



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

**MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES**

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

Hoja de identificación

Título del proyecto:

Microcentral híbrida de generación por medio de energías renovables.

Emplazamiento de las instalaciones objeto del proyecto:

Aldeas Infantiles SOS Louga, en la región de Louga, Senegal.

Coordenadas:

- X: 15,6186705
- Y: -16,2243595

Trabajo de Fin de Grado

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

TUTOR:

José Francisco Gómez González

ALUMNO:

Carlos García Martín

ÍNDICE

0. ABSTRAC.
1. MEMORIA.
2. ANEXOS.
 - 2.1. CÁLCULOS.
 - 2.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.
3. PLANOS.
4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.
5. PRESUPUESTO.
6. CONCLUSIONS.

Abstract

Right now, a big part of the world's population does not have access to electricity. In Africa, more than 600 million people live in isolation from the electric grid, which means that they have worse living conditions than other places.

The purpose of this project is to design and calculate an electrical installation based on renewable energies, to supply energy to a small village of *Children's Villages* that is isolated from the electricity grid. This town is located in Senegal, more specifically in Louga.

In the zone we'll supply, there are 2 schools, 10 family houses, a vocational training center, a youth residence, a social center, a dining room and an administrative area.

The HOMER PRO software has been used to carry out this project. This software will perform different simulations to find the most suitable combination. This selection will be chosen based on technical and economic criteria.

After estimating the energy demand that the village will have and carrying out the simulations, the best option was to build a hybrid installation based on renewable energy. The installation will consist of a 117.25 kW photovoltaic generator that will be supported by a battery system and a generator set.

Based on the calculations that will be presented in the following documents, we can provide electricity to the village and then we will be able improve their living conditions.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

I. MEMORIA

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE.

1. Aspectos Generales del Proyecto	13
1.1- Objeto	13
1.2- Alcance	13
1.3- Peticionario	13
1.4- Emplazamiento	13
2. Motivación del Proyecto	15
3. Programas utilizados	16
4. Requisitos de diseño	17
5. Análisis de las posibles soluciones	18
6. Solución adoptada.....	20
6.1. Sistema fotovoltaico aislado	20
7. Descripción técnica de la instalación.....	22
7.1. Campo fotovoltaico.....	23
7.2. Estructuras de soporte.....	24
7.3. Inversores	25
7.4. Inversor-cargador	26
7.5. Acumuladores	27
7.6. Grupo electrógeno.....	28
7.7. Módulo prefabricado de alojamiento	29
7.8. Cableado	30
7.9. Protecciones	32
7.9.1. Protecciones de corriente continua	32
7.9.1.1. Protecciones CC entre los módulos fotovoltaicos y el inversor	32
7.9.1.2. Protecciones CC entre los inversores-cargadores y las baterías	33
7.9.2. Protecciones de corriente alterna	33
7.10. Puesta a tierra.....	34
8. Resumen del presupuesto.....	35

9. Bibliografía 35

1. Aspectos Generales del Proyecto

1.1- Objeto

El objeto del proyecto que nos ocupa es el diseño y cálculo de una instalación de generación de energía basada en energías renovables, para abastecer a un poblado de Aldeas Infantiles aislado de la red eléctrica que se encuentra situado en Louga, Senegal.

Para llevar a cabo este proyecto, se tendrá en cuenta toda la regulación aplicada a un proyecto realizado en Canarias puesto que es más restrictiva y de más fácil acceso que la normativa del país en el que se encuentra situado el proyecto.

1.2- Alcance

El alcance del proyecto irá destinado al análisis y posterior diseño de la mejor solución para abastecer y cubrir las necesidades energéticas de la aldea.

Para realizar este análisis, y obtener la configuración del sistema más efectiva para cubrir las necesidades de la aldea se ha utilizado el software HOMER PRO.

Cabe señalar que, no será alcance de este proyecto el estudio de la viabilidad económica del mismo.

1.3- Peticionario

El petionario de este proyecto es la Universidad de La Laguna (ULL) con domicilio en Calle Padre Herrera, s/n, 38200 San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.

1.4- Emplazamiento

La instalación de nuestra microcentral eléctrica se llevará a cabo en un pequeño poblado de Aldeas Infantiles situado en la ciudad de Louga, Senegal.

África tiene la peculiaridad de recibir muchas más horas de sol brillante durante el transcurso del año que cualquier otro continente, lo que convierte a Senegal y en particular a la región de Louga en un lugar ideal para apostar por la energía solar, tal y como vemos en la siguiente ilustración.

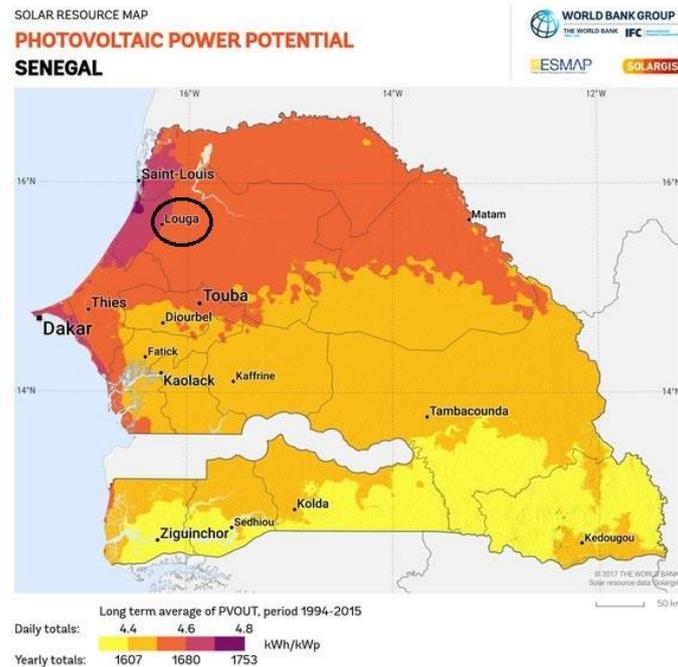


Figura 1: Potencial fotovoltaico de Senegal, SOLARGIS.

La instalación se localizará en Louga, una región de Senegal, más concretamente en el poblado de Aldeas Infantiles SOS Louga. Como se mencionó anteriormente la aldea se encuentra en una zona ideal para aprovechar al máximo el potencial solar de la región. Tiene una superficie total de 36000 m² por la que se distribuirán diferentes edificaciones que pasaremos a enumerar y describir a continuación:

- 10 casas familiares, cada una de ellas con capacidad para alojar a 10 niños y 1 adulto.
- Una escuela infantil con capacidad para 140 niños.
- Una escuela primaria con capacidad para 600 niños.
- Un área administrativa.
- Un centro de formación profesional.
- Un centro social.

- Una residencia juvenil con capacidad para 10 jóvenes.
- Un comedor.
- La casa del director del proyecto de Aldeas Infantiles SOS Louga.

1.5.- Normativa Aplicada

Para la realización de este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Pliego de Condiciones Técnicas (PTC) de Instalaciones Aisladas de Red del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, IDAE, de febrero de 2009.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- UNE 21144-3-2: Cables eléctricos. Cálculos de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia

2. Motivación del Proyecto

En la actualidad, aunque una parte de la población considera el acceso a la electricidad como una necesidad básica, hay otra a la que no se le permite el acceso a la misma. En esta situación se encuentra el continente africano, donde unas 600 millones de personas, casi dos terceras partes de su población, viven sin acceso a la energía eléctrica. Además, se estima que para el año 2030 este número aumente hasta 700 millones, debido a que crece más rápido la población que las nuevas conexiones a la red.

En el caso de Senegal, poco más del 50% de la población tiene acceso a la electricidad, y esta cifra desciende hasta el 25% si nos acercamos a las zonas rurales.

Por todos estos motivos, el desarrollo de este tipo de alternativas supondrá no solo un gran crecimiento económico, sino lo que es más importante, grandes mejoras sociales y en las condiciones de vida de las personas que residen en la región.

3. Programas utilizados

En este apartado se enumerarán los diferentes programas que ha sido necesario utilizar para la realización de este proyecto:

➤ HOMER PRO:

HOMER PRO ha sido la herramienta seleccionada para analizar las diferentes configuraciones del sistema y poder así llevar a cabo la solución más óptima. Este software que permite optimizar el diseño de microrredes fue desarrollado originalmente en el *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, y mejorado y distribuido por HOMER Energy, HOMER (*Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources*).

El software realiza diferentes simulaciones para así encontrar la combinación más adecuada, atendiendo siempre a criterios técnicos y económicos. Además de lo mencionado anteriormente su sencilla interfaz hace que resulte fácil su uso reduciendo así la posibilidad de errores durante la realización del proyecto.



Figura 2: Logo DEL SOFTWARE HOMER PRO, HOMER ENERGY.

➤ EXCEL:

Se trata de un programa informático desarrollado y distribuido por MICROSOFT CORP. Es un software que permite realizar tareas contables y financieras, así como cálculos y gráficos de bases de datos, gracias a sus funciones, desarrolladas específicamente para ayudar a crear y trabajar con hojas de cálculo.



Figura 3: Logo del software EXCEL, MICROSOFT CORP.

➤ **AUTOCAD:**

Es un programa de dibujo técnico desarrollado por AUTODESK para el uso de ingenieros, técnicos y otros profesionales de carreras de diseño. Como su nombre indica, CAD (Computer Aid Design), es un programa para diseñar, en el que se puede realizar todo tipo de dibujos técnicos pudiendo crear diseños de todo tipo en 2d y 3d, planos, etc.

En lo que ocupa a este proyecto, este software ha sido utilizado para la realización de todos y cada uno de los planos y el esquema unifilar.



Figura 4: Logo del software AUTOCAD, AUTODESK.

4. Requisitos de diseño

Para poder determinar las necesidades energéticas de la aldea se realizaron dos estimaciones diferentes del perfil horario de potencia demanda, una teniendo en cuenta la potencia demandada entre semana, cuando se encuentran funcionando los colegios, área administrativa, etc. y otra para el fin de semana donde la potencia demandada por la aldea será mucho menor.

Estos perfiles horarios son esenciales para que el software HOMER PRO pueda realizar las simulaciones y así poder obtener la configuración más adecuada. Para realizar estos perfiles se estimó para cada hora del día y de manera individual la potencia demandada por cada edificio que forma parte de la aldea. Se podrán observar estos perfiles completos en el *Anexo I - Cálculos*, aunque a continuación se mostrará un resumen de estos:

Entre semana		Fin de semana	
Hora	Total (kW)	Hora	Total (kW)
0:00	3,21	0:00	3,21
1:00	3,21	1:00	3,21
2:00	3,21	2:00	3,21
3:00	3,21	3:00	3,21
4:00	3,21	4:00	3,21
5:00	3,21	5:00	3,21
6:00	3,72	6:00	3,72
7:00	14,05	7:00	14,05
8:00	15,68	8:00	11,78
9:00	28,03	9:00	13,39
10:00	27,22	10:00	12,58
11:00	28,67	11:00	14,04
12:00	39,55	12:00	24,92
13:00	37,08	13:00	21,24
14:00	18,62	14:00	13,51
15:00	17,88	15:00	12,77
16:00	15,40	16:00	14,19
17:00	14,60	17:00	13,39
18:00	15,44	18:00	14,23
19:00	20,72	19:00	19,51
20:00	15,02	20:00	15,02
21:00	14,41	21:00	14,41
22:00	12,01	22:00	12,01
23:00	11,17	23:00	11,17

Tabla 1: Perfiles horarios de potencia demandada

5. Análisis de las posibles soluciones

Como ya mencionamos, el principal objetivo de este proyecto es el diseño de una instalación de generación de energía basada en energías renovables para abastecer a un poblado de Aldeas Infantiles en Louga, Senegal. Para conseguir nuestro propósito de asegurar el suministro de energía eléctrica a nuestra aldea se ha hecho uso del software HOMER PRO.

Al inicio del proyecto la primera opción fue la de realizar una instalación basada principalmente en energía solar fotovoltaica y eólica, siendo estas apoyadas por un grupo electrógeno y baterías. Los datos referentes a los diferentes recursos naturales que tienen

impacto sobre nuestro proyecto serán proporcionados por el propio software, el cual tiene acceso a diferentes bases de datos como *US National Renewable Energy Laboratory* o *NASA's Surface Solar Energy Data*.

Antes de realizar la simulación será necesario proporcionarle los perfiles horarios de potencia demandada por la aldea, que han sido mostrados en el punto anterior. La figura que se muestra a continuación ha sido generada por HOMER PRO y nos muestra el perfil de carga diario, mensual y anual que deberá satisfacer nuestra instalación.

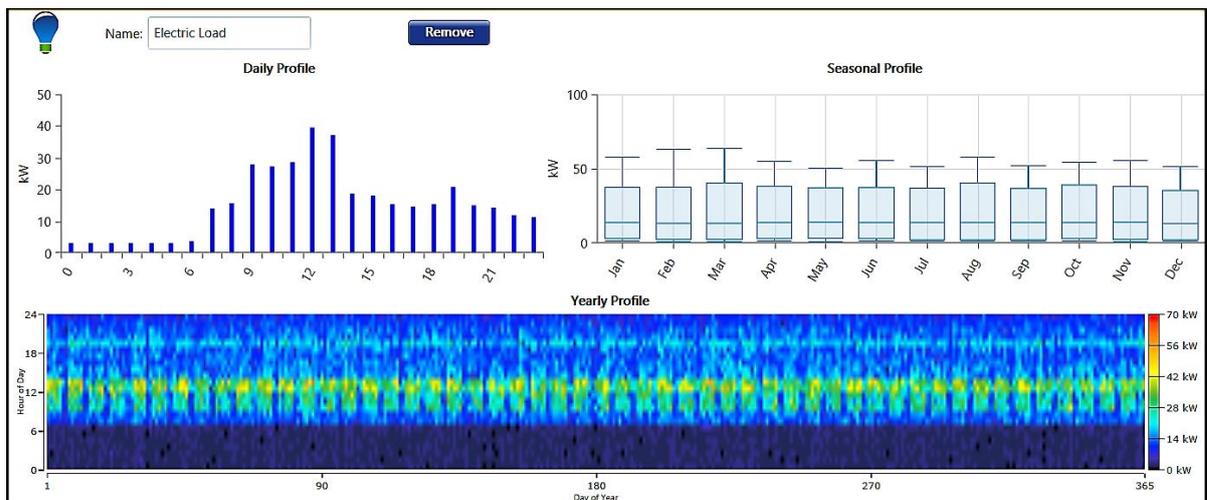


Figura 5: Perfiles de carga de nuestra aldea

En la siguiente figura, podremos observar los diferentes componentes del sistema que formarán parte de la simulación realizada por HOMER PRO.

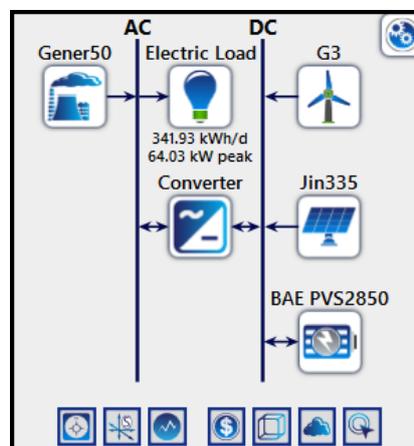


Figura 6: Esquema de la instalación

En el esquema que se muestra arriba podemos observar que la simulación realizada por HOMER PRO del sistema incluirá los siguientes componentes:

- Campo fotovoltaico.
- Generadores de minieólica.
- Grupo electrógeno
- Baterías

En base a estos componentes el software realiza una en la que observamos que la opción más viable no es la propuesta inicialmente, es decir la mostrada en el esquema, puesto que debido la escasez de viento en la región lo más aconsejable es prescindir de los generadores de minieólica.

Como se muestra en la siguiente figura la elección más aconsejable será la de un sistema fotovoltaico que se encuentre apoyado por un grupo electrógeno y baterías.

	Jin335 (kW)	G3	Gener50 (kW)	BAE PVS2850	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
	114		50.0	24	51.9	LF	\$247,222	\$0.155	\$10,569	\$112,709	75.8	11,281
	114	1	50.0	24	51.5	LF	\$256,727	\$0.161	\$10,823	\$118,373	75.8	11,288

Figura 7: Sistemas más viables tras la simulación.

6. Solución adoptada

Finalmente, y en base a los resultados de la simulación realizada por HOMER PRO la aldea será abastecida mediante una instalación fotovoltaica, que es una de las alternativas más empleadas para suministrar energía eléctrica a sistemas aislados.

6.1. Sistema fotovoltaico aislado

Un sistema solar fotovoltaico aislado es aquel que no se encuentra conectado a la red eléctrica, en la siguiente figura se mostrará el esquema típico de un sistema solar fotovoltaico aislado.

En este apartado se describirán los diferentes componentes que forman parte de un sistema solar fotovoltaico aislado. En la siguiente figura se muestra un esquema típico de una instalación de este tipo.

