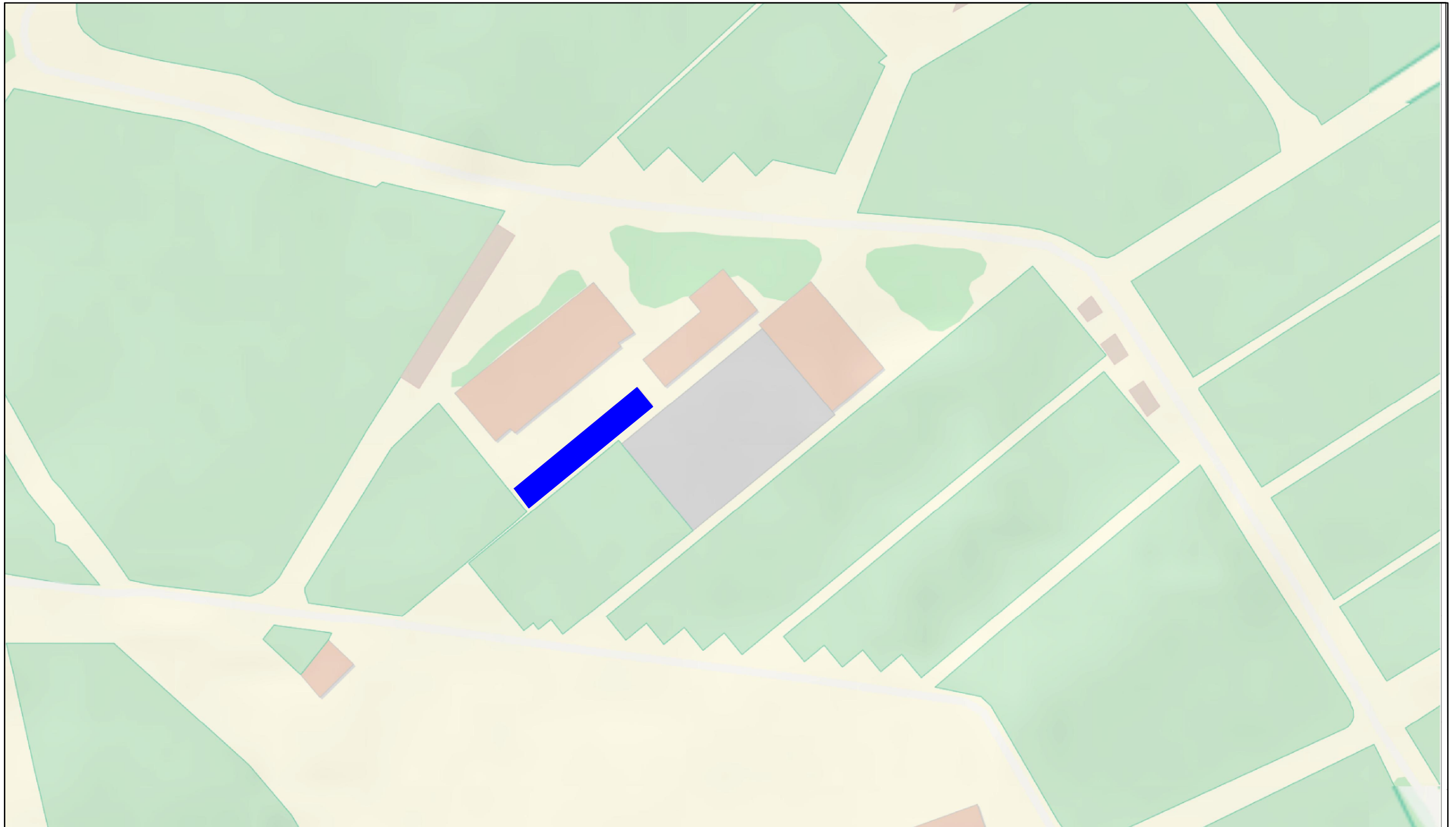
Universidad de La Laguna

Comprobado: junio 2021

ESCALA:
1:414

Plano detalle de ubicación

Nº PLANO:
2.0



LEYENDA



Zona de instalación de los paneles fotovoltaicos

CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL

Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo

Id. s. normas:
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica

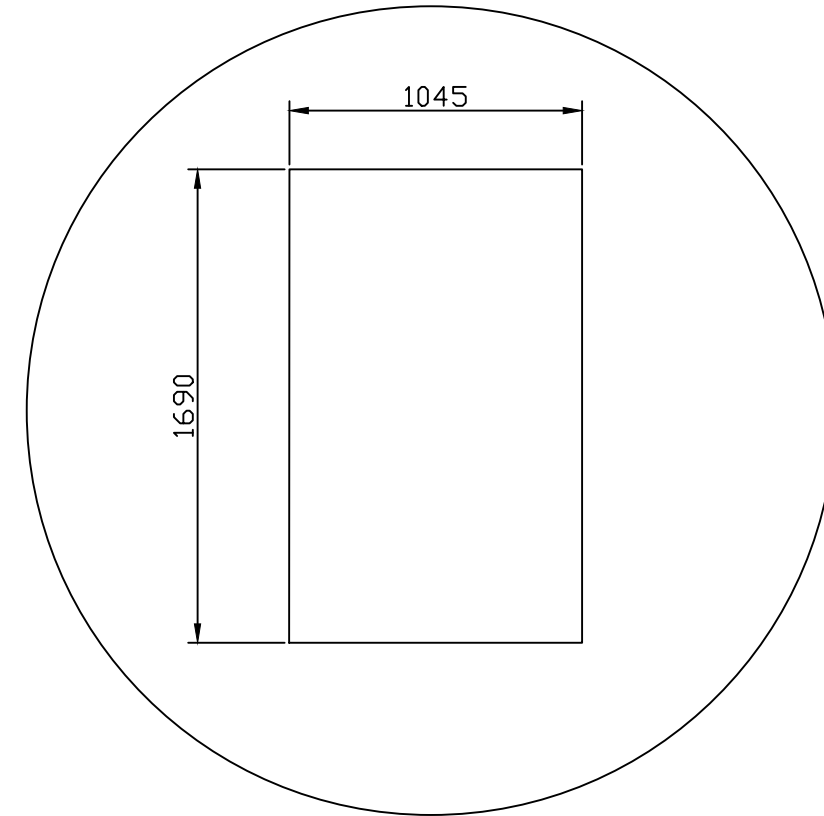
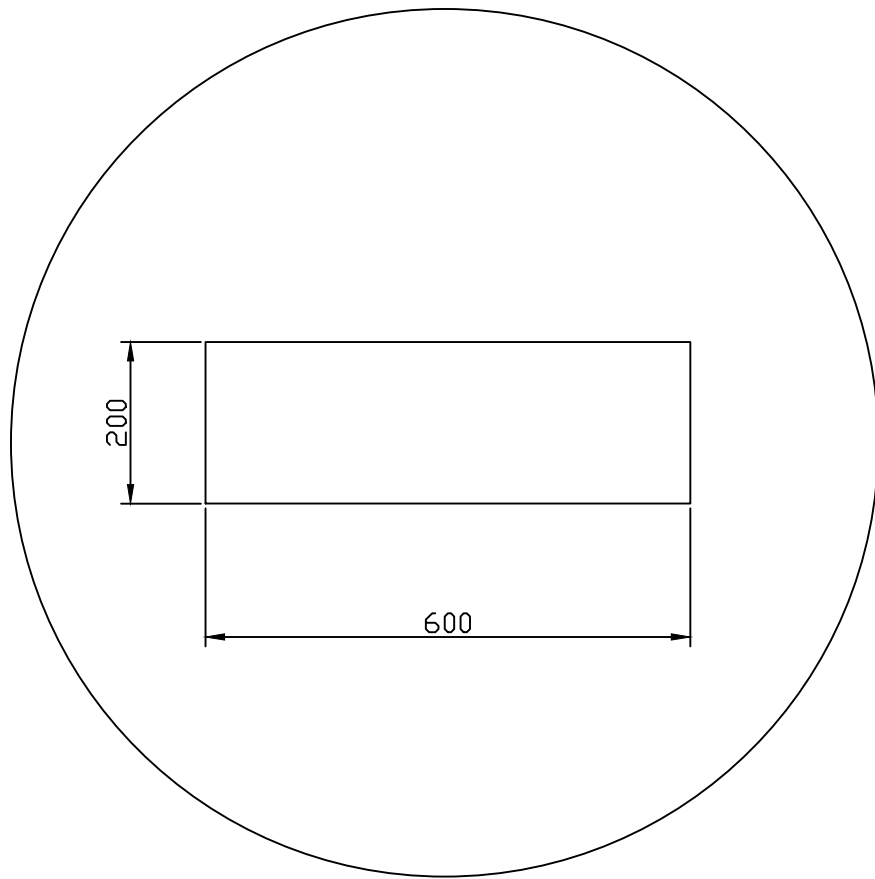
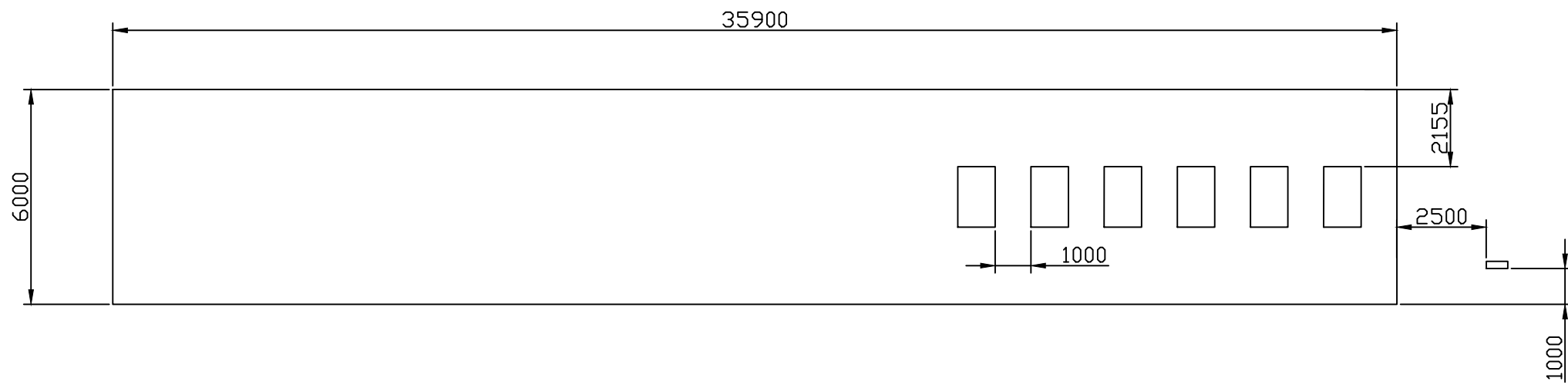
Universidad de La Laguna