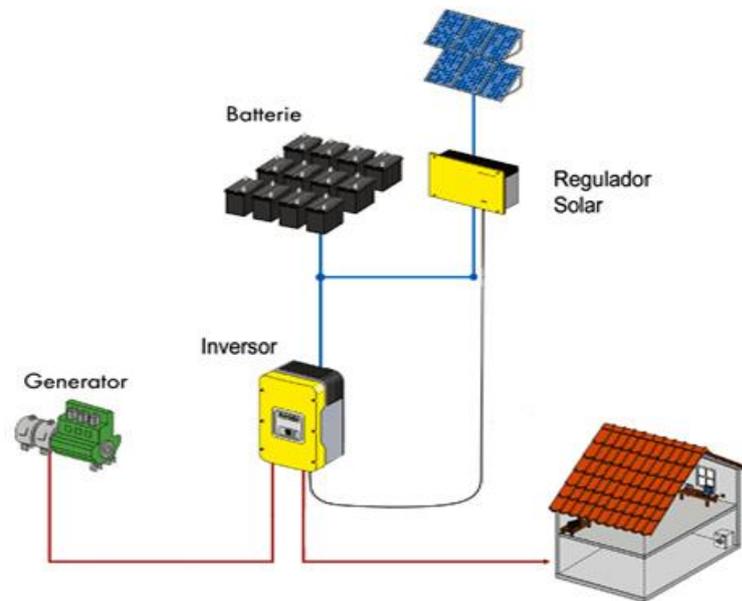


Figura 8: Sistema fotovoltaico aislado, Cenitsolar.com

- Campo fotovoltaico: está formado por paneles o módulos fotovoltaicos que se encargan de transformar la radiación solar en energía eléctrica (corriente continua). Un campo fotovoltaico está formado por la unión de varios paneles, para así proporcionar la potencia necesaria a la instalación.
- Baterías: son los elementos donde se almacena la energía producida por el campo fotovoltaico durante las horas de sol para que pueda ser utilizada cuando sea necesario.
- Regulador de carga: este equipo es el encargado de controlar el estado de carga de las baterías y de regular la intensidad de la carga para conseguir alargar la vida útil de las baterías.

- Inversor: su función es transformar la corriente continua generada por el campo fotovoltaico en corriente alterna, a 230V de valor eficaz y 50Hz de frecuencia, igual a la red eléctrica.
- Grupo electrógeno: su función es convertir la llamada capacidad calorífica en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Son equipos auxiliares para momentos en los que el suministro eléctrico es insuficiente.
- Cableado: son los conductores necesarios por los que circulará la corriente de nuestra instalación, su selección se deberá principalmente a la intensidad que les atraviese.
- Protecciones: Las instalaciones eléctricas requieren de unos mecanismos de seguridad, tanto para las personas como para los equipos, que aseguren el buen funcionamiento de la misma. De este modo podemos distinguir dos tipos de protecciones:
 - Protecciones de corriente alterna: fundamentalmente interruptores diferenciales y magnetotérmicos, son vitales para asegurar la eficiencia de nuestra instalación y para proteger tanto a las personas como a los equipos.
 - Protecciones de corriente continua: su principal función es la de proteger los elementos de la instalación. Algunos ejemplos de protectores de corriente continua pueden ser los fusibles.
- Estructuras de soporte: se trata de un elemento esencial para la instalación, además de para sujetar y asegurar los paneles también permiten aprovechar al máximo la radiación solar gracias a su inclinación.

7. Descripción técnica de la instalación.

Una vez explicado de forma clara el esquema y la función que tienen cada uno de los elementos que forman parte de una instalación fotovoltaica aislada, en este punto realizaremos una descripción técnica de los diferentes elementos de la instalación.

7.1. Campo fotovoltaico

El campo fotovoltaico se ha dimensionado en base al consumo estimado de la aldea, para así poder abastecer las necesidades de esta. De este modo el modelo de panel fotovoltaico elegido ha sido el JKM335PP-72-V de 335 Wp, fabricado por JINKO SOLAR. Se trata de una placa solar policristalina 72 células.



Figura 9: Panel JKM335PP-72-V de Jinko Solar.

La selección de este panel se ha realizado principalmente en base a dos factores, el rendimiento de los módulos y la garantía que nos ofrece el fabricante, siendo Jinko solar uno de los fabricantes de paneles solares más fiables del mercado.

A continuación, se muestran las principales características de estos paneles:

Datos eléctricos	
Potencia nominal	335 Wp
Tensión en el punto máximo	38 V
Corriente en el punto máximo	8,82 A
Tensión en circuito abierto (V_{OC})	47,2 V
Corriente de cortocircuito	9,18
Eficiencia	17,26%

Tabla 2: Características eléctricas de los módulos elegidos.

Estos datos eléctricos han sido medidos para unas condiciones estándar de 1000 W/m^2 de radiación y $25 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura de las células.

Características mecánicas	
Tipo de célula	Policristalina 156 x 156 mm
Numero de células	72 (6 x 12)
Dimensiones	1956 x 992x 40 mm
Peso	26,5 kg
Vidrio frontal	4,0 mm de alta transmisión
Estructura	Aleación de aluminio anodizado

Tabla 3: Características mecánicas de los módulos elegidos.

El campo fotovoltaico deberá estar formado por 350 módulos fotovoltaicos para generar una potencia de 117.25 kW, que es la potencia estimada para abastecer de manera óptima a la aldea.

El mantenimiento que requieren los paneles fotovoltaicos es escaso, bastará con inspecciones ocasionales en busca de suciedad u otros residuos que hayan podido incrustarse en la superficie de los módulos. Para limpiarlos bastará con un lavado usando una manguera estándar, aunque se debe evitar que la diferencia de temperatura entre el agua y la superficie del panel sea muy alta ya que esto podría producir grietas que afectarían negativamente a la vida útil de los paneles.

7.2. Estructuras de soporte.

Todos los paneles serán instalados horizontalmente sobre la estructura Bloque de Hormigón SOLARBLOC de 14 paneles horizontales

Las estructuras de hormigón para paneles solares SOLARBLOC están diseñadas y patentadas para simplificar el montaje de los paneles y abaratar los costes. Estas estructuras están diseñadas de tal manera que los paneles solares tienen la inclinación perfecta para obtener el mayor rendimiento durante el día. En nuestra instalación nuestra estructura de soporte proporcionará a los paneles una inclinación de 15°.

Serán necesarios 25 de estas estructuras de hormigón para poder colocar todos los paneles de la instalación.

7.3. Inversores

El modelo de inversor elegido para este proyecto ha sido el SUNNY TRIPOWER 25000TL-30 de 25KW, fabricado por SMA. Debido a que la potencia generada por nuestro campo fotovoltaico es de 117.25 kW será necesario la instalación de 5 inversores que se repartirán equitativamente esta potencia.



Figura 10: Inversor SUNNY TRIPOWER 25000TL-30, de SMA

A continuación, se presentarán las principales características de este modelo:

Características eléctricas de entrada	
Potencia máxima de CC	25550 W
Tensión de entrada máxima	1000 V
Rango de tensión MPP	390 / 800 V
Tensión de entrada mínima	188 V
Corriente máxima de entrada	33 A

Tabla 4: Características eléctricas de entrada del inversor elegido.

Características eléctricas de salida	
Potencia asignada	25000 W
Tensión nominal de CA	230 / 400 V
Rango de tensión MPP	8,82 A
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Corriente máx. de salida	36,2 A
THD	≤ 3%
Rendimiento máximo	98,30%

Tabla 5: Características eléctricas de salida del inversor elegido.

Características generales	
Dimensiones	661/682/264 mm
Peso	61 kg
Emisión sonora	51 dB
Autoconsumo nocturno	1 W
Tipo de protección	IP65
Clase climática	4K4H

Tabla 6: Características generales del inversor elegido.

Este modelo de inversor posee 2 entradas con 3 strings cada una para poder hacer la conexión con los módulos fotovoltaicos. En este proyecto usaremos 3 strings de la entrada A y 2 de la entrada B. Cada string estará formado por 14 paneles en serie, por lo que cada inversor tendrá asociados 70 paneles.

Todo lo expuesto en el párrafo anterior será verificado y comprobado en la memoria de Cálculos, *Anexo I*.

7.4. Inversor-cargador

Debido al gran tamaño de la instalación se ha optado por la utilización de inversores-cargadores en lugar de reguladores. El modelo elegido ha sido el QUATTRO 24/5000/120, fabricado por VICTRON ENERGY. Este modelo de inversor-cargador puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, una de ellas se conectará a la salida de los inversores y la otra a la salida del generador.

Además, este modelo de inversor-cargador incorpora una función de control que permite complementar la capacidad del generador. Esto quiere decir que cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, el QUATTRO compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar las baterías.



Figura 11: Inversor cargador QUATTRO 24/5000/120, de VICTRON.

A continuación, se presentarán las principales características de este modelo:

Características inversor	
Corriente máxima de alimentación	100 A
Potencia cont. de salida	5000 W
Consumo en vacío en modo de ahorro	10 W
Consumo en vacío	25 W
Eficacia máxima	94 %

Tabla 7: Características de inversor del QUATTRO, VICTRON ENERGY.

Características cargador	
Tensión de carga de 'absorción'	28,8 V
Tensión de carga de "flotación"	27,6 V
Modo de almacenamiento	26,4 V
Corriente de carga de la batería auxiliar	120 A

Tabla 8: Características de cargador del QUATTRO, VICTRON ENERGY.

Debido a las características de la instalación será necesaria la colocación de dos inversores-cargadores, esto será verificado y comprobado en la memoria de Cálculos, *Anexo I*.

7.5. Acumuladores

La selección de las baterías también se ha realizado en base a la simulación realizada por el software HOMER PRO, en base a esto la opción más adecuada era la de colocar una

cadena de 24 baterías de 2280 Ah. Sin embargo, debido a que finalmente tuvimos que instalar 2 inversores-cargadores se decidió repartir estas baterías entre ambos.

El resultado final fue la colocación de dos bloques de baterías en configuración BAE 12 PVS 2280, una configuración normalizada y fabricada por BORNAY. Las baterías estacionarias BAE SECURA PVS con un bajo mantenimiento son usadas para almacenar energía en instalaciones de energías renovables de tamaño medio y grande.



Figura 12: grupo de baterías BAE PVS, de BORNAY.

Debido a su robusto diseño de sus placas, estas baterías son una excelente elección para altos requerimientos y una larga vida útil. Las baterías tendrán una autonomía aproximada de 6 horas suponiendo una demanda media de la aldea. Aunque teniendo en cuenta que cuando más se usarán es por la noche, las baterías podrían aguantar más de 20 horas en base a la demanda nocturna de la aldea.

7.6. Grupo electrógeno

Como el resto de los elementos de la instalación, la capacidad necesaria para el grupo electrógeno se ha establecido en base a la simulación realizada por HOMER PRO. En base a esto se ha optado por la utilización de un generador diésel modelo MDDCG fabricado por CUMMINS.



Figura 13: grupo electrógeno modelo MDDCG, de CUMMINS.

A continuación, presentaremos las características más importantes que presenta este modelo:

Características eléctricas	
Potencia nominal	50 kW
Tensión nominal	230 V / 400 V
Corriente de salida	90,2 A
Número de fases	3
Frecuencia	50 Hz

Tabla 9: Características eléctricas del generador, de CUMMINS.

Características generales	
Peso	1167 kg
Dimensiones	1783 / 840 / 1039 mm
Emisión sonora	72 dB
Consumo	14,1 L/min

Tabla 10: Características generales del generador, de CUMMINS.

El grupo electrógeno tiene incorporada una carcasa de protección. Esto lo hace ideal para situarlo en el exterior, dejando más espacio en la caseta prefabricada para el resto de los componentes de la instalación.

7.7. Módulo prefabricado de alojamiento

Con el objetivo de mantener protegidos los diferentes elementos de la instalación se ha decidido usar una caseta prefabricada modelo CMT SOLAR 6000, fabricado por CONSMETAL.

Los motivos por los que se ha elegido esta caseta han sido principalmente por su adecuada ventilación y su cumplimiento de la normativa de baja tensión (RBT). En este módulo prefabricado irán alojados los inversores, baterías, inversores-cargadores y las diferentes protecciones de las que dispondrá la instalación.



Figura 14: Módulo prefabricado de alojamiento CMT SOLAR 6000, de CONSMETAL.

7.8. Cableado

Para que la instalación pueda funcionar en condiciones seguras, para así poder garantizar la duración de los equipos y prevenir posibles accidentes, la selección del cableado debe realizarse conforme a la legislación vigente y utilizando los conductores establecidos para ello.

La justificación de la sección del cableado utilizado podrá consultarse en la memoria de Cálculos – *Anexo I*. El procedimiento ha sido el mismo para todas las líneas de cable de la instalación. Este procedimiento consiste en usar dos métodos para el cálculo de la sección, por densidad de corriente y por caída de tensión, escogiendo finalmente la sección que cumpla con ambos casos. Según las recomendaciones del IDAE ningún tramo puede superar el 1,5 % de caída de tensión, aunque para algunos tramos de este proyecto y con el fin de establecer unas condiciones más óptimas se han establecido caídas de tensión del 1 %.

Para cumplir las condiciones anteriormente mencionadas el cable seleccionado será del tipo RV-K, fabricado por POWERFLEX. Este cable para distribución de energía es adecuado para todos los tipos de conexiones industriales de baja tensión. Su alta flexibilidad facilita substancialmente el proceso de instalación y, en consecuencia, es particularmente adecuado en trazados difíciles. Puede ser enterrado o instalado en un tubo, así como a la intemperie, sin requerir protección adicional.



Figura 15: Conductores RV-K, de POWERFLEX.

A continuación, se podrán observar algunas de las características más importantes de este conductor.

Características generales	
Conductor	Cobre electrolítico, clase 5
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta	PVC flexible
Tensión nominal	0,6/1 kV
Tensión de ensayo	3.500 V (CA)
Temperatura máxima	90 °C

Tabla 11: Características del conductor RV-K, POWERFLEX.

Además, cabe destacar que la instalación eléctrica de la parte alterna de la instalación será trifásica. Realizando los diferentes procedimientos de cálculo obtendremos las distintas secciones para cada tramo, como podemos observar en la siguiente tabla:

Tramo	Corriente	Longitud	Intensidad	ΔV admisible	ΔV cableado	Sección
1 Paneles-Caja CC	CC	25 m	9,18 A	1,5%	1,3%	6 mm ²
2 Caja CC-Inversor	CC	4 m	9,18 A	1%	0,8%	6 mm ²
3 Quattro-Baterías	CC	4 m	208,3 A	1%	0,2%	70 mm ²
4 Inversor-Bus alterna	CA	2 m	36,2 A	1%	0,4%	10 mm ²
5 Bus alterna-Cuadro AC	CA	2 m	181 A	1,5%	0,2%	95 mm ²
6 Cuadro AC- Quattro	CA	2 m	90,5 A	1,5%	0,2%	35 mm ²
7 Grupo diésel-Quattro	CA	4 m	112,75 A	1%	0,20%	70 mm ²

Tabla 12: Secciones del conductor.

7.9. Protecciones

Cualquier instalación eléctrica debe incorporar diferentes tipos de protecciones eléctricas con el fin de evitar posibles daños sobre las personas y los equipos que intervienen en la instalación. La elección de estas protecciones se ha realizado en base a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

7.9.1. Protecciones de corriente continua

Será necesaria la colocación de elementos de protección en los tramos por donde circula corriente continua de nuestra instalación, con el objetivo de ofrecer una protección adecuada a esta. A continuación, enumeraremos los dos tramos de nuestra instalación por los que circulará corriente continua y presentaremos los diferentes elementos de protección utilizados.

7.9.1.1. Protecciones CC entre los módulos fotovoltaicos y el inversor

En este tramo tendremos dos tipos de protecciones de corriente continua fusibles y protectores de sobretensión. Estas protecciones se colocarán en cada string, antes de la entrada al inversor, por lo que necesitaremos 25 fusibles y 25 protectores de sobretensión.

Los fusibles elegidos han sido finalmente los 491629 de 15 A, fabricados por DF ELECTRIC. Se trata de un tipo de fusible específicos para instalaciones fotovoltaicas que proporcionarán un grado óptimo de protección a nuestro circuito. En la siguiente tabla se presentarán sus características más importantes:

Características generales	
Intensidad nominal	15 A
Poder de corte	30 kA
Tensión	1000 V
Talla	10x38 mm
Clase	gPV

Tabla 13: Características generales del 491629, de DF ELECTRIC.

En el caso de los protectores de sobretensiones nos hemos decantado por el PV40 SERIES, fabricado por PROSURGE ELECTRONICS. Se trata de un protector contra

sobretensiones de corriente continua de modo diferencial y común para la protección de instalaciones fotovoltaicas. A continuación, presentaremos sus principales características:

Características generales	
Tipo	2
Tensión nominal	600V
Corriente máxima	40000 A

Tabla 14: Características generales del PV40 SERIES, de PROSURGE ELECTRONICS.

7.9.1.2. Protecciones CC entre los inversores-cargadores y las baterías

En esta parte de la instalación, entre las baterías y los inversores-cargadores, colocaremos fusibles de lengüeta. Como tenemos dos líneas será necesario instalar dos de estos elementos. Finalmente, el modelo elegido ha sido el FUSIBLE DE LENGÜETA CENTRADO DE 250 A, fabricado por SIBA. En la siguiente tabla se presentarán sus características más importantes:

Características generales	
Estándar del Fusible	DIN 43620, VDE 0636
Corriente Nominal	250 A
Tensión Nominal	500 V
Categoría de Aplicación	GG - gL
Tipo de fusible	NH

Tabla 15: Características generales del FUSIBLE DE LENGÜETA, de SIBA.

7.9.2. Protecciones de corriente alterna

En los tramos por donde circula corriente alterna será necesaria la colocación de elementos de protección como son los Interruptores Diferenciales y Automáticos. Al tratarse de una instalación que genera una potencia alta, no bastará con el uso elementos comerciales propios de instalaciones domésticas.

Para todos los tramos se usarán bloques programables de protección industrial que contienen en su interior un interruptor diferencial y un magnetotérmico, lo único que cambiará entre los diferentes tramos de la instalación será el modelo del bloque, para

adaptarnos así a las características específicas de cada línea. El modelo elegido ha sido el COMPACT NSX, fabricado por SCHNEIDER ELECTRIC.

En la siguiente tabla se mostrarán los diferentes modelos de bloques usados en la instalación y sus intensidades correspondientes.

Características	
Modelo	Intensidades de corriente
ComPact NSX100	40/100 A
ComPact NSX160	40/100/150 A
ComPact NSX250	40/100/160/250 A

Tabla 16: Características de los modelos ComPact NSX, de SCHNEIDER ELECTRIC.

A continuación, presentaremos los diferentes bloques que serán instalados en cada uno de los tramos. La comprobación y verificación de estas elecciones se realizará en la memoria de cálculos, *Anexo I*.

Características		
Tramo	In	Modelo
Salida de los inversores	40 A	ComPact NSX100
Interruptor general	250 A	ComPact NSX250
Entrada al Inversor-Cargador	100 A	ComPact NSX250
Salida del grupo electrógeno	160 A	ComPact NSX160

Tabla 17: Asignación de los modelos a los distintos tramos.

7.10. Puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación se realizará en base a lo especificado en la Instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Según recoge el IDAE todas las masas de la instalación, tanto de la parte alterna como continua, irán asociadas a esta resistencia.

En base a los cálculos obtenidos en el *Anexo I – Cálculos* se ha determinado una puesta a tierra para la instalación formada por 4 picas de 2 metros colocadas en paralelo que generan una resistencia a tierra de 30Ω .

8. Resumen del presupuesto

En la siguiente tabla se podrá observar un breve resumen del presupuesto de este proyecto. Para obtener una información más precisa y detallada del mismo se deberá acudir al documento Presupuesto del proyecto.

Resumen del presupuesto	
Partes	Total (€)
Costes de la instalación fotovoltaica	188893,82
Costes del cableado de continua	314,10
Costes del cableado de alterna	170,08
Costes de las protecciones de continua	730,28
Costes de las protecciones de alterna	4593,73
Costes debidos a la mano de obra y montaje	27000,00
Beneficio industrial (6 %)	13302,12
Gastos generales (16%)	35472,32
I.G.I.C. (7 %)	18933,35
Total	289409,80

Tabla 18: Resumen del presupuesto

9. Bibliografía

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red, del El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE.
- Fernández Salgado, JM., (2008). *Compendio de energía solar*, Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Méndez Muñoz, JM., (2011). *Energía solar fotovoltaica*, Madrid, España: Fundación Confemetal



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

ANEXO I – CÁLCULOS.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Localización	5
3. Cálculo de pérdidas	5
3.1. Pérdidas por orientación e inclinación	5
3.2. Pérdidas por sombreado	9
4. Dimensionado	9
4.1. Previsión de cargas	9
4.2. Potencia fotovoltaica	12
4.3. Paneles fotovoltaicos	12
4.3.1. Número de paneles	12
4.3.2. Separación entre filas de paneles	13
4.4. Inversores	14
4.5. Grupo electrógeno	16
4.6. Inversor-cargador	16
4.7. Acumuladores	17
5. Instalación eléctrica	19
5.1. Fórmulas	19
5.2. Cableado de continua	22
5.2.1. Tramo 1: Paneles fotovoltaicos – Cuadro de corriente continua	22
5.2.2. Tramo 2: Cuadro de corriente continua – Inversor	23
5.2.3. Tramo 3: Inversor-cargador – Baterías	24
5.3. Cableado de alterna	25
5.3.1. Tramo 4: Inversor – Bus de alterna	25
5.3.2. Tramo 5: Bus de alterna – Cuadro AC	26
5.3.3. Tramo 6: Cuadro AC – Inversor-cargador	27
5.3.4. Tramo 7: Generador – Inversor-cargador	28

5.3. Puesta a tierra.....	29
5.4. Protecciones de corriente continua	30
5.4.1. Paneles solares	31
5.4.2. Baterías	32
5.5. Protecciones de corriente alterna	33
5.5.1. Salida de los inversores.....	33
5.5.2. Interruptor general	33
5.5.3. Entrada del Inversor-cargador.....	34
5.5.4. Salida del grupo electrógeno.....	34

1. Introducción

En el presente anexo de cálculo, se procederá a exponer los diferentes motivos, metodologías y fundamentos que nos han conducido a la definitiva propuesta técnica expuesta en la memoria descriptiva del proyecto. Además de la justificación mediante cálculos de las alternativas elegidas, todo ello con arreglo a la normativa vigente.

2. Localización

El proyecto se localizará en el pueblo de Aldeas Infantiles SOS Louga, situado en Senegal. A continuación, se mostrarán las coordenadas y altitud a la que se encuentra la población.

- Latitud: 15.6187° Norte.
- Longitud: 16.2244° Oeste.
- Altitud: 44 metros.

Además, cabe destacar que la aldea posee un terreno lo suficientemente grande como para poder establecer sin problema la instalación.

3. Cálculo de pérdidas

Cualquier sistema de producción de energía sufre diferentes pérdidas en sus distintas fases, estas pérdidas afectarán de manera negativa al rendimiento final de la instalación. En este apartado se estudiarán las diferentes pérdidas que afectarán a nuestra instalación.

3.1. Pérdidas por orientación e inclinación

La orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos son uno de los factores más significativos a tener en cuenta a la hora de realizar una instalación, puesto que son los que nos permiten un mayor aprovechamiento de la radiación solar.

La orientación más óptima de los paneles solares que se encuentren en el hemisferio norte, como es el caso de Senegal, será hacia el sur. Como en el lugar donde se van a localizar los módulos no hay ningún tipo de impedimento u obstáculo esa será la orientación de nuestros paneles.

En base a lo expresado en el Código Técnico de la Edificación (CTE) la inclinación óptima de los paneles será la de la latitud menos 10° . En nuestro caso y según lo expresado en el CTE la inclinación óptima sería de 5° , aunque como veremos más tarde esta no será la inclinación elegida.

En la sección HE 5 del CTE también se establece que las pérdidas debidas a la orientación e inclinación del sistema y a las sombras sobre el mismo deben ser inferiores a los límites que se muestran en la siguiente tabla.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición de módulos fotovoltaicos	20%	15%	30%
Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos	40%	20%	50%

Tabla 1: Pérdidas límite según el CTE.

Nuestro caso es el general, es decir, que las pérdidas producidas por la orientación e inclinación de los paneles deben ser menores al 10%. Para calcular estas pérdidas necesitamos definir antes dos parámetros:

- Ángulo de inclinación (β), es el ángulo que se forma entre la superficie de los paneles solares y el plano horizontal.

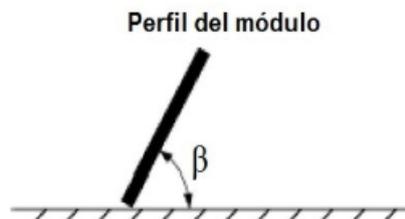


Figura 1: Ángulo de inclinación (β).

- Ángulo acimut (α), es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. En otras palabras, la rotación con respecto al sur. En nuestro caso, como los paneles se encuentran orientados hacia el sur $\alpha = 0^\circ$.

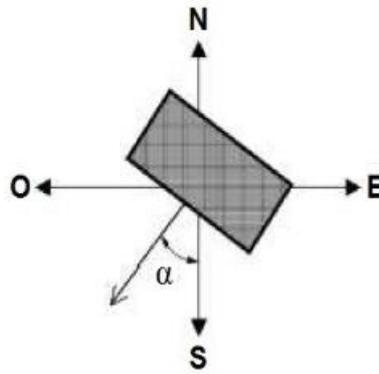


Figura 2: Ángulo acimut (α).

Para conocer el rango de inclinaciones para que las pérdidas por orientación e inclinación no superen el 10% es necesario hacer uso del siguiente diagrama.

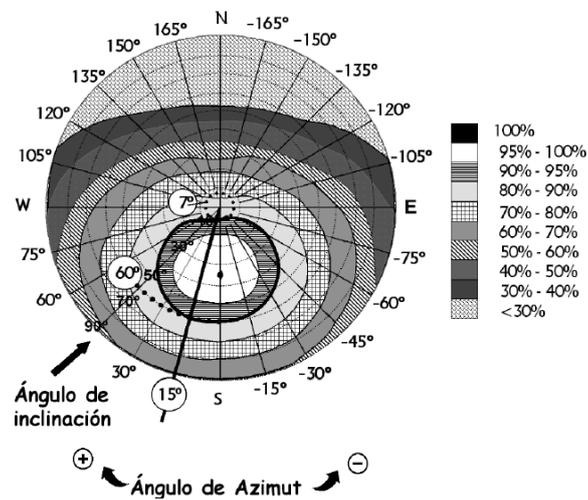


Figura 2: Diagrama de cálculo para las pérdidas por orientación e inclinación.

El procedimiento para calcular gráficamente la inclinación máxima y mínima que deben tener nuestros paneles para que no tengan unas pérdidas por inclinación y orientación superiores al 10%, consiste en trazar la recta de acimut de nuestra instalación para posteriormente proyectar las líneas circulares en los puntos donde cortan con nuestro límite de pérdidas. Este proceso se mostrará en la siguiente figura.

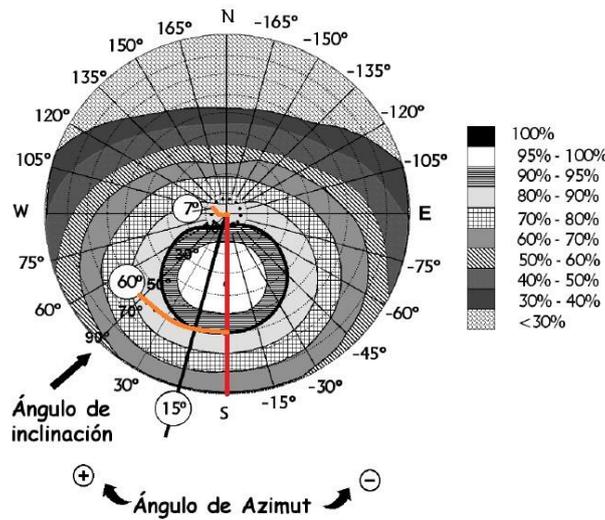


Figura 3: Procedimiento de cálculo del rango óptimo de inclinación.

Los resultados obtenidos han sido:

- Inclinación máxima=60°
- Inclinación mínima=7°

Sin embargo, este diagrama nos proporciona los valores de inclinación máxima y mínima para una latitud de 41°, por lo tanto, deberemos corregir estos valores para la latitud en la que se encuentra situado nuestro proyecto. Para ello haremos uso de las siguientes fórmulas:

$$\beta_{m\acute{a}xima} = \text{Inclinaci3n \acute{a}ngulo mayor} - 41^\circ - \text{Latitud} = 60^\circ - 41^\circ - 15^\circ = 34^\circ$$

$$\beta_{m\acute{i}nima} = \text{Inclinaci3n \acute{a}ngulo menor} - (41^\circ - \text{Latitud}) = 7^\circ - (41^\circ - 28^\circ) = -19^\circ$$

Cuando el \acute{a}ngulo que se obtiene es negativo, como es el caso de nuestra inclinaci3n m\acute{i}nima, se toma el valor de 0°. Por lo tanto, tendr\iacuteamos que:

$$0^\circ < \beta < 34^\circ$$

Finalmente, la inclinaci3n elegida para nuestros paneles ser\acute{a} de $\beta = 15^\circ$ y orientados hacia el sur.

Las p\erdidass generadas por esta inclinaci3n ser\acute{a}n:

$$P\acute{e}rdidass = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \text{Latitud} + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

Siendo:

- $\alpha = 0^\circ$
- $\beta = 15^\circ$
- Latitud = 15°

Obtenemos:

$$\text{Perdidas} = 7.5\%$$

3.2. Perdidas por sombreado

En la localización donde irán situados los paneles fotovoltaicos no se producen sombras, ya que en los alrededores no hay obstáculos que puedan producirlas.

Con esta configuración, las posibles sombras que se proyecten sobre las placas se realizarán en un rango de horas en los que los valores de radiación son tan pequeños que el propio inversor ya ha cortado la entrada de corriente por no poder hacer el seguimiento del punto de máxima potencia. Por tanto, con la disposición de los paneles se pueden descartar las pérdidas en la generación debido a las sombras.

4. Dimensionado

En este punto se explicarán los diferentes métodos, criterios y procesos que se han llevado a cabo para seleccionar los diferentes elementos que forman parte de la instalación fotovoltaica.

4.1. Previsión de cargas

En primer lugar, precisamos conocer las necesidades energéticas de la aldea. Para ello se ha estimado un perfil horario de potencia demandada, requisito indispensable para que el software HOMER PRO pueda realizar las simulaciones y obtener así la configuración más adecuada.

Asimismo, este software permite diferenciar entre la potencia demandada entre semana y en fin de semana, con la disminución de demanda que esto implica puesto que muchos de los edificios de la aldea no se usarán en fin de semana, como los colegios, el área administrativa, el centro de formación profesional, etc.

Para realizar este perfil se ha estimado la potencia diaria de cada uno de los edificios que forman parte de la instalación, para posteriormente sumarlas y obtener el perfil horario completo de la aldea.

A continuación, se mostrará la potencia aproximada que necesitan algunos de los electrodomésticos y equipos eléctricos más comunes que serán usados por los habitantes de la aldea.

Electrodomésticos	Potencia (kW)
Lavadora	1
Horno	1,5
Vitrocerámica	0,9
Microondas	0,9
Frigorífico	0,25
Televisor	0,15
Plancha	1,2
PC	0,15
DVD	0,03
Congelador	0,13
Campana extractora	0,16
Equipo de música	0,15
Fotocopiadora	0,4

Tabla 2: Características eléctricas de los módulos elegidos.

Una vez conocidos estos valores presentaremos los perfiles horarios de potencia demandada por los diferentes edificios que forman parte de la instalación.

Hora	Área Administrativa	Casa del Director	Centro FP	Centro Social	Comedor	Escuela Infantil	Escuela Primaria	Residencia Juvenil	Viviendas	Total (kW)
0:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
1:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
2:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
3:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
4:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
5:00	--	0,25	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
6:00	--	0,89	0,38		0,63	--	--	0,25	2,50	3,72
7:00	--	0,89	0,38		4,23	--	--	1,26	10,80	14,05
8:00	4,88	0,89	0,38		1,38	--	--	1,26	10,80	15,68
9:00	4,88	0,89	3,153		0,63	3,32	10,09	1,26	10,80	28,03
10:00	4,88	0,89	3,153		0,63	3,32	10,09	0,25	10,80	27,22
11:00	4,88	0,89	4,973		0,63	3,32	10,09	0,25	10,80	28,67
12:00	4,88	0,89	4,973		4,23	3,32	10,09	0,25	20,80	39,55
13:00	4,88	0,89	0,38	1,51	4,23	3,32	10,09	0,25	20,80	37,08
14:00	4,88	1,89	0,38	1,51	1,38	--	--	2,42	10,80	18,62
15:00	4,88	1,89	0,38	1,51	0,63	--	--	2,26	10,80	17,88
16:00	--	0,89	3,153	1,51	0,63	--	--	2,26	10,80	15,40
17:00	--	0,89	3,153	1,51	0,63	--	--	1,26	10,80	14,60
18:00	--	1,49	3,153	1,51	0,63	--	--	1,71	10,80	15,44
19:00	--	1,49	3,153	1,51	4,23	--	--	1,71	13,80	20,72
20:00	--	1,49	0,38		1,38	--	--	1,71	13,80	15,02
21:00	--	1,49	0,38		0,63	--	--	1,71	13,80	14,41
22:00	--	1,49	0,38		0,63	--	--	1,71	10,80	12,01
23:00	--	0,89	0,38		0,63	--	--	1,26	10,80	11,17

Tabla 3: Estimación del perfil horario de potencia demandada de la aldea entre semana.

Hora	Área Administrativa	Casa del Director	Centro FP	Centro Social	Comedor	Escuela Infantil	Escuela Primaria	Residencia Juvenil	Viviendas	Total (kW)
0:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
1:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
2:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
3:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
4:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
5:00	--	0,25	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,21
6:00	--	0,89	0,38	--	0,63	--	--	0,25	2,50	3,72
7:00	--	0,89	0,38	--	4,23	--	--	1,26	10,80	14,05
8:00	--	0,89	0,38	--	1,38	--	--	1,26	10,80	11,78
9:00	--	0,89	3,153	--	0,63	--	--	1,26	10,80	13,39
10:00	--	0,89	3,153	--	0,63	--	--	0,25	10,80	12,58
11:00	--	0,89	4,973	--	0,63	--	--	0,25	10,80	14,04
12:00	--	0,89	4,973	--	4,23	--	--	0,25	20,80	24,92
13:00	--	0,89	0,38	--	4,23	--	--	0,25	20,80	21,24
14:00	--	1,89	0,38	--	1,38	--	--	2,42	10,80	13,51
15:00	--	1,89	0,38	--	0,63	--	--	2,26	10,80	12,77
16:00	--	0,89	3,153	--	0,63	--	--	2,26	10,80	14,19
17:00	--	0,89	3,153	--	0,63	--	--	1,26	10,80	13,39
18:00	--	1,49	3,153	--	0,63	--	--	1,71	10,80	14,23
19:00	--	1,49	3,153	--	4,23	--	--	1,71	13,80	19,51
20:00	--	1,49	0,38	--	1,38	--	--	1,71	13,80	15,02
21:00	--	1,49	0,38	--	0,63	--	--	1,71	13,80	14,41
22:00	--	1,49	0,38	--	0,63	--	--	1,71	10,80	12,01
23:00	--	0,89	0,38	--	0,63	--	--	1,26	10,80	11,17

Tabla 4: Estimación del perfil horario de potencia demandada de la aldea en fin de semana.