Comprobado: junio 2021

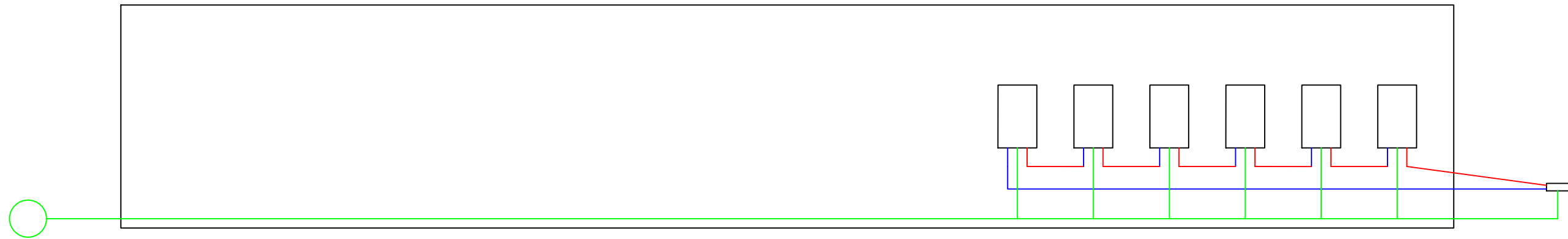
ESCALA:

Zona de instalación de los paneles

Nº PLANO:
3.0

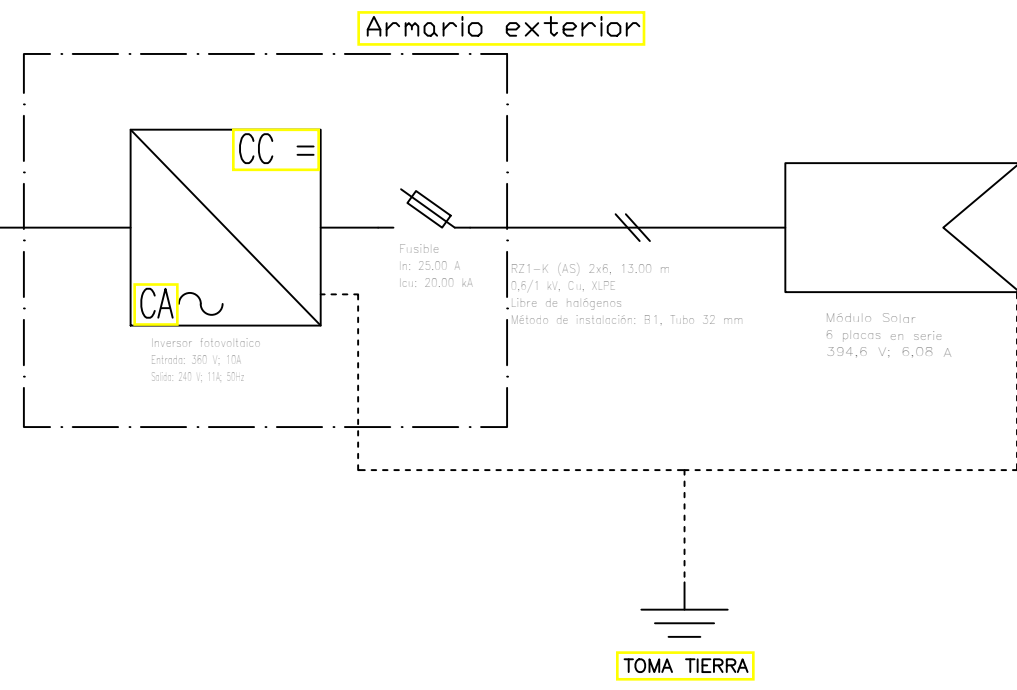
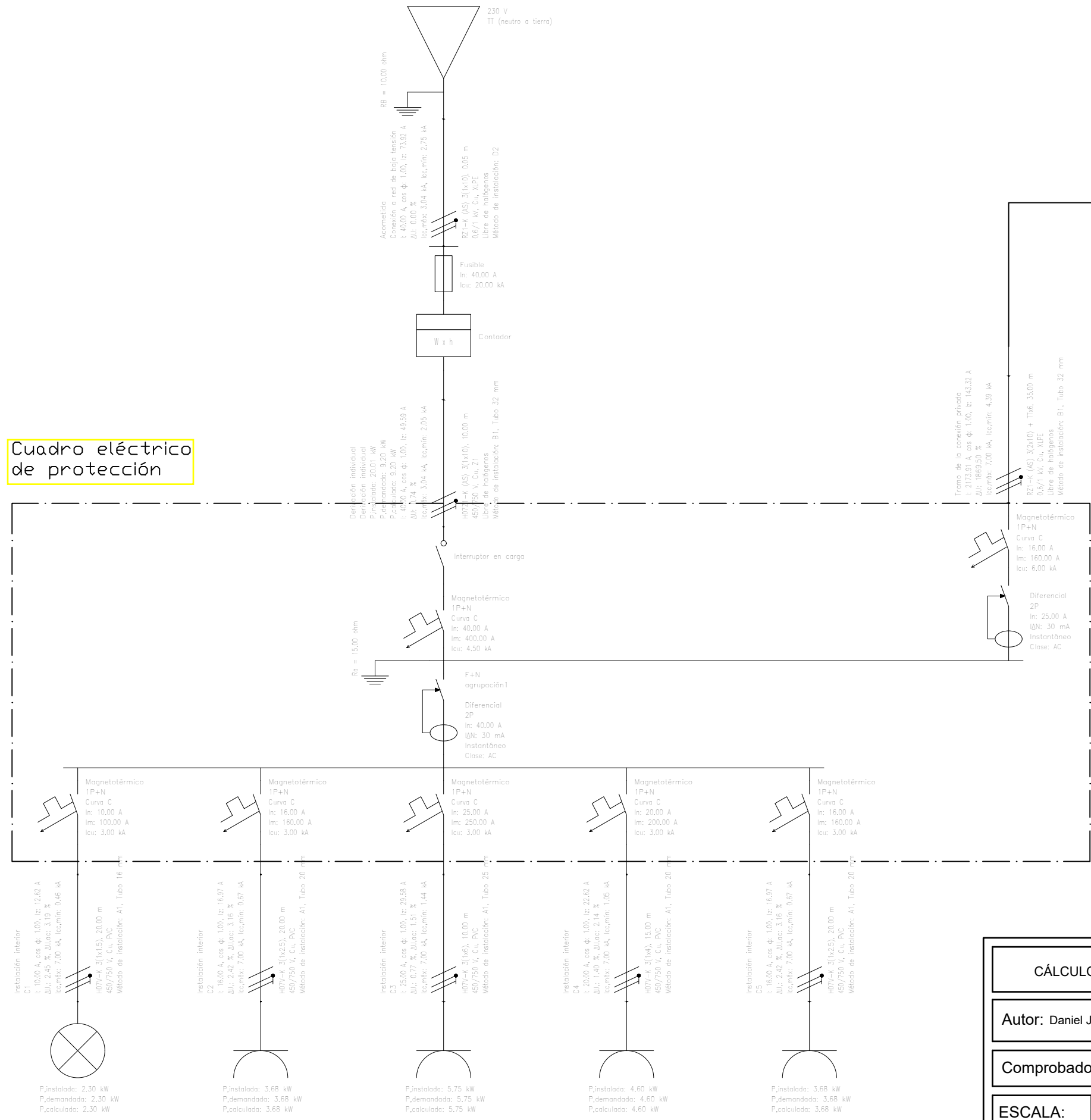


CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL			
Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <u>Grado Ingeniería Mecánica</u> <u>Universidad de La Laguna</u>
Comprobado: mes y año	ESCALA: Sin escala		Nº PLANO: 4.0
Instalación			



CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL			
Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: junio 2021	ESCALA: Sin escala		Nº PLANO: 5.0
Plano eléctrico			

Cuadro eléctrico de protección



CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL

Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo

Comprobado: junio 2021

Id. s. normas: UNE-EN-DIN

Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Grado Ingeniería Mecánica

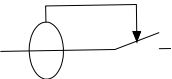
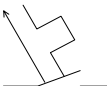



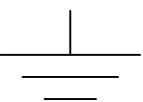


Universidad de La Laguna

ESCALA: Sin escala

Esquema unifilar

Nº PLANO: 6.0

LEYENDA

	CIRCUITO DE FUERZA
	CIRCUITO DE LUMINARIA
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL
	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO
	INVERSOR FOTOVOLTAICO
	FUSIBLE
	CONTADOR BIDIRECCIONAL
	CONEXIÓN A RED
	TOMA A TIERRA
	MÓDULO FOTOVOLTAICO (COMPUESTO DE 6 PLACAS EN SERIE)
	INTERRUPTOR EN CARGA
	CORRIENTE ALTERNA - CORRIENTE CONTINUA

CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN UNA FINCA RURAL

Autor: Daniel Jesús Rodríguez Trujillo

Id. s. normas:
UNE-EN-DIN



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica

Universidad de La Laguna

ESCALA:
Sin escala

Legenda Esquema unifilar

Nº PLANO:
6.1



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

PLIEGO DE CONDICIONES

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	OBJETO	1
2	DOCUMENTOS QUE DEFINEN UN PROYECTO	1
3	NORMATIVA	1
4	CONDICIONES GENERALES	2
5	CONDICIONES PARTICULARES	3
5.1	CONDICIONES LEGALES	3
5.2	CONDICIONES FACULTATIVAS	4
5.3	CONDICIONES DEL CONTRATISTA	5
5.4	CONDICIONES ECONÓMICAS	10
6	CONDICIONES TÉCNICAS	11
6.1	SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS	11
6.1.1	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	11
6.1.2	INVERSOR	12
6.1.3	CABLEADO	13
6.1.4	ARMARIOS DE PROTECCIÓN	13
6.1.5	PROTECCIONES	13
6.1.6	PUESTA A TIERRA	13
7	NORMAS GENERALES DE MONTAJE	14
8	RECEPCIÓN Y PRUEBAS	14

1 OBJETO

El objeto de este pliego es la ordenación de las condiciones técnicas que han de regir en la ejecución, desarrollo, control y recepción de este proyecto de instalación solar fotovoltaica a conectada a red. El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas ocupa a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

En todo caso es de aplicación toda normativa vigente que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas.

2 DOCUMENTOS QUE DEFINEN UN PROYECTO

Los documentos contractuales que definen los proyectos y que proyectista entregará al contratista, son los Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Memoria.

Cualquier cambio en el planteamiento del proyecto que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento del proyectista o técnico competente para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los Planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

3 NORMATIVA

En todo caso serán de aplicación todas las normativas que afecten tanto a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:

- a) Ley 54 /1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- b) Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- c) Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- d) 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.

- e) Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).
- f) Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- g) Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- h) Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- i) Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- j) Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- k) Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- l) Real Decreto-ley 24/2013, de 26 de diciembre, por el que se establece la regulación del sector eléctrico.
- m) Real Decreto-ley 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos

4 CONDICIONES GENERALES

Integran en el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- a) Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiere.
- b) El presente Pliego General de Condiciones
- c) El resto de la documentación del Proyecto (memoria, planos, mediciones presupuesto)
- d) Serán de aplicación las normas indicadas en el capítulo correspondiente de Memoria, y cuantas normas sean de aplicación, de acuerdo con la naturaleza del presente proyecto.

Las ordenes e instrucciones de la Dirección facultativa del proyecto se incorporan al este como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

En lo referente a permisos y licencias, el peticionario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución del proyecto y abonará todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos.

Concerniente a los plazos, el suministrador garantizará la instalación durante un periodo mínimo de tres años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de diez años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

5 CONDICIONES PARTICULARES

5.1 CONDICIONES LEGALES

- Leyes laborales de accidentes de trabajo:

El contratista viene obligado a cumplir rigurosamente todas las legislaciones vigentes, o que puedan dictarse en el curso de los trabajos.

Igualmente, está obligado a tener a todo el personal a sus órdenes debidamente asegurado contra accidentes de trabajo, debiendo así probarlo si a ello fuera invitado por la Dirección Técnica o la Propiedad.

- Mano de obra:

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

- Daños en propiedades vecinas:

Si con motivo de las obras el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que repararla por su cuenta. Asimismo, adoptará las medidas que sean necesarias para evitar la caída de materiales o herramientas que puedan ser motivo de accidentes.

- Rescisión del contrato:

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- a) Muerte o incapacitación del Contratista.
- b) Quiebra del Contratista.
- c) Alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. Modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director del proyecto, y siempre que la variación del presupuesto sea de 25% como mínimo de su importe.
 - b. Variaciones en las unidades de obra en 40%
 - c. Suspensión del proyecto comenzado.
 - d. No dar comienzo la Contrata a los trabajos en el plazo señalado.
 - e. Incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de los intereses del proyecto.
 - f. Abandono del proyecto sin causa justificada.
- Formalizaciones del contrato:

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

5.2 CONDICIONES FACULTATIVAS

La junta rectora de la Propiedad designará al Ingeniero Técnico Director del proyecto (representante de la propiedad frente al Contratista) en quien recaerán las siguientes funciones:

- a) Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico del proyecto.
- b) Redactar, cuando se requiera expresamente por el constructor, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización del proyecto y aprobar el Plan de seguridad e higiene para la aplicación de este.
- c) Efectuar el replanteo del proyecto y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor
- d) Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.

- e) Asistir al lugar del emplazamiento del proyecto, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- f) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades del proyecto según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole en su caso, las órdenes oportunas.
- g) Realizar las mediciones del proyecto ejecutado, realizar y aprobar las certificaciones parciales, realizar y aprobar la certificación final del proyecto, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- h) Suscribir el certificado final del proyecto.

Variaciones y planos de detalle:

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

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

Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso en la ejecución del proyecto:

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos estipulados, alegando como causa la carencia de planos u ordenes de la Dirección

5.3 CONDICIONES DEL CONTRATISTA

El Constructor o Contratista habrá de proporcionar toda clase de facilidades al Director del proyecto, o a sus subalternos a fin de que estos puedan desempeñar su trabajo con el máximo de eficacia. Específicamente corresponde al Constructor:

- a) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes del proyecto que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares del proyecto.

- b) Elaborar el Plan de Seguridad e Higiene acorde con lo dispuesto en Estudio Básico de Seguridad y Salud contemplado en este proyecto, antes del inicio del proyecto y presentarlo al Coordinador de Seguridad y Salud del proyecto.
- c) Suscribir con el Director del proyecto el acta de replanteo del proyecto.
- d) Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en el proyecto y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- e) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en el proyecto y rechazando, por iniciativa propia o prescripción del Director del proyecto, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- f) Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento del proyecto, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- g) Facilitar al Director del proyecto con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- h) Preparar las certificaciones parciales del proyecto y la propuesta de liquidación final.
- i) Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- j) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la ejecución del proyecto.
- k) Estar al día en sus obligaciones tributarias, así como con la Seguridad Social en el momento de inicio de ejecución del proyecto.

El contratista tiene responsabilidad de la calidad y buena ejecución del proyecto.

También será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudieran costarle, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo a su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director del proyecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos del emplazamiento.

Así mismo será responsable ante los tribunales de los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran en el curso del proyecto, debiendo atenerse en todo a las normas de prudencia, así como a las disposiciones y Reglamentos de Policía de la materia.