A la hora de calcular la cantidad de potencia total demandada por hora se ha decidido establecer un factor de simultaneidad de 0.8, puesto que lo más probable es que

no todos los aparatos eléctricos de todos los edificios que componen la aldea estén conectados a la vez.

4.2. Potencia fotovoltaica

Para la obtención de la potencia del generador fotovoltaico que debe proporcionar nuestros paneles, para así satisfacer las demandas energéticas de la población, se ha hecho uso del software HOMER PRO. Este software realiza diferentes simulaciones para así encontrar la combinación más adecuada, atendiendo siempre a criterios técnicos y económicos.

Una vez realizadas las simulaciones obtenemos que la potencia fotovoltaica a instalar será de 114 kW, como podemos apreciar en la siguiente figura.

Icono	Jin335 (kW)	G3	Gener50 (kW)	BAE PVS2850	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)
	114		50.0	24	51.9	LF	\$247,222	\$0.155	\$10,569	\$112,109

Figura 4: Dimensión de los distintos elementos que forman parte de la instalación

4.3. Paneles fotovoltaicos

4.3.1. Número de paneles

Una vez tenemos la potencia del generador fotovoltaico debemos elegir los paneles solares. En este caso se ha optado por seleccionar el módulo fotovoltaico JKM335PP-72-V de 335 Wp, fabricado por Jinko Solar. Este modelo presenta las siguientes características eléctricas:

Datos eléctricos	
Potencia nominal	335 Wp
Tensión en el punto máximo	38 V
Corriente en el punto máximo (I_{mp})	8,82 A
Tensión en circuito abierto (V_{OC})	47,2 V
Corriente de cortocircuito (I_{cc})	9,18

Tabla 5: Principales datos eléctricos de los paneles JKM335PP-72-V

Haciendo uso de la siguiente expresión obtendremos el número de paneles que será necesario instalar para alcanzar la potencia fotovoltaica demandada.

$$\text{Número de paneles} = \frac{P_{FV}}{P_{panel}} = \frac{114 \text{ kW}}{0.334 \text{ kW}} = 340.3 \text{ paneles.}$$

Siendo:

- P_{FV} : Potencia del generador fotovoltaico.
- P_{panel} : Potencia nominal de los paneles seleccionados.

Según este cálculo deberíamos instalar como mínimo 340 paneles, pero sabiendo que el sistema va a tener pérdidas, debidas al cableado o la temperatura entre otros factores, finalmente se instalarán 350 paneles.

Al modificar el número de paneles cambia la potencia del campo fotovoltaico que pasa de 114 kW a 117.25 kW.

4.3.2. Separación entre filas de paneles

Con el fin de que no se produzcan sombras entre paneles, y evitar así posibles pérdidas, se debe calcular la distancia de separación entre las diferentes filas de paneles.

Para calcular esta distancia se debe hacer uso de las siguientes fórmulas:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

En la siguiente figura se podrá identificar con mayor facilidad los diferentes elementos que forman parte de la ecuación anterior.

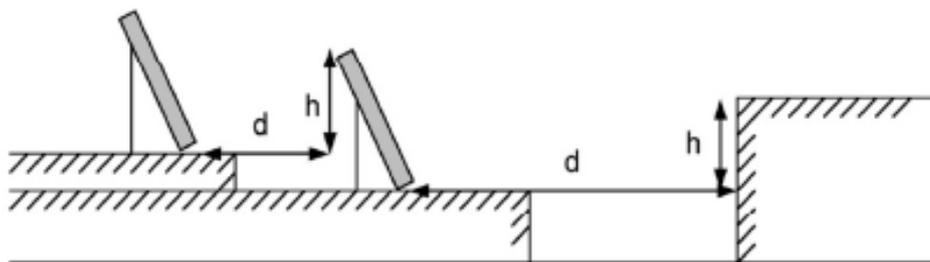


Figura 4: Distancias para evitar sombras entre paneles.

Para calcular el valor de d antes debemos conocer el resultado de h , para ello aplicando principios básicos de trigonometría obtenemos:

$$h = L_{panel} \cdot \text{sen}\beta$$

Siendo:

- L_{panel} : longitud del panel
- β : ángulo de inclinación del panel

$$h = 0.992m \cdot \text{sen}15^\circ$$

$$h = 0.26 \text{ m}$$

Una vez obtenido el valor de h procedemos al cálculo de la distancia d:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{0.26}{\tan(61^\circ - 15)}$$

$$d = 0.25 \text{ m}$$

Sin embargo, como disponemos de un terreno muy grande para la disposición de los paneles y para facilitar las labores de instalación y mantenimiento la distancia d final será de 0.5 m.

$$d = 0.5 \text{ m}$$

4.4. Inversores

Para obtener la cantidad de inversores que serán necesarios para la potencia generada por nuestro campo fotovoltaico se debe elegir un modelo de inversor. En este caso el modelo elegido ha sido el SUNNY TRIPOWER 25000TL-30 de 25KW, fabricado por SMA. En un primer momento, se estudió la posibilidad de usar el mismo modelo de inversor, pero con una potencia de 20 kW. Sin embargo, al aumentar el número de inversores a instalar aumentaba el presupuesto.

A continuación, se presentarán las principales características de este modelo:

Características eléctricas de entrada	
Potencia máxima de CC	25550 W
Tensión de entrada máxima	1000 V
Rango de tensión MPP	390/800V
Tensión de entrada mínima	188 V
Corriente máxima de entrada	33 A

Tabla 6: Características eléctricas de entrada del inversor elegido.

Características eléctricas de salida	
Potencia asignada	25000 W
Tensión nominal de CA	230 /400 V
Rango de tensión MPP	8,82 A
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Corriente máx. de salida	36,2 A
THD	$\leq 3\%$
Rendimiento máximo	98,30%

Tabla 7: Características eléctricas de salida del inversor elegido.

Para calcular el número de inversores necesarios haremos uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Número de inversores} = \frac{P_{PV}}{P_{inversor}} = \frac{117.25 \text{ kW}}{25 \text{ kW}} = 4.69 \approx 5 \text{ inversores}$$

Siendo:

- P_{FV} : Potencia del generador fotovoltaico.
- $P_{inversor}$: Potencia asignada del inversor.

En base a estos cálculos para que nuestra instalación pueda trabajar correctamente se necesitaran 5 inversores SUNNY TRIPOWER 25000TL-30 de 25KW.

Este modelo de inversor posee 2 entradas diferentes con 3 strings cada una para poder hacer la conexión con los módulos fotovoltaicos. Para obtener el número máximo y mínimo de paneles que se pueden conectar en serie a cada uno de los strings se hará uso de las siguientes fórmulas:

$$N_{Pmin} = \frac{V_{Imin}}{V_{oc}} = \frac{390 \text{ V}}{47.2 \text{ V}} = 8.26 \approx 9 \text{ paneles}$$

$$N_{Pmax} = \frac{V_{Imax}}{V_{oc}} = \frac{390 \text{ V}}{47.2 \text{ V}} = 16.94 \approx 17 \text{ paneles}$$

Siendo:

- N_{pmin} : número mínimo de paneles en serie por string.
- N_{pmax} : número máximo de paneles en serie por string.
- V_{Imin} : tensión mínima de entrada al inversor.
- V_{Imax} : tensión máxima de entrada al inversor.
- V_{OC} : tensión en circuito abierto del panel fotovoltaico.

El número de paneles en serie que pueden estar asociados a cada string debe estar entre 9 y 17. Para poder determinar la cantidad de paneles que se conectarán a cada inversor debemos tener en cuenta que la potencia que se le instale al inversor no puede superar los 25.55 kW.

Para que el reparto de paneles sea equitativo entre los diferentes inversores, cada inversor debe tener asociados 70 paneles, lo que hace un total de 23.45 kW.

$$23.45 \text{ kW} < 25.55 \text{ kW}, \text{ se cumple la condición anterior.}$$

Por último, también debemos buscar un reparto proporcional de los paneles entre los diferentes strings del inversor, por esto 5 de los 6 strings tendrán conectados 14 paneles en serie y al string que falta no se conectará ninguno.

4.5. Grupo electrógeno

La selección de este grupo electrógeno se ha hecho en base a los resultados obtenidos en la simulación realizada por HOMER PRO. En esta simulación se establecía que el generador diésel que se instalase debería tener una capacidad de 50 kW. En base a esto se ha optado por la utilización de un grupo electrógeno modelo MDDCG fabricado por CUMMINS.

Estas son las principales características del generador:

Características eléctricas	
Potencia nominal	50 kW
Tensión nominal	230 V / 400 V
Corriente de salida	90,2 A
Número de fases	3
Frecuencia	50 Hz

Tabla 8: Características eléctricas del generador, de CUMMINS.

4.6. Inversor-cargador

En este caso el modelo elegido ha sido el QUATTRO 24/5000/120, fabricado por VICTRON ENERGY. Para calcular el número de inversores-cargadores que hacen falta para nuestra instalación, debemos fijarnos en la corriente máxima de alimentación. A continuación, se presentarán las principales características de este dispositivo.

Características inversor	
Corriente máxima de alimentación	100 A
Potencia cont. de salida	5000 W
Consumo en vacío en modo de ahorro	10 W
Consumo en vacío	25 W
Eficacia máxima	94 %

Tabla 9: Características de inversor del QUATTRO, VICTRON ENERGY.

Como podemos observar en la Tabla 9 la corriente máxima de alimentación de este modelo es de 100 A, en cada una de las dos entradas que posee. Si solo colocásemos un inversor-cargador podría llegar recibir hasta 181 A procedentes de los inversores, que es superior a la intensidad máxima de alimentación del dispositivo.

Además, hay que tener en cuenta que, aunque en este caso no supere la corriente máxima admisible, la otra entrada del QUATTRO se encuentra conectada al grupo electrógeno.

Por este motivo se ha decidido la colocación de dos inversores-cargadores de este modelo, para poder así repartir la corriente entre ambas ramas. Con esta configuración la máxima intensidad de corriente alterna proveniente de los inversores será de 90.5 A, que en este caso si es menor que la intensidad admisible de alimentación, por lo que el dispositivo podrá trabajar sin problemas.

El segundo criterio que se ha tenido en cuenta la hora de elegir este modelo de inversor-cargador ha sido la potencia demandada para la carga de las baterías, como veremos en el siguiente apartado, cada bloque de baterías demandará 3840 W y como el inversor cargador seleccionado es de 5000 W podrá cargar las baterías sin problema.

4.7. Acumuladores

Como en el caso del grupo electrógeno, para dimensionar las baterías también se ha seguido el criterio de la simulación realizada por el HOMER PRO, aunque finalmente la configuración indicada se ha tenido que ver modificada debido a los cambios que han surgido durante el proceso de dimensionamiento.

En un principio la opción propuesta fue la de colocar una cadena de 24 baterías que generarían una carga de 2800 Ah, pero al tener que colocar dos inversores-cargadores se decidió repartir las 24 baterías de forma proporcional entre los dos elementos. El resultado final fue la colocación de dos bloques de baterías en configuración BAE 12 PVS 2280,

una configuración normalizada y fabricada por BORNAY. Esta configuración está formada por 12 vasos de 2 V cada uno que generarán una carga de 2280 Ah.

A continuación, calcularemos la autonomía que proporcionarían estas baterías a la instalación en dos casos significativos.

- Autonomía para una demanda de potencia media por parte de la aldea.

Como tenemos 12 vasos de 2V cada uno, la tensión generada por las baterías será:

$$V = 12 \cdot 2 V = 24 V$$

Para conocer la energía que puede proporcionar cada uno de los bloques, bastará con multiplicar su capacidad nominal de carga C_{10} por la tensión generada:

$$E_B = C_{10} \cdot V$$

Siendo:

- E_B : energía proporcionada por cada banco las baterías.
- C_{10} : capacidad nominal de carga C_{10}
- V : tensión generada por el bloque de baterías.

$$E_B = 1600 Ah \cdot 24 V = 38400 Wh$$

Sin embargo, como disponemos de dos bancos de baterías la energía total generada por estas será:

$$E_{BT} = 2 \cdot E_B = 2 \cdot 38400 = 76800 Wh$$

Siendo:

- E_{BT} : energía proporcionada por el conjunto de baterías de la instalación.

Finalmente, la autonomía de las baterías será:

$$\text{Horas de autonomía} = \frac{E_B}{P_m} = \frac{76.8 kWh}{14.25 kW} = \mathbf{5.4 \text{ horas de autonomia}}$$

Siendo:

- E_{BT} : energía proporcionada por el conjunto de baterías de la instalación.
- P_m : potencia media diaria demandada por la aldea.

- Autonomía suponiendo que las baterías solo se descarguen por las noches.

Este caso será más habitual, debido a la cantidad de horas de sol que hay durante el día el uso de las baterías se dará principalmente por las noches. El proceso es el mismo que en el caso anterior, solo cambiará el valor de la potencia que demandará la aldea.

Suponiendo que el valor de potencia media demandada por la aldea durante las noches sea de 6 kW, la autonomía de las baterías sería de:

$$\text{Horas de autonomía} = \frac{E_B}{P_{m,\text{noche}}} = \frac{76.8 \text{ kWh}}{6 \text{ kW}} = \mathbf{13.1 \text{ horas de autonomía}}$$

Siendo:

- E_{BT} : energía proporcionada por el conjunto de baterías de la instalación.
- $P_{m,\text{noche}}$: potencia media demandada por la aldea durante las noches.

Después de haber realizado estos cálculos podemos afirmar que la instalación proyectada se encuentra preparada para abastecer a la aldea durante una noche completa, sin hacer uso de los otros componentes generadores de la instalación.

5. Instalación eléctrica

La obtención de las distintas secciones de los diferentes tramos de nuestra instalación se ha realizado en base a lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y cumpliendo, además, con las recomendaciones determinadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en su Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.

5.1. Fórmulas

En este punto se detallarán las diferentes fórmulas que serán usadas para el cálculo de los distintos parámetros de la instalación eléctrica.

- *Corriente continua:*

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V}$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot S}$$

Siendo:

- S: sección del cable en milímetros cuadrados (mm²).
- I: Intensidad que circula a través del conductor, en amperios (A).
- L: longitud del tramo en metro (m).
- K: coeficiente de conductividad del cobre en $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$.
- ΔV : porcentaje de caída de tensión en el conductor.

- *Corriente alterna, sistema trifásico:*

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\varphi}{K \cdot \Delta V}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \cos\varphi}{K \cdot S}$$

Siendo:

- S: sección del cable en milímetros cuadrados (mm²).
- I: Intensidad que circula a través del conductor, en amperios (A).
- L: longitud del tramo en metro (m).
- K: coeficiente de conductividad del cobre en $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$.
- ΔV : porcentaje de caída de tensión en el conductor.
- $\cos\varphi = 1$

Según lo estipulado en Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDAE, los conductores seleccionados deberán tener la sección adecuada para que, en cualquier condición de trabajo, la caída de tensión sea inferior al 1,5 % la tensión nominal del sistema. Aunque en algunos tramos de este proyecto se ha reducido esta caída de tensión permitida al 1% con el fin de asegurar un funcionamiento correcto y seguro de la instalación eléctrica.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

Para obtener la sección del conductor haciendo uso del método por intensidad de corriente nos regiremos por lo estipulado en las tablas 52-B1 y A.52-1 bis recogidas en el ITC-BT-

19. En la siguiente figura se mostrará dicha tabla con la que hemos calculado las diferentes secciones en función de la intensidad de corriente.

TABLA 52-B1 (UNE 20460-5-523:2004) Métodos de instalación de referencia		Tabla y columna			
Instalación de referencia		Intensidad admisible para los circuitos simples			
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR	
		Número de conductores			
		2	3	2	3
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	Tabla A.52-1 bis columna 3	Tabla A.52-1 bis columna 2	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	Tabla A.52-1 bis columna 5	Tabla A.52-1 bis columna 4	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 7
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 6	Tabla A.52-1 bis columna 11	Tabla A.52-1 bis columna 9
	Cable multiconductor en conductos cerrados	Tabla A.52-2 bis columna 3	Tabla A.52-2 bis columna 4	Tabla A.52-2 bis columna 5	Tabla A.52-2 bis columna 6
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	Tabla A.52-1 bis columna 9	Tabla A.52-1 bis columna 7	Tabla A.52-1 bis columna 12	Tabla A.52-1 bis columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	Tabla A.52-1 bis columna 10	Tabla A.52-1 bis columna 8	Tabla A.52-1 bis columna 13	Tabla A.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	---	Ver UNE 20460-5-523	---	Ver UNE 20460-5-523

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)
 Cobre: $\rho_{20} = 1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$; Aluminio: $\rho_{20} = 1/35 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$
 $\rho = K_{\theta} \rho_{20}$ Para el cobre y el aluminio: $\theta = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,20$; $\theta = 90^{\circ}\text{C} \rightarrow K_{\theta} = 1,28$

POTENCIAS NORMALIZADAS DE TRANSFORMADORES (EN KVA):
 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000

FACTORES DE MAYORACIÓN K_{θ} : 1,25 para motores y 1,8 para lámparas de descarga

TABLA A.52-1 BIS (UNE 20460-5-523:2004)												
Intensidades admisibles en amperios												
Temperatura ambiente 40 °C en el aire												
Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C				PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3	XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm²												
Cobre												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461

XLPE: Polietileno reticulado (90°C) EPR: Etileno-propileno (90°C) PVC: Policloruro de vinilo (70°C)

Figura 5: tablas 52-B1 y A.52-1 bis.

- Puesta a tierra:

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

Siendo:

- R: resistencia de tierra en Ω .
- ρ : resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.
- L: longitud de la pica en metros (m).

5.2. Cableado de continua

En este punto se procederá al dimensionado de los diferentes tramos de nuestra instalación por los que circula corriente continua. Nuestro proyecto comprende tres secciones por las que circulará corriente continua, que pasarán a detallarse a continuación.

5.2.1. Tramo 1: Paneles fotovoltaicos – Cuadro de corriente continua

Datos de la línea:

Tramo 1		
Longitud (L)	22,5	m
Longitud + 10% (L+10%)	25 m	m
Intensidad de cortocircuito de los paneles (Isc)	9,18	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1,5	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$

Tabla 10: Datos de cálculo para el tramo 1.

Con el objetivo de simplificar al máximo posible la instalación de los paneles y evitar posibles fallos a la hora de conectar estos paneles fotovoltaicos con su respectivo string, se ha decidido que la longitud de cable a tener en cuenta en estos cálculos sea la de la fila de paneles que se encuentren más alejados de los inversores. Además, con el objetivo de asegurar el correcto dimensionamiento de la sección de este tramo, se ha decidido aumentar esta longitud en un 10% para prevenir posibles errores en producidos durante la medición.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la intensidad de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos:

$$I_{SC} = 9.18 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 10 (XLPE2) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 20 A > I_{SC} = 9.18 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 1.5 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 9.18 \cdot 25}{56 \cdot 1.5} = 6 \text{ mm}^2$$

$S = 6 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 6 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.2.2. Tramo 2: Cuadro de corriente continua – Inversor

Datos de la línea:

Tramo 2		
Longitud (L)	4	m
Intensidad de cortocircuito de los paneles (I_{sc})	9,18	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1,5	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 11: Datos de cálculo para el tramo 2.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la intensidad de cortocircuito de los paneles fotovoltaicos:

$$I_{SC} = 9.18 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 10 (XLPE2) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 20 A > I_{SC} = 9.18 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 1.5 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 9.18 \cdot 4}{56 \cdot 1.5} = 1.31 \text{ mm}^2$$

Pese a este resultado, esta no será la sección seleccionada para este tramo de cable. Esto es debido a que se respetará la sección elegida aguas arriba de 16 mm^2 . Si no se realizara esta modificación podría dar lugar al llamado efecto de cuello de botella a la salida del cuadro de corriente continua.

$S = 1.5 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 1.5 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.2.3. Tramo 3: Inversor-cargador – Baterías

Datos de la línea:

Tramo 3		
Longitud (L)	4	m
Intensidad (I)	208.5	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 12: Datos de cálculo para el tramo 3.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la intensidad que son capaces de proporcionar las baterías:

$$I = 208.3 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 10 (XLPE2) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 259 A > I = 208.3 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 95 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 208.3 \cdot 4}{56 \cdot 1} = 29.76 \text{ mm}^2$$

$S = 95 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 95 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.3. Cableado de alterna

En este apartado se procederá al dimensionado de los diferentes tramos de nuestra instalación por los que circula corriente alterna. Nuestro proyecto comprende cuatro secciones por las que circulará corriente alterna, que pasarán a detallarse a continuación.

Cabe destacar que toda la parte alterna de nuestra instalación eléctrica será trifásica, por lo que todos los cálculos serán adaptados a esta situación.

5.3.1. Tramo 4: Inversor – Bus de alterna

Datos de la línea:

Tramo 4		
Longitud (L)	2	m
Intensidad (I)	36.2	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 13: Datos de cálculo para el tramo 4.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la intensidad máxima de salida de los inversores:

$$I = 36.2 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 8 (XLPE3) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 54 A > I = 36.2 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 10 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 36.2 \cdot 2 \cdot 1}{56 \cdot 1} = 2.23 \text{ mm}^2$$

$S = 10 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 10 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.3.2. Tramo 5: Bus de alterna – Cuadro AC

Datos de la línea:

Tramo 5		
Longitud (L)	2	m
Intensidad (I)	181	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1.5	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 14: Datos de cálculo para el tramo 5.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la suma de las intensidades máximas de salida de los inversores:

$$I = 181 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 8 (XLPE3) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 224 A > I = 181 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 95 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 181 \cdot 2 \cdot 1}{56 \cdot 1.5} = 7.46 \text{ mm}^2$$

$S = 95 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 95 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.3.3. Tramo 6: Cuadro AC – Inversor-cargador

Datos de la línea:

Tramo 6		
Longitud (L)	2	m
Intensidad (I)	90.5	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1.5	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 15: Datos de cálculo para el tramo 6.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la mitad de la intensidad máxima del apartado anterior, esto es debido a la colocación de los dos inversores-cargadores en paralelo:

$$I = 90.5 A$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 8 (XLPE3) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 119 A > I = 90.5 A$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 35 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 90.5 \cdot 2 \cdot 1}{56 \cdot 1.5} = 3.73 \text{ mm}^2$$

$S = 35 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 35 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.3.4. Tramo 7: Generador – Inversor-cargador

Datos de la línea:

Tramo 6		
Longitud (L)	4	m
Intensidad (I)	90.2	A
Intensidad + 25% ($I_{25\%}$)	112.75	A
Porcentaje máximo de caída de tensión (ΔV)	1	%
Conductividad del cobre (K)	56	$\frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Tabla 16: Datos de cálculo para el tramo 7.

- *Cálculo de sección por intensidad de corriente:*

La corriente de referencia para realizar el cálculo será la intensidad generada por el grupo electrógeno:

$$I_{25\%} = 112.75 \text{ A}$$

El cable escogido ha sido el RV-k de POWERFLEX, con aislamiento XLPE. Como nos encontramos en el caso B1 y columna 8 (XLPE3) según las tablas 52-B1 y A.52-1 bis, buscando la intensidad superior a nuestra I_{SC} tendremos:

$$I_z = 185 \text{ A} > I_{25\%} = 112.75 \text{ A}$$

Por lo tanto, la sección será: $S = 70 \text{ mm}^2$

- *Cálculo de sección por caída de tensión:*

La sección mínima obtenida usando este método será de:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{K \cdot \Delta V} = \frac{\sqrt{3} \cdot 112.75 \cdot 4 \cdot 1}{56 \cdot 1} = 28.12 \text{ mm}^2$$

$S = 28.12 \text{ mm}^2$, puesto que cumple ambas condiciones.

Este tramo deberá tener una sección de 70 mm^2 para cumplir con las condiciones estipuladas en el IDAE y REBT.

5.3. Puesta a tierra

La puesta a tierra de la instalación se realizará en base a lo especificado en la Instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Según recoge el IDAE todas las masas de la instalación, tanto de la parte alterna como continua, irán asociadas a esta resistencia.

En primer lugar, necesitamos conocer el valor de la resistividad del terreno, para ello haremos uso de la siguiente tabla, obtenida directamente de la instrucción anteriormente mencionada del REBT.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 6: Resistividad de distintos tipos de terreno, REBT.

Como nuestro suelo podría entrar en la categoría de arena arcillosa, escogeremos la resistividad más restrictiva de ambas, en este caso:

$$\rho = 500 \Omega \cdot m$$

Una vez obtenido el valor de la resistividad del terreno procedemos al cálculo de la resistencia máxima de tierra, para ello el REBT establece dos valores de tensión límite, 50 y 24V. El primero de ellos se trata del valor límite convencional y el segundo es un valor específico más restrictivo, para el cálculo de nuestra resistencia a tierra se seleccionará 24 V y 300 mA, que es la protección diferencial que protege nuestra instalación. Finalmente tendremos:

$$R_{m\acute{a}x} = \frac{V}{I} = \frac{24 V}{0.3 A}$$

$$R_{m\acute{a}x} = 80 \Omega$$

En este punto ya solo nos queda calcular la cantidad de picas que irán colocadas en paralelo en nuestra instalación, si suponemos que nuestra toma de tierra estará formada por cuatro picas en paralelo:

$$R_{tierra} = \frac{1}{N_{picas} \cdot \frac{1}{R_{pica}}} = \frac{1}{4 \cdot \frac{1}{250}} = 30 \Omega$$

Un conjunto de 4 picas en paralelo tendrá una resistencia a tierra de 30 Ω que es menor que la resistencia máxima permitida.

En base a estos cálculos se llega a la conclusión de colocar 4 picas en paralelo para generar así una resistencia de puesta a tierra de 30 Ω .

5.4. Protecciones de corriente continua

En los siguientes apartados se mostrarán los diferentes métodos que se han usado para calcular las protecciones de corriente continua que se colocarán en diferentes puntos de la instalación.

En este proyecto se incluirán los siguientes tipos de protectores de corriente continua:

- *Fusibles:*

Su función principal será la de cortar el flujo de corriente eléctrica cuando a través del conductor circule una intensidad excesiva para la línea. Para poder realizar esto el fusible se funde para generar así un circuito abierto que impida la circulación de corriente a través del cable, evitando así posibles daños.

- *Protectores de sobretensión:*

Cuando estos dispositivos detectan un pico de tensión excesivo, lo elimina y lo dirige a tierra con el objetivo de que esta sobretensión no alcance a ningún dispositivo de la instalación y de este modo prolongar la vida útil de la misma.

5.4.1. Paneles solares

Entre cada grupo de paneles conectados en serie y su respectivo string de entrada al inversor se instalarán dos dispositivos de protección de corriente continua, que serán, un fusible y un protector de sobretensiones. De este modo, finalmente, se colocarán 25 fusibles y protectores de sobretensión en este tramo de la instalación. A continuación, procederemos al cálculo de la dimensión que deben tener estos elementos.

- *Fusibles:*

La intensidad máxima que soportarán estos fusibles debe estar comprendida entre el valor nominal que circulará a través del conductor y la máxima intensidad admisible por este. De este modo obtenemos que:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$9.18 A < \mathbf{15 A} < 44 A$$

Finalmente se ha seleccionado el modelo 491624 de 15 A, fabricado por DF ELECTRIC. A continuación, se mostrarán las principales características de estos fusibles:

Características generales	
Intensidad nominal	15 A
Poder de corte	30 kA
Tensión	1000 V
Talla	10x38 mm
Clase	gPV

Tabla 17: Características generales del 491929, de DF ELECTRIC.

- Protectores de sobretensión:

La tensión máxima que resistirá este elemento, a la que se producirá una derivación a tierra, debe estar comprendida entre el valor de voltaje generado por los paneles y el máximo valor permitido a la entrada del inversor:

$$V_P < V_n < I_{Inv}$$

$$532 \text{ V} < \mathbf{600 \text{ V}} < 1000 \text{ V}$$

Finalmente, se ha seleccionado el modelo PV40 SERIES, fabricado por PROSURGE ELECTRONICS. A continuación, se mostrarán las principales características de estos protectores de sobretensión:

Características generales	
Tipo	2
Tensión nominal	600V
Corriente máxima	40000 A

Tabla 18: Características generales del PV40 SERIES, de PROSURGE ELECTRONICS.

5.4.2. Baterías

Para la protección de las baterías se ha optado por la colocación de fusibles de tracción. Como en el caso de los fusibles utilizados para proteger los paneles solares, la intensidad máxima que soportarán debe estar comprendida entre el valor nominal que circulará a través del conductor y la máxima intensidad admisible por este. De este modo obtenemos que:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$208.3 \text{ A} < \mathbf{250 \text{ A}} < 259 \text{ A}$$

Finalmente se ha seleccionado el modelo FUSIBLE DE LENGÜETA CENTRADO DE 250 A, fabricado por SIBA. En la siguiente tabla se presentarán sus características más importantes:

Características generales	
Estándar del Fusible	DIN 43620, VDE 0636
Corriente Nominal	250 A
Tensión Nominal	500 V
Categoría de Aplicación	GG - gL
Tipo de fusible	NH

Tabla 6.12: Características generales del FUSIBLE DE LENGÜETA, de SIBA.

5.5. Protecciones de corriente alterna

Para todos los tramos se usarán bloques programables de protección industrial que contienen en su interior un interruptor diferencial y un magnetotérmico, lo único que cambiará entre los diferentes tramos de la instalación será el modelo del bloque, para adaptarnos así a las características específicas de cada línea. El modelo elegido ha sido el COMPACT NSX, fabricado por SCHNEIDER ELECTRIC.

En la siguiente tabla se mostrarán los diferentes modelos de bloques disponibles:

Características	
Modelo	Intensidades de corriente
ComPact NSX100	40/100 A
ComPact NSX160	40/100/160 A
ComPact NSX250	40/100/160/250 A
ComPact NSX400	400 A
ComPact NSX600	400 / 570 A

Tabla 6.13: Características de los modelos ComPact NSX, de SCHNEIDER ELECTRIC.

5.5.1. Salida de los inversores

En este apartado se calculará el bloque de protección de corriente alterna que se situará a la salida de los inversores. En este caso debemos elegir un bloque de protección por cada uno de los inversores, que posea una corriente admisible que se encuentre entre los siguientes valores:

$$I_{inv} < I_n < I_z$$

Siendo:

- I_{inv} : corriente de salida de los inversores.
- I_n : intensidad normalizada del bloque.
- I_z : intensidad máxima admisible del cable.

$$36.2 A < \mathbf{40 A} < 54 A$$

Serán necesarios 5 bloques ComPact NSX100 en una configuración de 40 A.

5.5.2. Interruptor general

La función de este bloque es cortar la electricidad de toda la aldea si se produjese un cortocircuito o un exceso de potencia. Para conocer que modelo de bloque instalar debemos realizar el mismo proceso del apartado anterior.

$$I_{bus\ AC} < I_n < I_z$$

Siendo:

- $I_{bus\ AC}$: la suma de la corriente máxima de los 5 inversores.
- I_n : intensidad normalizada del bloque.
- I_z : intensidad máxima admisible del cable.

$$181\ A < \mathbf{250\ A} < 260\ A$$

El bloque elegido será el ComPact NSX250 en una configuración de 250 A.

5.5.3. Entrada del Inversor-cargador

En este apartado se calculará el bloque de protección de corriente alterna que se situará a la entrada del inversor-cargador. En este caso debemos elegir un bloque de protección por cada uno de los inversores-cargadores, que posea una corriente admisible que se encuentre entre los siguientes valores:

$$I_{I-c} < I_n < I_z$$

Siendo:

- I_{I-c} : corriente de entrada al inversor cargador.
- I_n : intensidad normalizada del bloque.
- I_z : intensidad máxima admisible del cable.

$$90.5\ A < \mathbf{100\ A} < 119\ A$$

Serán necesarios 2 bloques ComPact NSX160 en una configuración de 100 A.

5.5.4. Salida del grupo electrógeno

En este apartado se calculará el bloque de protección de corriente alterna que se situará a la salida del generador diésel. Para conocer que modelo de bloque instalar debemos realizar el mismo proceso que en los apartados anteriores.

$$I_G < I_n < I_z$$

Siendo:

- I_G : corriente de salida del grupo electrógeno.
- I_n : intensidad normalizada del bloque.
- I_z : intensidad máxima admisible del cable.

$$11.75 A < \mathbf{160 A} < 167 A$$

El bloque elegido será el ComPact NSX160 en una configuración de 160 A.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

ANEXO II – ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE.

1.- Aspectos Generales.....	4
1.1- Justificación	4
1.2- Objeto	4
2- Método de evaluación de riesgos.....	5
2.1- Estimación del riesgo.....	5
2.2- Valoración del riesgo.....	6
3- Servicios sanitarios	7
3.1- Evacuación de heridos	7
3.2- Servicios sanitarios en la obra	7
4.- Servicios comunes	8
5.- Fases de la obra.....	8
5.1.- Montaje de la estructura de soporte	8
5.1.1.- Riesgos.....	8
5.1.2.- Medidas preventivas	9
5.1.3.- Equipos de protección individual.	9
5.2.- Montaje de los paneles solares	9
5.2.1.- Riesgos.....	9
5.2.2.- Medidas preventivas	9
5.2.3.- Equipos de protección individual.	10
5.3.- Montaje de los demás elementos de la instalación	10
5.3.1.- Riesgos.....	10
5.3.2.- Medidas preventivas	10
5.3.3.- Equipos de protección individual.	10
5.4.- Montaje de los demás elementos de la instalación	11
5.3.1.- Riesgos.....	11
5.3.2.- Medidas preventivas	11

5.3.3.- Equipos de protección individual	11
6.- Medios auxiliares y maquinaria utilizada	12
6.1.- Camión-grúa	12
6.1.1.- Riesgos.....	12
6.1.2.- Medidas preventivas	12
6.2.- Escalera de mano	13
6.2.1.- Riesgos.....	13
6.2.2.- Medidas preventivas	13
6.3.- Generador eléctrico.....	13
6.3.1.- Riesgos.....	13
6.3.2.- Medidas preventivas	13
6.4.- Maquinaria en general	14
6.4.1.- Riesgos.....	14
6.4.2.- Medidas preventivas	14
6.4.- Herramientas en general	14
6.4.1.- Riesgos.....	14
6.4.2.- Medidas preventivas	15
7.- Riesgos laborales evitables	15
7.1 Caídas al mismo nivel.....	15
7.2 Caídas a distinto nivel.....	15
7.3 Polvo y partículas.....	15
7.4 Ruido.....	16
7.5 Esfuerzos.....	16
7.6 Incendios	16
8.- Obligaciones de las partes implicadas	16
8.1.- Obligaciones del promotor	16
8.2.- Obligaciones del contratista y subcontratas.....	16

8.3.- Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud	17
8.4.- Obligaciones de los trabajadores autónomos.....	18
9.- Plan de seguridad y salud en el trabajo.....	18
10.- Libro de incidencias.....	19
12.- Derechos de los trabajadores	20

1.- Aspectos Generales

1.1- Justificación

Para el proyecto a realizar es necesario redactar un estudio básico de seguridad y salud, en base a lo expuesto en el artículo 4 del “Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción”. Dicho artículo establece las condiciones que determinaran si nuestro proyecto requiere un estudio de seguridad y salud o por el contrario un estudio básico de seguridad y salud. A continuación, se expondrán las condiciones que determinarán que tipo de estudio debemos realizar, en caso de que se cumpla alguna de ellas será obligatorio la realización de un Estudio de Seguridad y Salud.

a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 euros).

b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.

d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Debido a que ninguna de las condiciones anteriormente mencionadas se cumple, y como ya explicamos al inicio de este punto, será necesario redactar un estudio básico de seguridad y salud.

1.2- Objeto

El objeto del estudio básico de seguridad y salud es identificar los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas necesarias para ello, así como aquellos riesgos que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones para controlarlos y reducirlos.

En base a esto es de establecer unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales durante la ejecución de todos los trabajos de construcción, así como los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento.

2- Método de evaluación de riesgos

La identificación de peligros se va a realizar en función de las unidades constructivas del proyecto de ejecución, y los equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las obras.

2.1- Estimación del riesgo.

Para cada peligro que sea detectado durante la realización de la obra debe estudiarse el riesgo que supone, estableciendo la probabilidad de que ocurra y el daño que podría causar.

La probabilidad de que ocurra un riesgo es la posibilidad de que, una vez presentada la situación de riesgo, ocurra la secuencia completa del accidente. Esta probabilidad de que ocurra un accidente se puede graduar de la siguiente forma:

- Baja: remotamente posible, el daño ocurre raras veces.
- Media: bastante posible, el daño ocurre en algunas ocasiones.
- Alta: completamente posible, el daño ocurre siempre o casi siempre.

Para determinar la posible severidad del daño, debe considerarse tanto las partes del cuerpo que se puedan ver afectadas como la naturaleza del daño. En base a esto podemos clasificarlos en:

- Ligeramente dañino: condición capaz de causar lesiones leves no incapacitantes o una pérdida material leve, como cortes, pequeñas magulladuras, irritación de los ojos por polvo....
- Dañino: condición capaz de causar incapacidades transitorias o pérdida material grave, como laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores...
- Extremadamente dañino: condición capaz de causar incapacidad permanente, pérdida de la vida o una pérdida material muy grave, como amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer...

2.2- Valoración del riesgo.

El grado de un riesgo detectado en un puesto de trabajo se obtiene a partir de los valores asignados a la probabilidad y severidad correspondientes a dicho riesgo, obteniendo la siguiente tabla:

Grado de riesgo		Severidad		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	Media	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Tabla 1: Grado de riesgo

Los distintos niveles mostrados en el cuadro anterior forman la base para decidir si se requieren mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos. A continuación, mostramos las acciones a tomar en caso de avistemos alguno estos riesgos:

- **Riesgo trivial:** no se requiere acción específica.
- **Riesgo tolerable:** no es necesario mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables. Además, será necesario comprobar periódicamente estas medidas para así verificar la eficacia de las mismas.
- **Riesgo moderado:** se debe trabajar para reducir el riesgo, proponiendo medidas efectivas que permitan minimizarlo o eliminarlo.
- **Riesgo importante:** no se debe comenzar con el trabajo en la obra hasta que se haya conseguido reducir el riesgo. Cuando el riesgo aparezca durante la realización de un trabajo, debe remediarse el problema en el menor tiempo posible.
- **Riesgo intolerable:** en el caso de que se detecte un riesgo de este tipo debe paralizarse completamente el trabajo que ocasione la inseguridad hasta que

se consiga reducir el riesgo. Además, deben emplearse todos los recursos necesarios para solucionar el problema.

Se debe entender la evaluación de riesgos como un proceso continuo. De este modo las medidas de control deben revisarse periódicamente y en los casos que sea necesario modificarse.

3- Servicios sanitarios

“Deberán adaptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.” (R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción).

3.1- Evacuación de heridos

La evacuación de las personas que resulten heridas en la obra se llevará a cabo por profesionales especializados y en ambulancia. Este último punto no será de obligatorio cumplimiento para los heridos leves que, si podrán trasladarse mediante otros medios, pero siempre con la supervisión del encargado de emergencias.

Además, será necesaria la habilitación de un área bien identificada donde se disponga de los contactos de emergencia y la localización de los centros sanitarios más próximos.

3.2- Servicios sanitarios en la obra

Para poder aplicar los primeros auxilios en los casos necesarios es imprescindible disponer de un botiquín que se encuentre visible y totalmente equipado en todo momento. Con respecto al contenido que debe tener, y según lo expresado en el RD 486/97 disposiciones mínimas de seguridad en los lugares de trabajo, como mínimo debe contener los siguientes elementos:

- Desinfectantes y Antisépticos.
- Gasas estériles.
- Algodón Hidrófilo.
- Vendas.

- Esparadrapos.
- Apósitos adhesivos.
- Tijeras.
- Pinzas.
- Guantes desechables.

4.- Servicios comunes

En esta obra no se precisan aseos, vestuarios ni comedores pues en el caso de que su uso sea necesario la aldea podría proporcionar todos estos servicios a los trabajadores.

5.- Fases de la obra

En este punto enumeraremos las diferentes fases que tendrá nuestra obra, identificando en cada una de ellas sus riesgos. Además, se especificarán las medidas preventivas y equipos de protección individual para tratar de evitar o reducir los posibles efectos de estos riesgos.

5.1.- Montaje de la estructura de soporte

El primer paso será el montaje de las estructuras de soporte para los paneles fotovoltaicos.

5.1.1.- Riesgos

Los riesgos más frecuentes en este tipo de trabajos son:

- Insolación o deshidratación.
- Quemaduras debido al efecto del sol.
- Golpes con herramientas u otros objetos en el momento del montaje.
- Caídas al mismo nivel.
- Generación de polvo.
- Caídas materiales por colocación incorrecta.

5.1.2.- Medidas preventivas

- Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, se intentará en la medida de lo posible estar bien hidratado.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas.
- Mantener la zona de trabajo ordenada para evitar posibles caídas.

5.1.3.- Equipos de protección individual.

- Casco de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

5.2.- Montaje de los paneles solares

Ya colocadas las estructuras, se procedería a la instalación de los módulos fotovoltaicos.

5.2.1.- Riesgos

- Caídas a distinto nivel por el uso de escaleras.
- Golpes por el módulo fotovoltaico.
- Accidente por caída del módulo fotovoltaico.
- Cortes u otras heridas por el uso de herramientas.
- Insolación o deshidratación por una exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.

5.2.2.- Medidas preventivas

- Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, se intentará en la medida de lo posible estar bien hidratado.
- En el caso de usar escalera se verificará la superficie donde se coloca y se evitará adoptar posiciones extrañas en la misma.

- En el caso de que se use grúa no se podrá trabajar cerca de la misma mientras esta esté operativa, con el fin de evitar golpes con el brazo o posibles caídas de objetos.
- Mantener ordenada la zona de trabajo a fin de evitar caídas al mismo nivel.

5.2.3.- Equipos de protección individual.

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

5.3.- Montaje de los demás elementos de la instalación

En este punto veremos los riesgos que conlleva la instalación de los demás elementos solares de la instalación como son los inversores, baterías, protecciones y el generador.

5.3.1.- Riesgos

Los riesgos más comunes en el montaje de estos elementos son los siguientes:

- Electrocutión.
- Heridas por la utilización de herramientas.
- Incendios y explosiones.
- Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura.

5.3.2.- Medidas preventivas

- Para evitar la electrocutión, se tendrá que utilizar unos guantes aislantes y, además, en ningún caso se trabajará bajo tensión.
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento.
- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor.

5.3.3.- Equipos de protección individual.

- Guantes aislantes en pruebas de tensión.

- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Protectores auditivos.

5.4.- Montaje de los demás elementos de la instalación

En último lugar se procederá a la colocación del cableado y conexionado de los elementos anteriormente instalados.

5.3.1.- Riesgos

- Electrocutión.
- Heridas o cortes por la utilización de herramientas.
- Entrada en los ojos de cuerpos extraños.

5.3.2.- Medidas preventivas

- Para evitar la electrocución, se tendrá que utilizar unos guantes aislantes y, además, en ningún caso se trabajará bajo tensión.
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento.
- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor.
- Se debe verificar la ausencia de tensión antes de realizar el conexionado de los equipos.

5.3.3.- Equipos de protección individual.

- Guantes aislantes en pruebas de tensión.
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

6.- Medios auxiliares y maquinaria utilizada

En este apartado se describirán los diferentes medios auxiliares que se usarán durante la realización de la obra. Además, se especificarán las medidas preventivas y equipos de protección individual para tratar de evitar o reducir los posibles efectos de estos riesgos.

6.1.- Camión-grúa

Será necesaria la utilización de un camión-grúa para realizar de una manera más fácil y segura el transporte y distribución de los paneles solares.

6.1.1.- Riesgos

- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpe por la carga.
- Desplome de los paneles desde cierta altura.
- Atrapamientos.
- Atropellos.

6.1.2.- Medidas preventivas

- La principal medida de prevención para evitar accidentes debe ser despejar la zona de trabajo mientras la grúa esté realizando trabajos.
- En ningún caso se seguirá usando la grúa si se detectan anomalías.
- Al finalizar cualquier periodo de trabajo, la pluma se maniobrá para dejarla recogida detrás de la cabina del conductor.
- No permitir el uso del cuadro de maniobra de la grúa a personas no autorizadas.
- No intentar arrastrar por el suelo cargas, dejando el cable con tensiones inclinadas, puede provocar el vuelco del camión grúa.
- No balancear ni dejar suspendidas las cargas durante un periodo prolongado de tiempo las cargas.
- Fijar bien las cargas para evitar que se desprendan.

6.2.- Escalera de mano

6.2.1.- Riesgos

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Golpes.

6.2.2.- Medidas preventivas

- Se apoyarán sobre superficies horizontales, lo suficientemente planas como para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos o elementos similares.
- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.

6.3.- Generador eléctrico

Al realizarse las obras en una aldea que se encuentra fuera de la red eléctrica será necesario la utilización de un grupo electrógeno para poder conectar la maquinaria eléctrica.

6.3.1.- Riesgos

- Quemaduras por el calentamiento del equipo.
- Electrocutión.
- Atrapamiento por las partes móviles del grupo electrógeno.

6.3.2.- Medidas preventivas

- Colocar el generador en una zona perimetrada donde solo pueda acceder personal autorizado.

6.4.- Maquinaria en general

6.4.1.- Riesgos

- Vuelcos.
- Cortes.
- Ruido.
- Incendio y explosiones.
- Atropellos.
- Atrapamientos.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes.

6.4.2.- Medidas preventivas

- No se podrá manipular ningún elemento o componente de la máquina mientras esta se encuentre conectada al sistema eléctrico.
- Deberán estar provistas de sistemas antiatrapamiento.
- Su mantenimiento y arreglo deberá ser realizado por personal especializado.
- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de cierta maquinaria.

6.4.- Herramientas en general

6.4.1.- Riesgos

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Electrocuación.
- Vibraciones.
- Ruido.

- Atmosferas polvorientas.

6.4.2.- Medidas preventivas

- Las herramientas solo serán utilizadas en las tareas para las que se han sido diseñadas, se mantendrán limpias y antes de su uso se comprobará que se encuentran en buen estado.
- Toda herramienta eléctrica deberá estar bien aislada para evitar electrocuciones.
- En el caso que se detecte algún fallo en el funcionamiento se deberá comunicar.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro conectadas y sin supervisión.
- Al terminar cada jornada laboral se deberá verificar que toda herramienta eléctrica ha sido desconectada.

7.- Riesgos laborales evitables

En este punto se expondrán los riesgos laborales evitables más frecuentes y las medidas preventivas a llevar a cabo para que no se produzcan.

7.1 Caídas al mismo nivel

- El área de trabajo debe estar ordenada, limpia y bien iluminada.
- Se debe habilitar zonas para almacenar el material que deben estar correctamente señaladas con el fin de mantener lo más despejada posible el lugar de trabajo.

7.2 Caídas a distinto nivel

- Las escaleras deben estar bien sujetas y colocadas sobre superficies planas.
- Se deberá verificar periódicamente el estado de escaleras y andamios.

7.3 Polvo y partículas

- En los trabajos en los que se genere polvo o partículas se deberá hacer uso de gafas protectoras y mascarilla.
- Como el terreno donde se realizará la obra es seco y árido se deberá intentar en la medida de lo posible regar la zona con el fin de evitar la generación de polvo.

7.4 Ruido

- Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico.
- Se comprobarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo.

7.5 Esfuerzos

- No se deberá desplazar manualmente cargas muy pesadas.
- Se evitarán las posturas inadecuadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas con el fin de evitar lesiones.

7.6 Incendios

- Quedará totalmente prohibido fumar en presencia de materiales inflamables o en caso de existir riesgo de incendio.
- Aquellos trabajos que tengan riesgo de provocar un incendio se realizarán bajo supervisión y extremando las medidas de seguridad.

8.- Obligaciones de las partes implicadas

8.1.- Obligaciones del promotor

Antes de comenzar los trabajos, se debe designar un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades que deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre.

8.2.- Obligaciones del contratista y subcontratas

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

1.- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular:

- Mantener la obra en un buen estado, tanto limpio como ordenado.
- La elección del lugar de los puestos y áreas de trabajo.
- El mantenimiento y control periódico de los elementos necesarios para la ejecución de las obras.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La cooperación entre todas las personas que intervienen en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2.- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

Los contratistas y subcontratistas son los responsables de que todos los trabajadores que participen en el proyecto estén formados e informados, por sus respectivas empresas, de los posibles riesgos a los que se exponen al desempeñar su trabajo y de las medidas preventivas que deberán adoptar en las distintas fases de la obra.

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

4.- Tienen el deber de informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre las medidas que se deben adoptar.

5.- Deben atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

8.3.- Obligaciones del coordinador en materia de seguridad y salud

Se debe señalar que la designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona. El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para que contratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de

Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627.

- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y si fuera necesario las modificaciones sufridas.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales.
- Coordinar la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para garantizar que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

En el caso de que no fuera necesaria la designación de un coordinador en materia de seguridad y salud la dirección facultativa asumirá estas funciones.

8.4.- Obligaciones de los trabajadores autónomos

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1.- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

2.- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D.1627/1997.

3.- Participar en cualquier medida de actuación coordinada que haya sido establecida por el coordinador en materia de seguridad y salud.

4.- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5.- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.

6.- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D.773/1997.

7.- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

9.- Plan de seguridad y salud en el trabajo

Antes del inicio de la obra y en base al estudio básico de seguridad y salud, el contratista deberá elaborar un plan de seguridad y salud en el trabajo. En este plan se debe

analizar, estudiar, desarrollar y complementar las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. Se incluirán, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que en ningún caso podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, podrá ser modificado función del proceso de ejecución, pero siempre con la aprobación del coordinador en materia de seguridad y salud.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como la personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas.

El plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la dirección facultativa.

10.- Libro de incidencias

En la obra existirá un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud. La finalidad principal de este libro es el control y seguimiento del plan de seguridad y salud

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

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente, notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

11.- Paralización de los trabajos

En el caso de que durante la ejecución de las obras el coordinador en materia de seguridad y salud observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia del incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para la paralización parcial o de la total de la obra.

Además, deberá dar cuenta de este hecho a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social. También será el encargado de notificar del paro a todos los agentes que intervienen en la obra, representantes de los trabajadores, trabajadores y contratista.

12.- Derechos de los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deben garantizar que los trabajadores reciban una información comprensible y adecuada de todas las medidas que se vayan a llevar a cabo en referencia a la seguridad y salud en la obra.

Además de esto, el contratista facilitará una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo para su conocimiento y seguimiento.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

III – PLANOS.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE

Plano 1.-	Situación.
Plano 2.-	Emplazamiento.
Plano 3.-	Distribución de paneles.
Plano 4.-	Unifilar.



ESCALA:
1:10 000 000



ESCALA:
1:50 000

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Escala	--	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de La Laguna	
AUTOR	CARLOS GARCÍA MARTÍN		
Id.s. normas	UNE-EN-DIN		

Nº P. 1

SITUACIÓN

SEP 2019



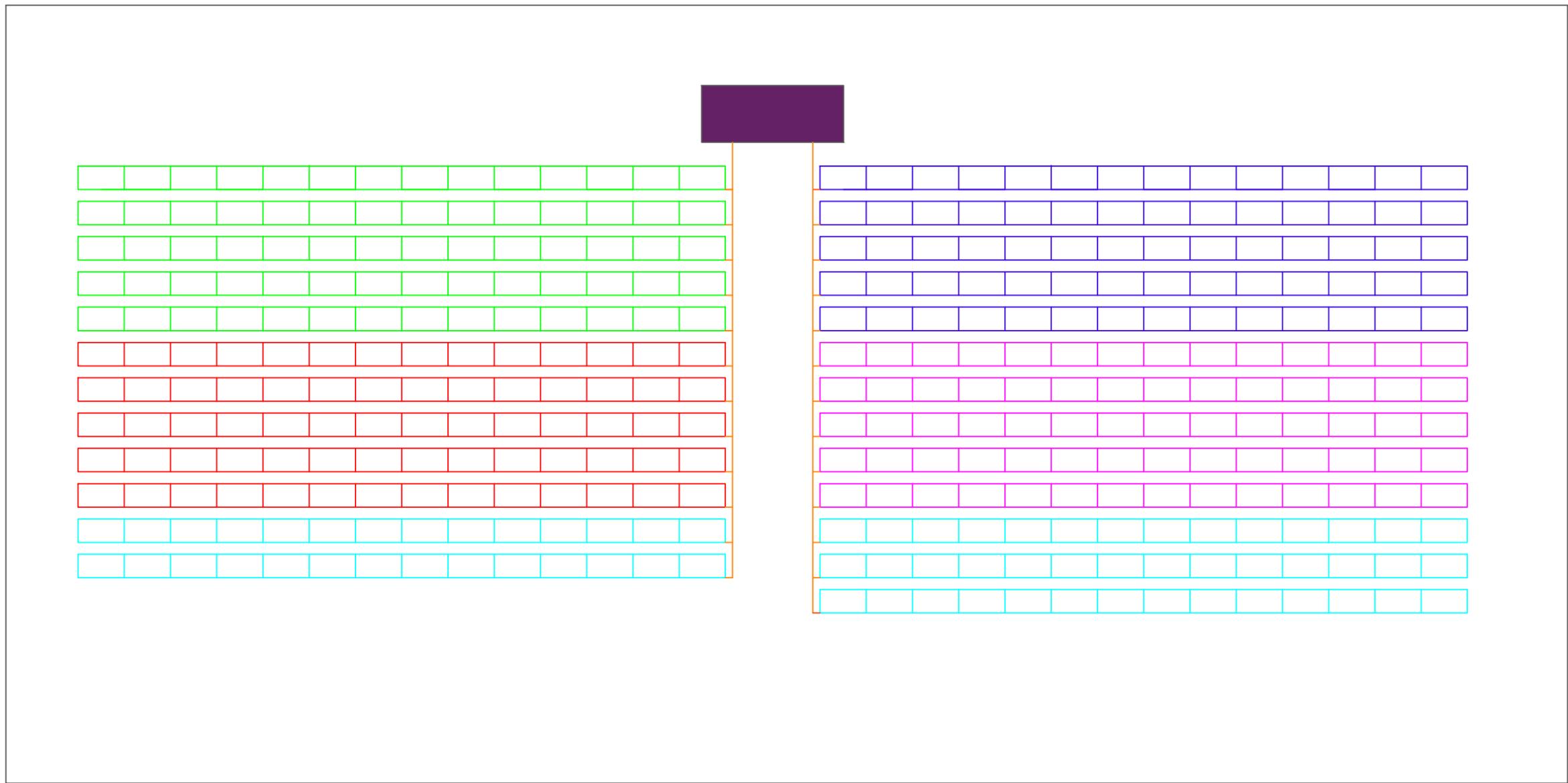
ESCALA:
1: 10 000



ESCALA:
1:2 000

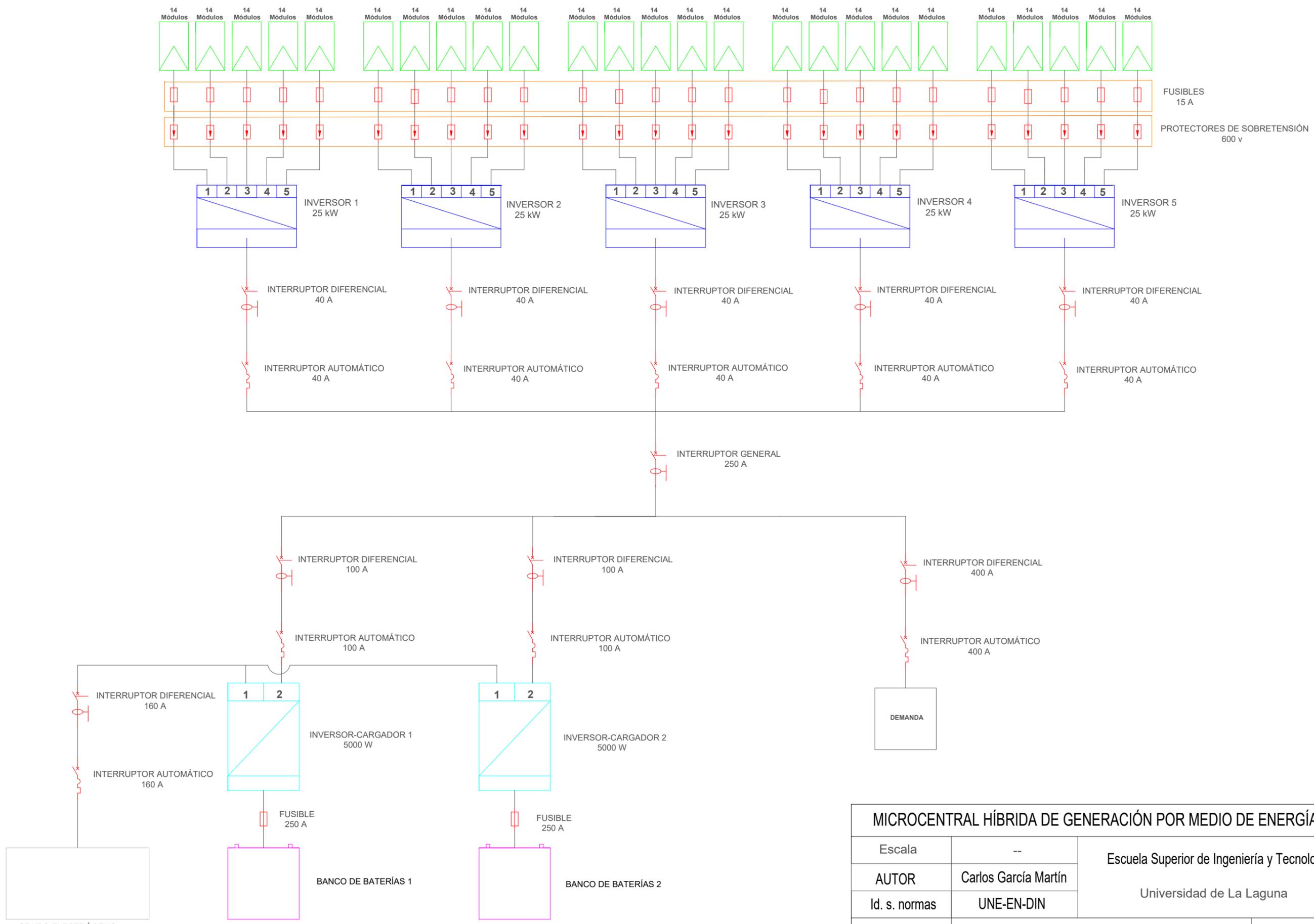
MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Escala	--	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de La Laguna	
AUTOR	CARLOS GARCÍA MARTÍN		
Id.s. normas	UNE-EN-DIN		
Nº P. 2	EMPLAZAMIENTO		SEP 2019



LEYENDA DISTRIBUCIÓN DE PANELES	
	PANELES ASOCIADOS AL INVERSOR 1
	PANELES ASOCIADOS AL INVERSOR 2
	PANELES ASOCIADOS AL INVERSOR 3
	PANELES ASOCIADOS AL INVERSOR 4
	PANELES ASOCIADOS AL INVERSOR 5
	RECORRIDO DEL CABLEADO DESDE LOS PANELES A LOS INVERSORES
	CASETA DONDE SE UBICAN LOS INVERSORES

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES			
Escala	1:200	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de La Laguna	
AUTOR	Carlos García Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
Nº P. 3	DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES	SEP 2019	



MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE ENERGÍAS RENOVABLES			
Escala	--	Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de La Laguna	
AUTOR	Carlos García Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
Nº P. 4	ESQUEMA UNIFILAR	SEP 2019	



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

IV – PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE:

1. Objeto.....	2
2. Generalidades	2
3. Ejecución de la obra	2
4. Componentes y materiales	3
4.1. Paneles fotovoltaicos	3
4.2. Estructuras de soporte	4
4.3. Acumuladores plomo-ácido	4
4.4. Inversores.....	5
4.5. Cableado.....	6
4.6. Protecciones y puesta a tierra.....	7
5. Recepción y pruebas	7
6. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento	8
6.1. Programa de mantenimiento	8
6.2. Garantías	10
6.2.1. Programa de mantenimiento	10
6.2.2. Condiciones económicas	10
6.2.3. Anulación de la garantía	11
6.2.4. Lugar y tiempo de la prestación	11

1. Objeto

El objetivo que se persigue con la realización de este documento es el de mostrar las características mínimas que se han de cumplir para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación. Al mismo tiempo, la redacción del pliego de condiciones técnicas del proyecto puede servir de soporte a la empresa instaladora a la hora de representar de manera clara que características se deben cumplir, para asegurar así un funcionamiento óptimo de la instalación.

2. Generalidades

La aplicación de este pliego englobará a todos los componentes que forman parte de la instalación. Podrán adoptarse, diferentes soluciones a las que se encuentran recogidas en este pliego, siempre y cuando estas soluciones estén correctamente justificadas y no supongan una reducción de las prestaciones del sistema.

3. Ejecución de la obra

Se deberá ubicar la instalación en los espacios indicados para esta, que han sido expuestos con anterioridad en este proyecto. La empresa contratada para llevar a cabo la obra será la responsable de asegurar el suministro de todos los componentes y materiales necesarios para la puesta en marcha de la instalación y, además, deberá garantizar la calidad de los mismos.

Si existiese algún dato o consideración errónea en el proyecto, la empresa contratada deberá hacérselo saber al director técnico de la obra, que será el encargado de tomar las decisiones pertinentes.

Si la empresa contratada estimase oportuno modificar partes del proyecto originario, podría hacerlo siempre y cuando estas modificaciones no hicieran que el presupuesto del proyecto inicial variase en un 15%.

4. Componentes y materiales

La instalación deberá cumplir con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en referencia a las protecciones y la seguridad de las personas. Para cumplir esto se incluirán todas las medidas de protección necesarias con el fin de salvaguardar tanto a las personas como a los diferentes elementos que forman parte de la instalación.

Todos estos elementos deberán cumplir con la normativa de seguridad eléctrica y deberán estar correctamente certificados por el fabricante. Estos indicadores incluidos por el fabricante deberán estar en el idioma del lugar donde se sitúe la instalación con el fin de facilitar su comprensión por parte de trabajadores y usuarios.

En los siguientes apartados se especificarán las condiciones que deberán cumplir cada uno de los elementos de la instalación.

4.1. Paneles fotovoltaicos

Los módulos instalados, JKM335PP-72-V, deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino. También deberán cumplir con la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico deberá llevar incorporada de forma que sea perfectamente visible su modelo, nombre del fabricante y el número de serie para poder identificarlos.

Para que un panel sea aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del ± 5 % de los correspondientes valores nominales mostrados en el catálogo. En el caso de que un módulo presente defectos de fabricación será retirado inmediatamente. Estos defectos pueden ser roturas, arañazos o manchas, así como irregularidades en la alineación de las células.

Se deberá verificar la presencia en los paneles de diodos de derivación, para así evitar posibles daños en los equipos, y que sus marcos laterales sean de aluminio o acero inoxidable. Si las tensiones nominales de la parte continua de la instalación superasen los 48V, se deberá conectar a tierra tanto la estructura del generador como los marcos metálicos de los paneles. Además, se instalarán los elementos necesarios para la

desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

Todo producto que no cumpla con cualquiera de estas especificaciones deberá contar con la autorización expresa del IDAE antes de su instalación.

4.2. Estructuras de soporte

Los paneles deberán disponer de las estructuras de soporte necesarias con los accesorios que sean necesarios. Tanto la estructura como el sistema de fijación deberán permitir las dilataciones térmicas necesarias sin que se transmitan cargas que puedan afectar a la integridad de los paneles.

De acuerdo con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), las estructuras de soporte deberán resistir las sobrecargas de viento y nieve con los módulos solares montados. El diseño deberá ajustarse a los parámetros de orientación e inclinación específicos para los paneles y teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje.

La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable y solo en el caso de que sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Se deberá verificar que ni los topes de sujeción ni la propia estructura arrojarán sombra sobre los módulos con el fin de no mermar así su capacidad de producción y con ello el rendimiento de la instalación.

4.3. Acumuladores plomo-ácido

Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-ácido, preferentemente estacionarias y de placa tubular.

Para certificar que se produce una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador no podrá exceder en 25 veces la corriente de cortocircuito campo fotovoltaico. Si la capacidad del acumulador elegido fuese superior a este valor deberá justificarse adecuadamente su elección.

Se garantizará que la máxima profundidad de descarga no excederá el 80 % en aquellas instalaciones en las que se prevea que descargas tan profundas no se producirán con frecuencia. En las situaciones en las que estas sobredescargas puedan ser habituales la máxima profundidad de descarga no deberá superar el 60 %.

La vida del acumulador, que se define como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80 % de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50 % a 20 °C.

Para la instalación del acumulador se seguirán las instrucciones marcadas por el fabricante, aun así, se deberá asegurar que el acumulador se situará en un lugar con una correcta ventilación y de acceso restringido. Se hará uso de los elementos de protección necesarios para evitar que se produzca un cortocircuito accidental de los terminales del acumulador.

Todos los inversores que se coloquen en la instalación deberán estar etiquetados con al menos la siguiente información.

- Tensión nominal (V).
- Polaridad de los terminales.
- Capacidad nominal (Ah)
- Fabricante y número de serie.

4.4. Inversores

Los requisitos técnicos que se describirán en este apartado son de aplicación a los inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija. Si se dispusiese de otro tipo de inversor se deberán asegurar unos requisitos equivalentes en cuanto a la calidad de estos.

Los inversores deben ser de onda senoidal pura. Sin embargo, se podrá hacer uso de inversores de onda no senoidal siempre y cuando su potencia nominal sea inferior a 1 kVA, no generen daño a las cargas y aseguren una correcta operación de éstas.

Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador o como en el caso de este proyecto, en los bornes del acumulador. Si se diera este último caso deberá asegurarse la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, como se especificó en el apartado anterior. Las protecciones podrán ser proporcionadas por el propio inversor y si no es así se deberá hacer uso de un regulador de carga.

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante. Además, deberá garantizar que el inversor elegido asegure una correcta operación en el margen de tensiones de entrada

del sistema. Además, la regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén entre:

$$V_n \pm 5\%, \text{ siendo } V_N = 220 V_{rms} \text{ o } 230 V_{rms}$$

$$50Hz \pm 2\%$$

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

Todos los inversores instalados deberán estar etiquetados con al menos la siguiente información.

- Potencia nominal (VA).
- Tensión nominal de entrada (V).
- Tensión (V_{rms}) y frecuencia (Hz) nominales de salida.
- Fabricante y número de serie.
- Polaridad y terminales.

4.5. Cableado

Se deberá asegurar que todo el cableado de la instalación cumpla con lo establecido en la legislación vigente

Se tendrá que verificar mediante los diferentes métodos de cálculo que los conductores tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Para cualquier condición de trabajo será necesario que para cualquier condición de trabajo los conductores posean la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % de la tensión nominal continua del sistema

Se incluirá toda la longitud de cables que sea necesaria para cada aplicación concreta, con el objetivo de evitar esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables. Además, los cables positivos y negativos de la parte continua de la instalación se deberán conducir por separado, protegidos y señalizados de acuerdo a la normativa vigente.

Todos los cables cuyo recorrido transcurra en el exterior deberán estar adecuadamente protegidos contra la intemperie.

4.6. Protecciones y puesta a tierra

Aquellas instalaciones con tensiones nominales que superen los 48V deberán contar con una toma de tierra a la que estará conectada al menos la estructura del soporte y los marcos metálicos de los paneles solares

Los elementos de protección eléctricos deberán asegurar la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos y en caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

La instalación también deberá estar protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se tendrá que prestar una atención especial a la protección de la batería frente a cortocircuitos, ya sea mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

5. Recepción y pruebas

El instalador encargado de la obra deberá entregar al usuario un documento en el que se haga constar componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, debiendo conservar cada una un ejemplar. Los manuales se entreguen al usuario estarán obligatoriamente en alguna de las lenguas oficiales del lugar del usuario de la instalación, para que se facilite su entendimiento.

A continuación, se especificarán las pruebas que como mínima realizará el instalador:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Prueba de las protecciones colocadas en el sistema y de las medidas de seguridad, especialmente las del acumulador

Una vez concluidas todas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. El Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que el sistema ha sido capaz de funcionar correctamente durante al menos 240 horas seguidas, sin interrupciones causadas por fallos debidos al sistema suministrado. Además, se debe verificar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Entrega de la documentación requerida en este Pliego de Condiciones Técnicas.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, transportando todos los desechos producidos al vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación del sistema, aunque deberá adiestrar al usuario.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a posibles defectos de fabricación, instalación o elección de componentes por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de ocho años contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Recepción Provisional.

No obstante, vencida la garantía, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase 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.

6. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo, al menos, de tres años. El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual. Además, el contrato de mantenimiento de la instalación incluirá las labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación aconsejados por los diferentes fabricantes.

6.1. Programa de mantenimiento

El objetivo de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que se deberán seguir para el mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica aisladas de la red de distribución eléctrica.

Se definen dos vertientes de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación, para asegurar el funcionamiento,

umentar la producción y prolongar la duración de la misma, el mantenimiento preventivo y el correctivo.

- *Plan de mantenimiento preventivo:*

Se trata de las operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá una visita anual en la que se realizarán, como mínimo, las siguientes acciones:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
 - Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
 - Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
 - Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
 - Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
 - Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
 - Inversores: estado de indicadores y alarmas.
 - Caídas de tensión en el cableado de continua.
 - Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.
- *Plan de mantenimiento reactivo:* todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Este plan incluye:
- La visita a la instalación en los plazos indicados y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la instalación.
 - El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de estas.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora, todas las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en un libro de mantenimiento.

6.2. Garantías

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 presentes en la instalación, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

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

6.2.1. Programa de mantenimiento

El suministrador deberá garantizar la instalación durante un período mínimo de tres años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía ascenderá a ocho años.

En el caso de que hubiera que 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.

6.2.2. Condiciones económicas

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra. Quedarán incluidos dentro de la garantía los siguientes gastos:

- Tiempos de desplazamiento.
- Medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas.
- Disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida
- Devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Si se produjera el caso de que, 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.

6.2.3. Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, excepto en las condiciones establecidas en el punto anterior.

6.2.4. Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante. El suministrador deberá atender el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se deberán reparar en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

V – PRESUPUESTO.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Desglose de precios.....	5
2.1. Costes de la instalación fotovoltaica	5
2.1.1 Costes de los módulos fotovoltaicos.....	5
2.1.2 Costes de las estructuras de soporte	6
2.1.3 Costes del inversor	6
2.1.4. Costes del inversor-cargador.....	7
2.1.5 Costes de las baterías.....	7
2.1.6 Costes del grupo electrógeno	8
2.1.7 Costes de la caseta prefabricada.....	8
2.1.8 Costes totales de la instalación fotovoltaica.....	9
2.2. Costes del cableado de continua	9
2.2.1. Costes del conductor 6 mm ²	9
2.2.2. Costes del conductor 95 mm ²	10
2.2.3. Costes del totales del cableado de continua.....	10
2.3. Costes del cableado de alterna	10
2.3.1 Costes del conductor de 10 mm ²	10
2.3.2 Costes del conductor de 35 mm ²	11
2.3.3. Costes del conductor de 70 mm ²	11
2.3.4. Costes del conductor de 95 mm ²	12
2.3.5. Costes totales del conductor de alterna	12
2.4. Costes de las protecciones de continua	13
2.4.1. Costes de los fusibles de 15 A	13
2.4.2. Costes de los protectores de sobretensión.....	13
2.4.3. Costes de los fusibles de lengüeta	14
2.4.4 Costes totales de las protecciones de continua	14
2.5. Costes de las protecciones de alterna.....	14
2.5.1. Costes del Compact NSX100	14
2.5.2. Costes del Compact NSX160	15
2.5.3. Costes del Compact NSX250	15
2.5.4. Costes del Compact NSX400	15
2.5.4. Costes totales de las protecciones de alterna.....	16
3. Presupuesto de ejecución material.....	16
4. Presupuesto de ejecución por contrata	16

5. Presupuesto total.....	16
6. Resumen del presupuesto.....	17

1. Introducción

En el presente anexo, se realizará una previsión de los costes que ocasionará la ejecución y puesta en marcha de este proyecto. Para la realización de este presupuesto se ha tenido en cuenta tanto el gasto efectuado en los distintos componentes de la instalación como su posterior instalación.

2. Desglose de precios

En los siguientes apartados se mostrará el coste desglosado de los diferentes elementos que forman parte de la instalación, así como el importe debido al montaje de estos. A continuación, se mostrarán las distintas unidades de medida que forman parte de este documento:

- ud: Unidad.
- m.l: metro lineal.
- h.: horas.

2.1. Costes de la instalación fotovoltaica

2.1.1 Costes de los módulos fotovoltaicos

UD	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Paneles fotovoltaicos de 335 Wp con células de silicio cristalino, modelo JKM335PP-72-V fabricado por JINKO SOLAR	350	370	129500
h.	Oficial 1ª electricista	40	18,9	756
h.	Ayudante electricista	40	15,4	616
TOTAL (€)				130872

Tabla 1: Costes de la de los módulos fotovoltaicos.

2.1.2 Costes de las estructuras de soporte

UD	ESTRUCTURAS DE SOPORTE	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Estructura para la de 14 colocación de los paneles, modelo SOLARBLOC 14 fabricado por SOLARBLOC	25	446,29	11157
h.	Oficial 1ª electricista	12	18,9	226,8
h.	Ayudante electricista	12	15,4	184,8
TOTAL (€)				11569

Tabla 2: Costes de la de las estructuras de soporte.

2.1.3 Costes del inversor

UD	INVERSOR	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Inversor	Inversor de 25kW con dos entradas de 3 string cada una, modelo SUNNY TRIPOWER 25000TL-30 fabricado por SMA	5	2943,91	14719,55
h.	Oficial 1ª electricista	20	18,9	378
h.	Ayudante electricista	20	15,4	308
TOTAL (€)				15405,55

Tabla 3: Costes de la del inversor.

2.1.4. Costes del inversor-cargador

UD	INVERSOR-CARGADOR	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Inversor-cargador con dos fuentes de alimentación CA independientes de 5000W, modelo QUATTRO fabricado por VICTRON ENERGY	2	2392,29	4784,58
h.	Oficial 1ª electricista	12	18,9	226,8
h.	Ayudante electricista	12	15,4	184,8
TOTAL (€)				5196,18

Tabla 4: Costes de la del inversor cargador.

2.1.5 Costes de las baterías

UD	BATERÍAS	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Bloque de 12 baterías de 2280 Ah y 24 V en configuración BAE 12 PVS 2280, modelo BAE SECURA PVS fabricada por BORNAY	2	7000	14000
h.	Oficial 1ª electricista	12	18,9	226,8
h.	Ayudante electricista	12	15,4	184,8
TOTAL (€)				14411,6

Tabla 5: Costes de la de las baterías.

2.1.6 Costes del grupo electrógeno

UD	GRUPO ELECTRÓGENO	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Generador diésel de 50 kW de capacidad, 50Hz de frecuencia e intensidad 90,2 A, modelo MDDCG fabricado por CUMMINS	1	11732,44	11732,44
h.	Oficial 1ª electricista	8	18,9	151,2
h.	Ayudante electricista	8	15,4	123,2
TOTAL (€)				12006,84

Tabla 6: Costes del grupo electrógeno.

2.1.7 Costes de la caseta prefabricada

UD	CASETA PREFABRICADA	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Módulo prefabricado para la colocación de los elementos eléctricos de la instalación de 15 m ² , modelo CMT SOLAR 600 fabricado por CONSMETAL	1	3000	3000
h.	Oficial 1ª electricista	8	18,9	151,2
h.	Ayudante electricista	8	15,4	123,2
TOTAL (€)				3274,4

Tabla 7: Costes de la caseta prefabricada.

2.1.8 Costes totales de la instalación fotovoltaica

Costes totales de la instalación fotovoltaica	
Componente	Precio total (€)
Módulos fotovoltaicos	129500
Estructuras de soporte	11568,85
Inversores	15405,55
inversores cargadores	5196,18
Baterías	14411,6
Grupo electrógenos	12006,84
Caseta prefabricada	3274,4
Total (€)	191363,42

Tabla 9: Costes de la instalación prefabricada.

2.2. Costes del cableado de continua

2.2.1. Costes del conductor 6 mm²

UD	Conductor 6 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE2 de 6 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	35	1,75	61,25
h.	Oficial 1ª electricista	5	18,9	94,5
h.	Ayudante electricista	5	15,4	77
TOTAL (€)				232,75

Tabla 9: Costes del cableado de 6 mm²

2.2.2. Costes del conductor 95 mm²

UD	Conductor 95 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE2 de 95 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	10	12,77	127,7
h.	Oficial 1ª electricista	3	18,9	56,7
h.	Ayudante electricista	3	15,4	46,2
TOTAL (€)				230,6

Tabla 10: Costes del cableado de 6 mm²

2.2.3. Costes totales del cableado de continua

Costes totales del cableado de continua	
Componente	Precio total (€)
Conductor 6 mm ²	232,75
Conductor 95 mm ²	230,6
Total (€)	463,35

Tabla 11: Costes totales del cableado de continua.

2.3. Costes del cableado de alterna

2.3.1 Costes del conductor de 10 mm²

UD	Conductor 10 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE3 de 10 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	6	2,76	16,56
h.	Oficial 1ª electricista	3	18,9	56,7
h.	Ayudante electricista	3	15,4	46,2
TOTAL (€)				119,46

Tabla 12: Costes del cableado de 10 mm²

2.3.2 Costes del conductor de 35 mm²

UD	Conductor 35 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE3 de 35 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	6	5,97	35,82
h.	Oficial 1ª electricista	3	18,9	56,7
h.	Ayudante electricista	3	15,4	46,2
		TOTAL (€)		138,72

Tabla 13: Costes del cableado de 35 mm²2.3.3. Costes del conductor de 70 mm²

UD	Conductor 70 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE3 de 70 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	10	11,77	117,7
h.	Oficial 1ª electricista	3	18,9	56,7
h.	Ayudante electricista	3	15,4	46,2
		TOTAL (€)		220,6

Tabla 14: Costes del cableado de 70 mm²

2.3.4. Costes del conductor de 95 mm²

UD	Conductor 95 mm ²	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ml.	Cable RV-K, XLPE3 de 95 mm ² , libre de halógenos 0'61/1KV, fabricado por POWERFLEX	6	15,53	93,18
h.	Oficial 1ª electricista	3	18,9	56,7
h.	Ayudante electricista	3	15,4	46,2
	TOTAL (€)			196,08

Tabla 15: Costes totales del cableado de alterna.

2.3.5. Costes totales del conductor de alterna

Costes totales del conductor de alterna	
Componente	Precio total (€)
Conductor 10 mm ²	119,46
Conductor 35 mm ²	138,72
Conductor 70 mm ²	220,6
Conductor 95 mm ²	196,08
Total (€)	674,86

Tabla 16: Costes del cableado de alterna.

2.4. Costes de las protecciones de continua

2.4.1. Costes de los fusibles de 15 A

UD	Fusible de 15 A	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	491629 de 15 A, fabricados por DF ELECTRIC.	25	9,8	245
h.	Oficial 1ª electricista	6	18,9	113,4
h.	Ayudante electricista	6	15,4	92,4
		TOTAL (€)		450,8

Tabla 17: Costes de los fusibles de 15 A.

2.4.2. Costes de los protectores de sobretensión

UD	Sobretensión	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Protector de sobretensión de 600 V, modelo PV40 SERIES fabricado por PROSURGE ELECTRONICS.	25	18,4	460
h.	Oficial 1ª electricista	6	18,9	113,4
h.	Ayudante electricista	6	15,4	92,4
		TOTAL (€)		665,8

Tabla 18: Costes de los protectores de sobretensión.

2.4.3. Costes de los fusibles de lengüeta

UD	Fusible lengüeta 250 A	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	FUSIBLE DE LENGÜETA CENTRADO DE 250 A, fabricado por SIBA.	2	12,64	25,28
h.	Oficial 1ª electricista	0,3	18,9	5,67
h.	Ayudante electricista	0,3	15,4	4,62
		TOTAL (€)		35,57

Tabla 19: Costes de los fusibles de lengüeta

2.4.4 Costes totales de las protecciones de continua

Costes totales de las protecciones de continua	
Componente	Precio total (€)
Fusible de 15 A	450,8
Protector de sobretensión	665,8
Fusible lengüeta 250 A	35,57
Total (€)	1152,17

Tabla 20: Costes totales de las protecciones de continua.

2.5. Costes de las protecciones de alterna

2.5.1. Costes del Compact NSX100

UD	Compact NSX100	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Bloque de protección de alterna regulable de 40 a 100 A	5	316,87	1584,35
h.	Oficial 1ª electricista	2	18,9	37,8
h.	Ayudante electricista	2	15,4	30,8
		TOTAL (€)		1652,95

Tabla 21: Costes del Compact NSX100

2.5.2. Costes del Compact NSX160

UD	Compact NSX160	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Bloque de protección de alterna regulable de 40 a 160 A	2	507,41	1014,82
h.	Oficial 1ª electricista	1	18,9	18,9
h.	Ayudante electricista	1	15,4	15,4
		TOTAL (€)		1049,12

Tabla 22: Costes del Compact NSX160

2.5.3. Costes del Compact NSX250

UD	Compact NSX250	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Bloque de protección de alterna regulable de 40 a 250 A	1	1106	1106
h.	Oficial 1ª electricista	1	18,9	18,9
h.	Ayudante electricista	1	15,4	15,4
		TOTAL (€)		1140,3

Tabla 23: Costes del Compact NSX250

2.5.4. Costes del Compact NSX400

UD	Compact NSX400	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
ud.	Bloque de protección de alterna de 400 A	1	1106	1106
h.	Oficial 1ª electricista	2	18,9	37,8
h.	Ayudante electricista	2	15,4	30,8
		TOTAL (€)		1174,6

Tabla 24: Costes del Compact NSX400

2.5.5. Costes totales de las protecciones de alterna

Costes de totales de las protecciones de alterna	
Componente	Precio total (€)
Compact NSX100	1652,95
Compact NSX160	1049,12
Compact NSX250	2028,86
Compact NSX400	1140,3
Total (€)	5871,23

Tabla 25: Costes del Compact NSX400

3. Presupuesto de ejecución material

Presupuesto ejecución material	
Partes	Total (€)
Costes de la instalación fotovoltaica	191363,42
Costes del cableado de continua	463,35
Costes del cableado de alterna	674,86
Costes de las protecciones de continua	1152,17
Costes de las protecciones de alterna	5871,23
Total	199525,03

Tabla 26: Presupuesto ejecución material

4. Presupuesto de ejecución por contrata

Presupuesto de ejecución por contrata	
Partes	Total (€)
Presupuesto ejecución material	199525,03
Beneficio industrial (6 %)	11971,50
Gastos generales (16%)	31924,00
Total	243420,54

Tabla 27: Presupuesto de ejecución por contrata

5. Presupuesto total

Presupuesto total	
Partes	Total (€)
Presupuesto de ejecución por contrata	243420,54
I.G.I.C. (6,5 %)	15822,33
Total	259242,87

Tabla 28: Presupuesto total

El Presupuesto total del presente proyecto asciende a un valor de doscientos cincuenta y nueve mil doscientos cuarenta y dos euros con ochenta y siete céntimos.

259.242,87€

6. Resumen del presupuesto

Resumen del presupuesto	
Partes	Total (€)
Costes de la instalación fotovoltaica	191363,42
Costes del cableado de continua	463,35
Costes del cableado de alterna	674,86
Costes de las protecciones de continua	1152,17
Costes de las protecciones de alterna	5871,23
Beneficio industrial (6 %)	11971,50
Gastos generales (16%)	31924,00
I.G.I.C. (7 %)	15822,33
Total	259242,87

Tabla 29: Resumen del presupuesto



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

MICROCENTRAL HÍBRIDA DE GENERACIÓN POR MEDIO DE
ENERGÍAS RENOVABLES

Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

VI – CONCLUSIONS.

Estudiante: Carlos García Martín

Tutor: José Francisco Gómez González

Septiembre 2019

Conclusions:

In this project, the different sections necessary for the realization of a hybrid generation installation based on renewable energies have been presented. It should be noted that the regulations in force corresponding to each documents have been followed for the preparation of this project.

Subjects such as *oficina técnica* or the different knowledge of electricity obtained during the grade have been really useful when I was carrying out the project. In addition, what I learned during my external practices, which I did in a company that was dedicated to the sizing and performing of photovoltaic installations, made my job easier because I already knew the renewable energy sector.

In this project I have used different tools that I had never used before, such as the HOMER PRO software.

Finally, this work has allowed me to increase my knowledge and develop different strategies in a sector which I feel special interest in.