El contratista con carácter general viene obligado a ejecutar esmeradamente todas las partes del proyecto que se le confían, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato, al igual que cuantas ordenes se le den verbalmente o por escrito por el Técnico Director del proyecto.

Verificación de los documentos del proyecto:

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

Plan de seguridad e higiene:

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

Oficina en la obra:

El Contratista habilitará en el lugar de emplazamiento del proyecto, o en una zona indicada para ello, una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. Dicha oficina deberá de estar siempre a disposición del Director del proyecto de la Dirección Facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

- a) En esta Oficina, se guarda y se gestiona la siguiente documentación:
- b) El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero proyectista o Director del proyecto.
- c) La Licencia de Obras o del proyecto.
- d) El Libro de Ordenes y Asistencias.
- e) El Plan de Seguridad e Higiene.
- f) El Libro de incidencias.
- g) El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- h) La documentación de los seguros mencionada según el punto 10 relativo a las funciones del Contratista.

Responsabilidad del constructor o contratista en el bajo rendimiento de los obreros:

Si de los partes mensuales del proyecto ejecutado que preceptivamente debe presentar el Constructor al Director del proyecto, este advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor, con el fin de que este haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Director del proyecto.

Si hecha esta notificación al Constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe de quince por ciento (15%) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deban efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

Limpieza de las obras:

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

Representación del contratista:

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo del proyecto, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena, y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata. Serán sus funciones las del Constructor según se especifica el principio de este apartado. El Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Director del proyecto para ordenar la paralización del proyecto, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Trabajos no estipulados expresamente:

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto del proyecto, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos

del Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director del proyecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 o del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las ordenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando este obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las ordenes, avisos o instrucciones que reciba del Director del proyecto.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

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

Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa:

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las ordenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, solo podrá presentarlas, a través del Director del proyecto, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Técnico Director del proyecto, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director del proyecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Recusación por el contratista del personal nombrado por el director del proyecto:

El Constructor no podrá recusar al Director del proyecto o personal encargado por éstos de la vigilancia de la ejecución proyecto, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el asunto “Reclamaciones contra las ordenes de la dirección facultativa”, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Faltas del personal:

El Director del proyecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista que aparte del proyecto a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares, y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general del proyecto.

5.4 CONDICIONES ECONÓMICAS

La garantía, cuyo ámbito de aplicación se muestra a continuación, incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

El ámbito general de la garantía es el siguiente, constando de dos puntos principales:

- a) Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.
- b) La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.
- c) Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.
- d) Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación
- e) Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no

cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

6 CONDICIONES TÉCNICAS

6.1 SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS

6.1.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

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

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.

En caso de variaciones respecto de esas características, estas deberán ser aprobadas por la dirección facultativa. Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP54.

Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 5\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante. Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células. La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, el inversor contará los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

6.1.2 INVERSOR

El inversor que se instalará en este proyecto es el Sunny Boy 2.0. La ficha técnica correspondiente se podrá encontrar en el anexo correspondiente a fichas técnicas de los equipos.

El inversor utilizado deberá ser capaz de extraer en todo momento la máxima potencia por modo de un seguidor de máxima potencia.

El inversor utilizado deberá satisfacer la norma UNE-EN 62093 para los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales. Además, también deberá satisfacer la norma UNE-EN 61683 para sistemas fotovoltaicos, acondicionadores de potencia, procedimiento para la medida del rendimiento.

El inversor cumplirá con las directivas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética, incorporando protecciones:

- a) Cortocircuitos en alterna.
- b) Tensión de red fuera de rango.
- c) Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- d) Perturbaciones presentes en la red.

Cada inversor tendrá el control manual de encendido y apagado y conexión- desconexión al interfaz CA.

El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100 % de la potencia nominal, será como mínimo del 92 % y del 94 % respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE- EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.

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

Los inversores tendrán un grado de protección mínima de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa. Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un periodo mínimo de 3 años.

6.1.3 CABLEADO

En toda la instalación se usará el modelo PRYSUN H1Z2Z2-k de la marca PRYSMIAN, con conductor de cobre electrolítico recocido con una tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV y con aislamiento compuesto por una mezcla de polietileno reticulado (XLPE), capaz de soportar una temperatura máxima de hasta 90°C. Además, está normalizado según la norma UNE 21123.

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

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %, y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2 %.

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

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

6.1.4 ARMARIOS DE PROTECCIÓN

El armario de inversor y protecciones presente en la instalación deberá contar con un grado de protección IP65.

6.1.5 PROTECCIONES

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 en el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

6.1.6 PUESTA A TIERRA

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 en el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

7 NORMAS GENERALES DE MONTAJE

Las instalaciones se realizarán siguiendo las prácticas normales para obtener un buen funcionamiento, por lo que se respetarán las especificaciones e instrucciones de las empresas suministradoras.

El montaje de la instalación se realizará ajustándose a las indicaciones y planos del proyecto.

Cuando en el proyecto sea necesario hacer modificaciones en estos planos o condiciones previstas o sustituir por otros los aparatos aprobados, se solicitará permiso a la Dirección Facultativa.

En todos los equipos se dispondrán las protecciones pertinentes para evitar accidentes. En aquellas partes móviles de las máquinas y motores se dispondrán envolventes o rejillas metálicas de protección.

Durante el proceso de instalación se protegerán debidamente todos los aparatos, colocándose tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertas durante algún tiempo.

Una vez finalizado el montaje se procederá a la limpieza total de los tubos tanto exterior como interiormente.

8 RECEPCIÓN Y PRUEBAS

El instalador entregará al usuario un documento en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas, serán, como mínimo, las siguientes:

- a) Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- b) Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento

- c) Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- a) Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- b) Retirada del emplazamiento de todo el material sobrante.
- c) Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este periodo el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.



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

Grado en Ingeniería Mecánica

TRABAJO FIN DE GRADO

PRESUPUESTO

**CÁLCULO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
ENERGÍA RENOVABLE EN UNA FINCA
RURAL**

AUTOR:

DANIEL JESÚS RODRÍGUEZ TRUJILLO

TUTOR:

JOSE FRANCISCO GÓMEZ GONZÁLEZ

JORDAN ORTEGA RODRÍGUEZ

CURSO ACADÉMICO:

2020/2021

Índice

1	Presupuesto de ejecución material.....	1
1.1	Capítulo 1. Puesta a tierra.....	1
1.2	Capítulo 2. Canalizaciones.....	2
1.3	Capítulo 3. Cables.....	2
1.4	Capítulo 4. Cajas generales de protección	3
1.5	Capítulo 5. Líneas generales de alimentación.....	4
1.6	Capítulo 6. Solar fotovoltaica	4
1.7	Capítulo 7. Aparamenta.	7
2	Presupuesto de ejecución por contrata	9

Presupuesto

Presupuesto de ejecución material				% C.I. 3		
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
IEP	Capítulo		Puesta a tierra			
IEP010	Partida	Ud	Red de toma de tierra para estructura metálica del edificio con 90 m de conductor de cobre desnudo de 35 mm ² , y 2 picas.			
				1,000	588,16	588,16
mt35tc010b	Material	m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .			
				90,000	2,810	252,90
mt35te010b	Material	Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.			
				2,000	18,000	36,00
mt35ta040	Material	Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.			
				4,000	1,000	4,00
mt35ts010d	Material	Ud	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a cara del pilar metálico, con doble cordón de soldadura de 50 mm de longitud realizado con electrodo de 2,5 mm de diámetro.			
				4,000	7,000	28,00
mt35ta010	Material	Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.			
				1,000	74,000	74,00
mt35ta030	Material	Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.			
				1,000	46,000	46,00
mt35www020	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.			
				1,000	1,150	1,15
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
				3,595	16,900	60,76
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.			
				3,595	15,860	57,02
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	559,830	11,20
			IEP010	1,000	588,16	588,16
IEP						588,16

Presupuesto

IEO	Capítulo	Canalizaciones				
IEO010	Partida	m	Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales.			
				15,000	50,91	763,65
mt36tie010ac	Material	m	Tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.			
				32,000	1,490	47,68
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
				0,050	16,900	0,85
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.			
				0,053	15,860	0,84
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	3,180	0,06
			IEO010	1,000	50,91	50,91
			IEO			763,65
IEH	Capítulo	Cables				
IEH010	Partida	m	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).			
				1,000	19,09	19,09
mt35cun030c	Material	m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.			
				15,000	1,140	17,10
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
				0,042	16,900	0,71
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.			
				0,042	15,860	0,67
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	2,520	0,05
			IEH010	1,000	19,09	19,09
IEH010b	Partida	m	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 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).			
				1,000	68,54	68,54

Presupuesto

mt35cun030d	Material	m	Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Según UNE 21123-2.				
					35,000	1,860	65,10
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.				
					0,042	16,900	0,71
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.				
					0,042	15,860	0,67
%		%	Costes directos complementarios				
					2,000	3,240	0,06
			IEH010b		1,000	68,54	68,54
			IEH				87,63
IEC	Capítulo		Cajas generales de protección				
IEC010	Partida	Ud	Caja de protección y medida CPM1-S2, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador monofásico, instalada en el interior de hornacina mural, en vivienda unifamiliar o local.				
					1,000	154,46	154,46
mt35cgp010e	Material	Ud	Caja de protección y medida CPM1-S2, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador monofásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación empotrada. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK09 según UNE-EN 50102.				
					1,000	97,950	97,95
mt35cgp040h	Material	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.				
					3,000	5,440	16,32
mt35cgp040f	Material	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.				
					1,000	3,730	3,73
mt35www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.				
					1,000	1,480	1,48
mo020	Mano de obra	h	Oficial 1ª construcción.				
					0,318	16,400	5,22
mo113	Mano de obra	h	Peón ordinario construcción.				
					0,318	15,580	4,95
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.				

Presupuesto

				0,530	16,900	8,96
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.			
				0,530	15,860	8,41
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	147,020	2,94
			IEC010	1,000	154,46	154,46
			IEC			154,46
IEL	Capítulo		Líneas generales de alimentación			
IEL010	Partida	m	Línea general de alimentación fija en superficie formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 5G10 mm ² , siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de PVC liso de 75 mm de diámetro.			
				1,000	83,96	83,96
mt36tie010da	Material	m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1.			
				1,000	3,340	3,34
mt35cun010f1	Material	m	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² 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). Según UNE 21123-4.			
				35,000	2,120	74,20
mt35www010	Material	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.			
				0,200	1,480	0,30
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
				0,107	16,900	1,81
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.			
				0,095	15,860	1,51
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	17,560	0,35
			IEL010	1,000	83,96	83,96
			IEL			83,96
IEF	Capítulo		Solar fotovoltaica			

Presupuesto

IEF020	Partida	Ud	Inversor monofásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 5000 W, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, potencia nominal de salida 2500 W, potencia máxima de salida 2500 VA, eficiencia máxima 97%, rango de voltaje de entrada de 260 a 500 Vcc, dimensiones 545x290x185 mm, con carcasa de aluminio para su instalación en interior o exterior, interruptor de corriente continua, pantalla gráfica LCD, puertos RS-485 y Ethernet, regulador digital de corriente sinusoidal, preparado para instalación en carril. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.	1,000	2.060,81	2.060,81
mt35azi020a	Material	Ud	Inversor monofásico para conexión a red, potencia máxima de entrada 5000 W, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, potencia nominal de salida 2500 W, potencia máxima de salida 2500 VA, eficiencia máxima 97%, rango de voltaje de entrada de 100 a 550 Vcc, dimensiones 545x290x185 mm, con carcasa de aluminio para su instalación en interior o exterior, interruptor de corriente continua, pantalla gráfica LCD, puertos RS-485 y Ethernet, regulador digital de corriente sinusoidal, preparado para instalación en carril.	1,000	1.950,980	1.950,98
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.	0,323	16,900	5,46
mo102	Mano de obra	h	Ayudante electricista.	0,323	15,860	5,12
%		%	Costes directos complementarios	2,000	1.961,560	39,23
IEF020				1,000	2.060,81	2.060,81
IEF001	Partida	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 400 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 65,8 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 6,08 A, tensión en circuito abierto (Voc) 75,6 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 6,58 A, eficiencia 16,28%, 96 células de 125x125 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1580x808x45 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 21 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico.	1,000	2.951,06	2.951,06
mt35sol020aH	Material	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 400 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 65,8 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 6,08 A, tensión en circuito abierto (Voc) 75,6 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 6,58 A, eficiencia 16,28%, 96 células de 125x125 mm, vidrio exterior templado de 3,2 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1580x808x45 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 21 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	9,000	316,750	2.850,75
mo009	Mano de obra	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0,366	16,900	6,19

Presupuesto

mo108	Mano de obra	h	Ayudante instalador de captadores solares.			
					0,366	15,860
						5,80
%		%	Costes directos complementarios			
					2,000	118,690
						2,37
			IEF001		1,000	2.951,06
			IEF			5.011,87
IEX	Capítulo		Aparamenta			
IEX020	Partida	Ud	Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 32 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s.			
					1,000	46,09
						46,09
mt35amc401a	Material	Ud	Interruptor-seccionador, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 32 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 4 kV, poder de apertura y cierre 3 x In, poder de corte 20 x In durante 0,1 s, intensidad de cortocircuito (Icw) 12 x In durante 1 s, vida útil en vacío 8500 maniobras, vida útil en carga 1500 maniobras, de 36x86x75 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras, según UNE-EN 60947-3.			
					2,000	19,890
						39,78
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
					0,265	16,900
						4,48
%		%	Costes directos complementarios			
					2,000	24,370
						0,49
			IEX020		1,000	46,09
						46,09
IEX050	Partida	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (1P+N), intensidad nominal 6 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iK60N A9K17606 "SCHNEIDER ELECTRIC".		1,000	59,50
						59,50
mt35ase801aa	Material	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (1P+N), intensidad nominal 6 A, poder de corte 6 kA, curva C, modelo iK60N A9K17606 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 36x94x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm), según UNE-EN 60898-1.		1,000	52,160
						52,16
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.		0,265	16,900
						4,48
%		%	Costes directos complementarios			
					2,000	56,640
						1,13
			IEX050		1,000	59,50
						59,50

Presupuesto

IEX300	Partida	Ud	Conjunto fusible formado por fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm y base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 32 A.			
				1,000	23,43	23,43
mt35amc800af	Material	Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 100 kA, tamaño 8,5x31,5 mm, según UNE-EN 60269-1.			
f				4,000	0,630	2,52
mt35amc810a	Material	Ud	Base modular para fusibles cilíndricos, unipolar (1P), intensidad nominal 32 A, según UNE-EN 60269-1.			
				4,000	4,290	17,16
mo003	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista.			
				0,212	16,900	3,58
%		%	Costes directos complementarios			
				2,000	8,500	0,17
			IEX300	1,000	23,43	23,43
			IEX			129,02
			INSTALACIÓN			6.818,75

Capítulo	Importe
Capítulo 1. Puesta a tierra	588,16 €
Capítulo 2. Canalizaciones	763,65 €
Capítulo 3. Cables	87,63 €
Capítulo 4. Cajas generales de protección	154,46 €
Capítulo 5. Líneas generales de alimentación	83,96 €
Capítulo 6. Solar fotovoltaicas	5011,87 €
Capítulo 7. Aparamenta	129,02 €
Presupuesto de Ejecución Material	6818,75 €
16% de gastos generales	1091 €
7% de beneficio industrial	477,31 €
Subtotal	8387,06 €
7% de IGIC	587,09 €
Presupuesto de ejecución por contrata	8974,15 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS.