

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Diseño de una instalación fotovoltaica
aislada para una infraestructura de
telecomunicaciones**

**(Design of an off-grid photovoltaic installation
for a telecommunications infrastructure)**

Para acceder al Título de

**Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación**

Autor: Andrés González Sáinz

Julio – 2022

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Andrés González Sáinz

Director del TFG: Jesús María Mirapeix Serrano

Título: “Diseño de una instalación fotovoltaica aislada para una infraestructura de telecomunicaciones ”

Title: “Design of an off-grid photovoltaic installation for a telecommunications infrastructure “

Presentado a examen el día:

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Llata García, José Ramón

Secretario (Apellidos, Nombre): Fernández Fernández, Óscar

Vocal (Apellidos, Nombre): Mirapeix Serrano, Jesús María

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG
(sólo si es distinto del Secretario)

V° B° del Subdirector

Trabajo Fin de Grado N°
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos

Primero a Jesús Mirapeix, por haber tenido la suficiente paciencia conmigo y haberme acompañado en este proyecto solventándome las dudas que podía tener. Sin la facilidad que tiene de enseñar y la confianza que genera, este proyecto no habría salido adelante.

A todas las amistades que tenía y a las que vinieron nuevas durante esta etapa. Por estar ahí y animarme a seguir cuando más dudaba.

Gracias a todos los profesores de la carrera, por haber podido tener una relación con ellos que facilitara todo y siempre estar disponibles cuando se ha necesitado.

Agradecer a mi familia. Mis padres, las personas que me animaron a empezar esta aventura y han soportado todos mis altibajos, mi tía y Bela por estar codo con codo conmigo a lo largo de todos estos años, y a mi hermano Daniel, por escucharme emocionado con ese brillo de ojos cada vez que le cuento algo de la carrera pese a que entendía poco de lo que le contaba.

A Lucía, la persona que me ha acompañado durante toda la carrera, soportado mis cambios de humor y mis quebraderos de cabeza durante toda esta etapa, la que me alentó a superarme día a día, ayudándome en lo que fuera necesario y confiando siempre en mí.

Por último, al pilar fundamental en mi vida y la figura a seguir en todo momento: Belo. Espero que estés feliz por nosotros, pese a la distancia te sigo sintiendo cerca.

Contenido

Resumen.....	I
Abstract	II
Palabras clave	III
Capítulo 1 Motivación y objetivos.....	1
Introducción.....	1
Motivación del trabajo.....	1
Objetivos.....	1
Estructura.....	2
Capítulo 2 Energía Solar Fotovoltaica.....	3
Energía Solar	3
Capítulo 3 Componentes de una instalación fotovoltaica.....	8
Generador fotovoltaico.....	8
Inversor.....	12
Regulador o Control de Carga.....	12
Baterías	12
Cableado	13
Capítulo 4 Planteamiento y diseño del proyecto	14
Consumo diario	14
Localización	16
Ángulo de inclinación y orientación	17
Radiación solar	18
Performance Ratio	20
Dimensionamiento del generador fotovoltaico	23
Dimensionamiento del inversor	24
Dimensionamiento del sistema de almacenamiento	25
Sombreados y distancia entre módulos fotovoltaicos	26
Dimensionamiento del cableado	27
Capítulo 5 Estudio económico y conclusiones del proyecto	31
Estudio económico	31
Conclusiones	33
Anexo	35

.....	46
Bibliografía.....	48

Índice de figuras

Ilustración 1: Incrementos anuales de potencia FV instalada. Fuente: REN21	4
Ilustración 2: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: REE	5
Ilustración 3: Evolución de la potencia FV en España. Fuente: REE.....	6
Ilustración 4: Radiación solar. Fuente: PVGIS	7
Ilustración 5: Malla de Silicio con uniones covalentes. Fuente: Electronic Circuits. (2.1 Semiconductors Electronic Circuits, s. f.).....	9
Ilustración 6: Silicio dopado con Boro. Fuente: Electronic Circuits. (2.1 Semiconductors Electronic Circuits, s. f.).....	10
Ilustración 7: Silicio dopado con Fósforo. Fuente: Electronic Circuits. (2.1 Semiconductors Electronic Circuits, s. f.).....	10
Ilustración 8: Unión PN. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix.....	11
Ilustración 9: Funcionamiento célula FV. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix	12
Ilustración 10: Santander Teleport. Fuente: Santander Teleport	14
Ilustración 11: Ejemplo de Amplificador de Potencia. Fuente: iK Tech Corporation.....	16
Ilustración 12: Situación de Santander Teleport. Fuente: Google Maps	17
Ilustración 13: Irradiación solar anual, Fuente: PVGIS	19
Ilustración 14: Irradiancia diaria. Elaboración propia con datos de PVGIS	20
Ilustración 15: Esquema de los datos utilizados para el cálculo de distancia entre filas de paneles. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix	27
Ilustración 16: Disposición del generador FV. Elaboración propia.....	27

Ilustración 17: Esquema unifilar de la instalación. Elaboración propia29

Resumen

Las energías renovables han cobrado gran importancia en los últimos años, favoreciendo diferentes actuaciones que premiaban su uso a través de bonificaciones, o con el incentivo de utilizar energías renovables en lugar de las denominadas energías contaminantes utilizadas hasta ahora.

Para la elaboración de este trabajo de fin de grado se ha querido implementar las energías renovables en un espacio de trabajo directamente relacionado con las telecomunicaciones como es la empresa Santander Teleport, empresa encargada de operar radioenlaces satelitales a todas horas todos los días del año, encargándose tanto de la regulación y gestión del enlace como del funcionamiento en caso de fallo.

Durante mis prácticas en esta empresa evalué si las energías renovables eran aplicables a este tipo de infraestructuras, añadiendo la condición de vivir en Santander y ser consciente de que durante el año hay épocas en las que la energía solar es muy limitada.

En este contexto, en el presente trabajo se realizará el diseño de una instalación fotovoltaica aislada para el suministro eléctrico de un amplificador de alta potencia, elemento muy importante a la hora de realizar cualquier radioenlace en Santander Teleport.

Abstract

Renewable energies have gained great importance in recent years, favoring different actions that rewarded their use through bonuses, or with the incentive to use renewable energies instead of the energies called polluting energies used until now.

For the elaboration of this end-of-degree project, we wanted to implement renewable energies in a workspace directly related to telecommunications such as the company Santander Teleport, a company in charge of operating satellite radio links at all hours every day of the year, taking care of both regulation and management of the link as well as operation in case of failure.

During my internship in this company, I evaluated whether renewable energies were applicable to this type of infrastructure, adding the condition of living in Santander and being aware that during the year there are times when solar energy is very limited.

In this context, in the present work the design of an off-grid photovoltaic installation will be carried out for the electrical supply of a high-power amplifier, a very important element when making any radio link in Santander Teleport.

Palabras clave

Energía solar fotovoltaica, energías renovables, paneles solares, demanda energética, PVGIS, irradiancia, hora polar pico, instalación fotovoltaica aislada, autoconsumo, efecto fotovoltaico.

Capítulo 1 | Motivación y objetivos

Durante este capítulo inicial se hará una introducción acerca del tema sobre el que trata el trabajo. A continuación, se explicará la motivación de la elaboración del proyecto. Posteriormente se verán los objetivos que se tratan de abarcar y por último se detallará la estructura que seguirán los siguientes capítulos.

Introducción

La finalidad de este proyecto es, además de profundizar en los conceptos de energías renovables y energía solar fotovoltaica tratados en la asignatura de Energía y Telecomunicaciones, explicar los conceptos de una manera práctica y servir tanto de ejemplo didáctico como apoyo en el caso de que alguien tuviese la necesidad de elaborar un proyecto semejante.

Motivación del trabajo

La motivación de este trabajo comenzó por el interés acerca de las energías renovables durante la época de la pandemia, ya que coincidió con cursar la asignatura de Energía y Telecomunicaciones, más en concreto la parte de energías renovables.

Más adelante tendría la oportunidad de hacer prácticas en la empresa de Santander Teleport, una empresa de telecomunicaciones que ofrece servicios de comunicación por satélite a una amplia gama de clientes por todo el mundo. Es por ello por lo que ofrecen un soporte del servicio a todas horas todos los días del año.

Objetivos

Los objetivos de este proyecto son:

Comprender los conceptos de las energías renovables y de la energía solar fotovoltaica, siendo capaz de diseñar una instalación.

Conocer los distintos elementos que forman parte de una instalación fotovoltaica aislada, comprendiendo así el funcionamiento de los mismos, la finalidad y la información necesaria para su utilización.

Como objetivo final se realizará el diseño de una instalación fotovoltaica aislada para el suministro de energía para parte de una cadena de un

radioenlace satelital de Santander Teleport, satisfaciendo los requerimientos de energía necesarios por el dispositivo durante su uso.

Además, se realizará un balance económico del diseño que concluya el proyecto para estudiar el resultado.

Estructura

A continuación, se describe la estructuración de este proyecto.

El documento está dividido en un total de 6 capítulos. El primero ya finalizado, expone el tema a tratar, la motivación del proyecto y los objetivos del mismo y por último se muestra su estructura.

En el capítulo 2 se habla de la energía solar fotovoltaica ya que es la fuente de energía que utilizaremos para la elaboración de este proyecto. Dividiéndose este capítulo en otros dos claramente diferenciados, el primero explicando la situación global de la energía solar fotovoltaica y el segundo especificando en la situación concreta a nivel nacional de la misma.

En el capítulo 3 se explican los diferentes componentes que forman parte de una instalación fotovoltaica aislada, especificando cada concepto que haya que tener en cuenta a la hora de hacer el dimensionamiento de la instalación.

En el capítulo 4 se realizará el planteamiento del diseño una vez conocidos los componentes y parámetros de una instalación aislada.

En último capítulo, capítulo 5, se estudiará la amortización de la inversión realizada para el proyecto y se expondrán las conclusiones a la realización del proyecto, finalizando así el mismo.

Capítulo 2 | Energía Solar Fotovoltaica

Energía Solar

Introducción

1839, el físico francés Edmond Becquerel, mientras experimentaba con una célula electrolítica formada por dos electrodos metálicos, encontró que cuando ciertos materiales eran expuestos a la luz, producían una diferencia de potencia y al conectarlos con una carga externa se generaba una corriente eléctrica. No fue hasta unos años más tarde, en 1870, cuando el profesor W. Grylls Adams junto con su estudiante, R. Evans Day, comprobaron que la luz incidente, fotones, sobre el selenio creaba un flujo de electricidad, electrones, el cual denominaron “fotoeléctrica”.

Más tarde el avance de la tecnología permitió desarrollar esas células fotovoltaicas que permitiesen poner en práctica el descubrimiento del físico francés. [1]

El efecto fotoeléctrico es un suceso que ocurre en ciertos materiales que transforman la luz incidente sobre ellos (fotones) en electricidad (electrones) por medio de las células solares. Este concepto es el fundamento necesario a la hora de entender el funcionamiento de la célula solar fotovoltaica. [2]

Energía Solar Fotovoltaica a nivel global

Es un hecho que, desde el comienzo de la utilización de la energía solar fotovoltaica hasta ahora, ha habido un crecimiento significativo tanto en la tecnología utilizada como en el cómputo total del uso de este tipo de energía renovable.

El crecimiento de esta tecnología nos está llevando, cada vez de manera más clara, hacia un futuro sostenible y que está dejando atrás el uso de combustibles fósiles para suministrar energía ya que actualmente hay una capacidad de potencia suministrada por energías renovables de 3146 GW, en concreto la energía solar fotovoltaica, energía la cual es objeto este trabajo, tiene una capacidad instalada de 942 GW. [3]

Se prevé un escenario en el que la capacidad por energías renovables se triplique a la que hay actualmente. Aumentando a más de 200 GW la energía solar fotovoltaica, como se puede apreciar en la gráfica siguiente.

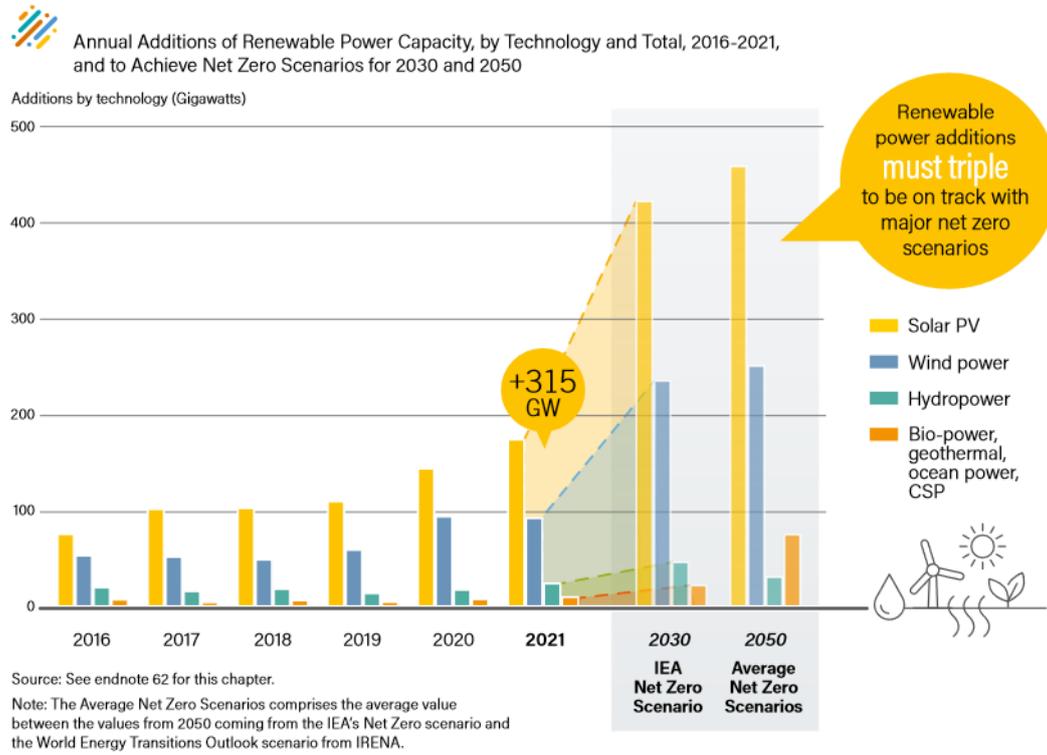


Ilustración 1: Incrementos anuales de potencia FV instalada. Fuente: REN21

La generación de energía a través de la tecnología solar fotovoltaica ha tenido un importante crecimiento en numerosos países, siendo al menos siete países los que el 10% de la demanda energética la suministraban a través de esta fuente de energía y al menos 18 países tienen la suficiente capacidad instalada como para cumplir al menos el 5% de las demandas eléctricas. [4].

La previsión de crecimiento de esta tecnología a nivel internacional no deja de ser optimista y se prevé un crecimiento en la potencia fotovoltaica instalada en todos los continentes en, al menos, 20 años vista.

Energía Solar Fotovoltaica en España

Ya sea a nivel internacional o nivel nacional, el crecimiento y evolución de la tecnología fotovoltaica ha ido cada vez aumento, y en nuestro país alcanzó el pico máximo de desarrollo en el año 2008 cuando el uso de

las energías renovables estaba apoyado por el gobierno con las primas a las renovables.

La potencia FV instalada en España decayó tras la crisis económica del 2009, pero durante estos últimos años la Red Eléctrica Española, REE, ha reportado que la tecnología solar fotovoltaica ha tenido aumento considerable, especialmente desde el 2018 hasta finales de 2021 ya que triplicó la potencia instalada, de los 4767 MW a 15274 MW. [5]

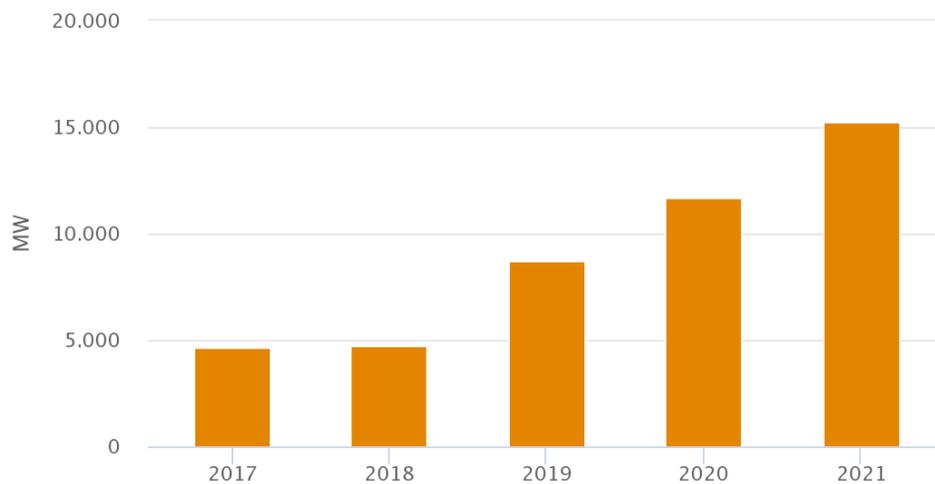


Ilustración 2: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: REE

No ha sido solamente la potencia instalada lo que ha tenido un crecimiento notorio, sino que la generación renovable de este tipo de tecnología también ha tenido un crecimiento significativo durante el mismo periodo de tiempo. Aumentó desde 7766 GWh en 2018 hasta los casi 21000 GWh a finales de 2021. [6]

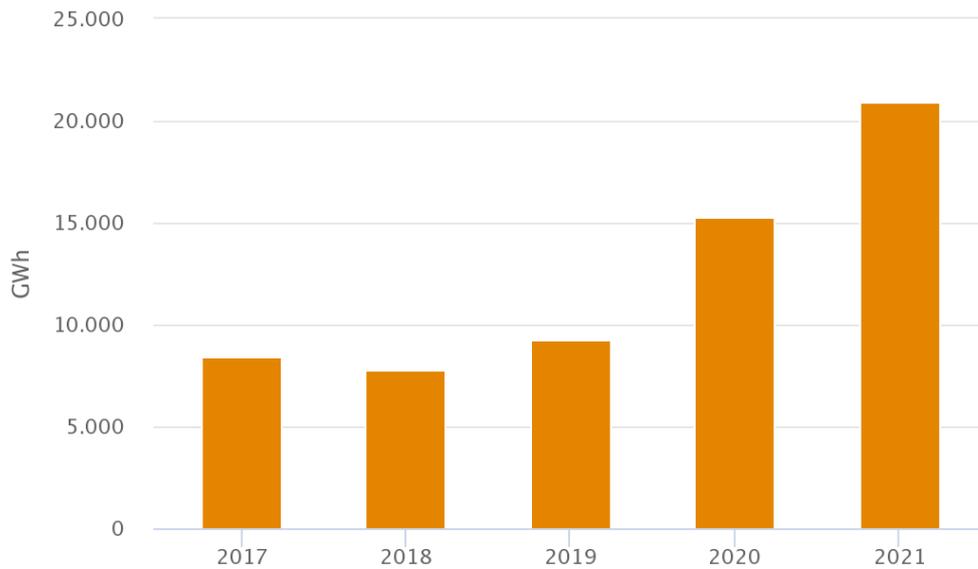


Ilustración 3: Evolución de la potencia FV en España. Fuente: REE

En el panorama nacional, hay diferentes emplazamientos que tienen un mayor potencial solar fotovoltaico debido a los diferentes climas y temperaturas que hay en España. Es aquí donde habría que prestar especial interés a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica ya que el clima afectará directamente en el rendimiento y generación de energía de los paneles.

La herramienta PVGIS permite obtener estos datos de radiación solar a nivel tanto nacional como europeo, de esta manera se hace más sencillo obtener los datos necesarios para el diseño de la instalación asociados al recurso solar [7].

La irradiancia o irradianza es el dato que nos permitirá conocer la situación del emplazamiento. Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética [8].

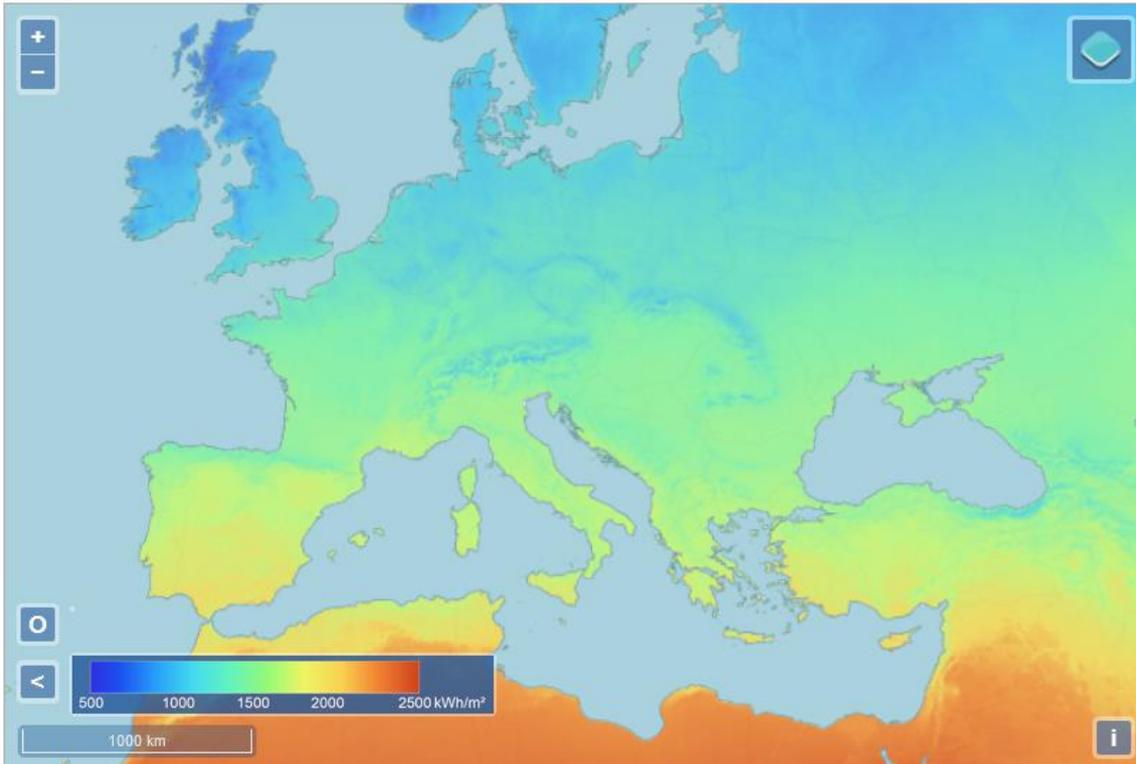


Ilustración 4: Radiación solar. Fuente: PVGIS

Como se puede apreciar, hay diferencias de radiación solar en todo el ámbito europeo, siendo la zona norte con menor radiación y la zona sur con mayor.

Capítulo 3 | Componentes de una instalación fotovoltaica

Como cualquier proyecto, las instalaciones fotovoltaicas están formadas por diferentes componentes que hacen posible su funcionamiento, desglosando las demandas del proyecto global en diferentes etapas las cuales se detallan a continuación.

Generador fotovoltaico

Tal vez sea la parte más visible de cualquier tipo de instalación fotovoltaica. Este elemento es el encargado de convertir la energía solar en energía eléctrica y suministrar la potencia que hace falta en cada momento a través del efecto fotoeléctrico.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son los elementos de la instalación que captan la energía del sol y la transforman en electricidad. Están compuestos de materiales semiconductores, entrando brevemente en detalle hay 3 tipos de materiales y 3 bandas de energías, la banda de conducción, la banda prohibida y la banda de valencia [9]

- * **Materiales conductores:** Son aquellos materiales por los que circulan los electrones sin apenas tener resistencia ya que la banda de valencia es muy pequeña, y el electrón puede pasar de la banda de valencia a la banda de conducción sin ningún problema contribuyendo a la conducción eléctrica.
- * **Materiales aislantes:** Son aquellos materiales por los que los electrones no pueden circular y la energía de los mismos es muy baja. Estos electrones están en una banda de valencia y no pueden acceder a la banda de conducción porque la banda prohibida es demasiado grande, lo que significaría que la energía del electrón tendría que ser mucho mayor para poder provocar la conducción eléctrica.
- * **Materiales semiconductores:** Son materiales que dependiendo de la temperatura a la que los expongas se comportan como materiales conductores o aislantes, si la temperatura es muy baja el

comportamiento del semiconductor será similar al del aislante, mientras que, si lo expones a una temperatura alta, se comportará como un conductor. En un semiconductor es más sencillo que el electrón se libere contribuyendo a la producción

Unión PN

Al tratar con los paneles fotovoltaicos, es conveniente comenzar con una breve explicación del concepto de las uniones PN de materiales semiconductores.

Una unión PN es la unión de dos semiconductores, uno de tipo P donde estarán los huecos, y otro de tipo N, donde estarán los electrones.

Los átomos de silicio, material necesario para la construcción de paneles fotovoltaicos, tienen 4 electrones en la banda de valencia y al unir varios átomos se forma una malla cristalina donde se da lugar los denominados enlaces covalentes, que son uniones de dos átomos a través de los electrones de la capa de valencia.

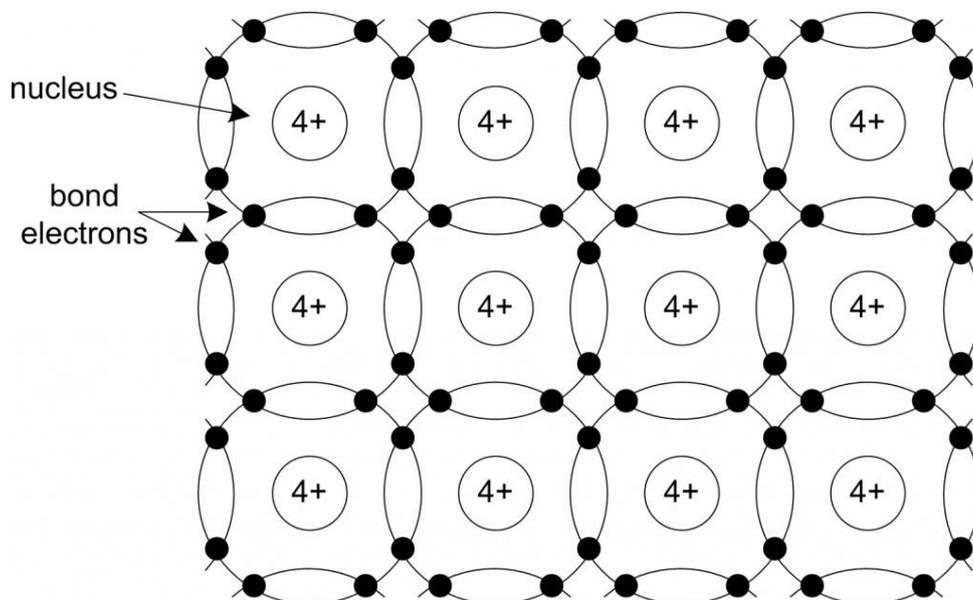


Ilustración 5: Malla de Silicio con uniones covalentes. Fuente: *Electronic Circuits*. (2.1 Semiconductors | *Electronic Circuits*, s. f.)

La parte P se genera dopando el material con un elemento que posea 3 electrones en la capa de valencia, como por ejemplo el Boro (B), generando así un enlace incompleto, que se denominó anteriormente como “hueco”, se

introducirán suficientes átomos para que los huecos sean portadores mayoritarios. [10]

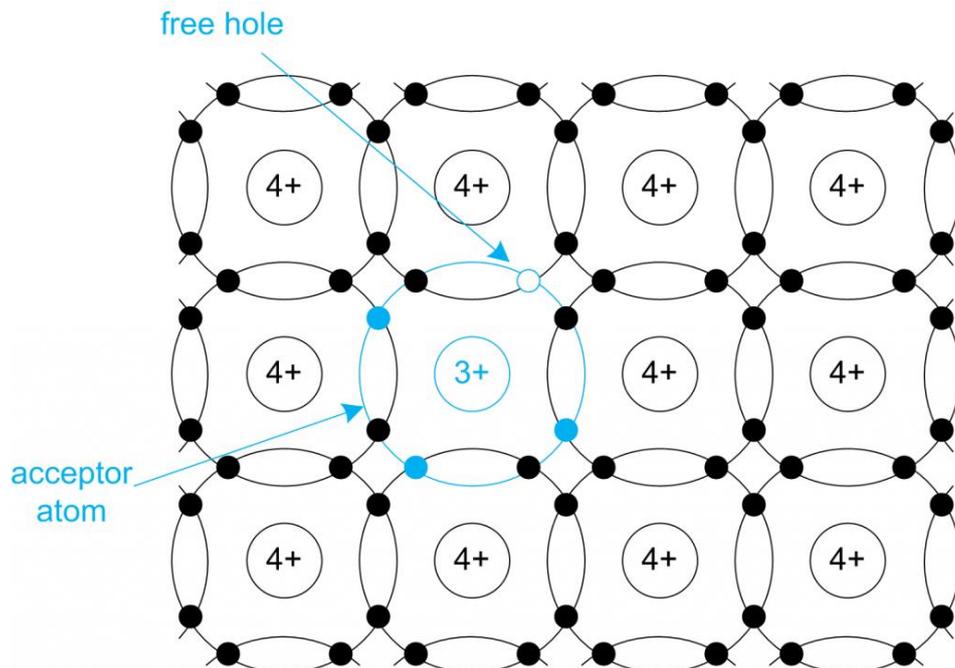


Ilustración 6: Silicio dopado con Boro. Fuente: *Electronic Circuits*. (2.1 Semiconductors | *Electronic Circuits*, s. f.)

De la forma similar ocurre con la parte N, ya que se genera dopando el material con un elemento que posea 5 electrones en la capa de valencia, como es el caso del fósforo (P), generando un exceso de electrones. Se introducirán suficientes átomos para que los electrones sean los portadores mayoritarios. [10]

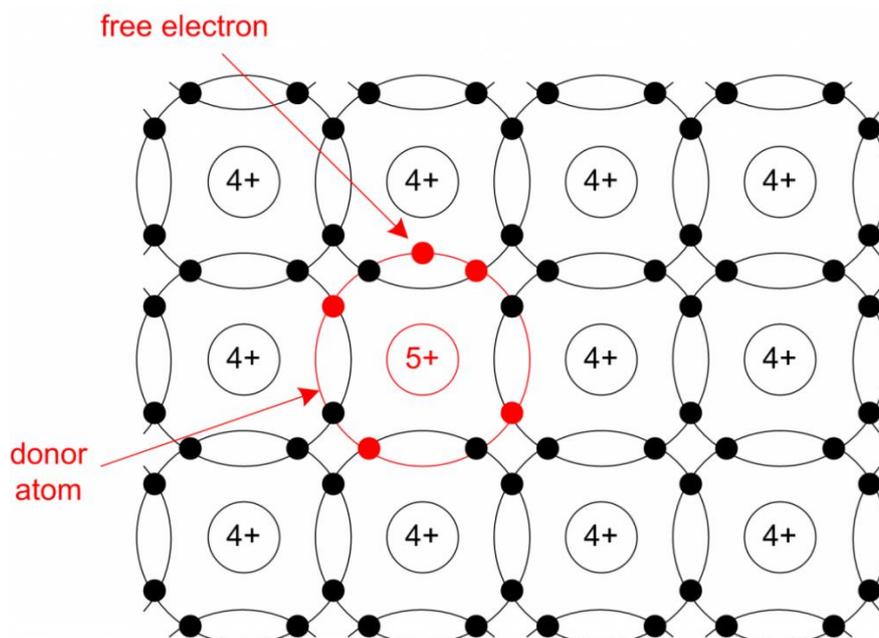


Ilustración 7: Silicio dopado con Fósforo. Fuente: *Electronic Circuits*. (2.1 Semiconductors | *Electronic Circuits*, s. f.)

Al unir la parte P y la parte N, los huecos y electrones tienden a ir hacia la otra parte en sentido opuesto el uno del otro donde llegarán a juntarse un hueco con un electrón y en consecuencia se neutralizan y desaparecen. Ese proceso continua hasta que se crea una diferencia de potencial y la denominada barrera potencial gracias a la pérdida de huecos y electrones de la zona P y N respectivamente. [10]

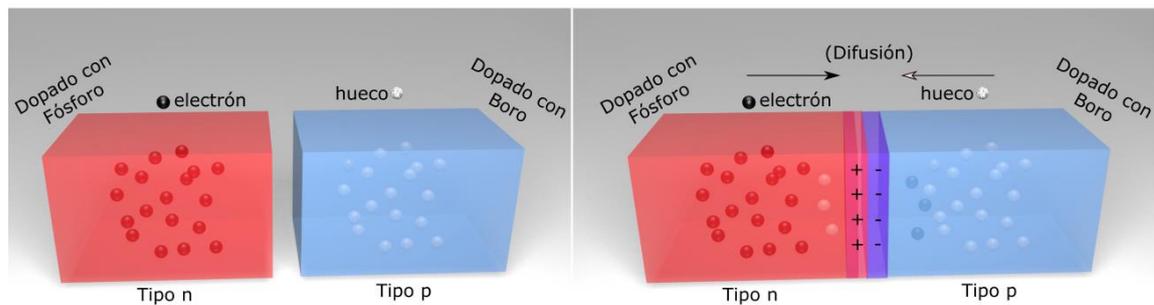


Ilustración 8: Unión PN. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix

Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es el fenómeno físico que permite el funcionamiento de los paneles solares, es por ello por lo que se explicará de manera más concreta su funcionamiento.

El efecto fotoeléctrico se puede definir como la expulsión o emisión de electrones de los átomos de un metal cuando sobre el metal incide una luz, liberándolos de la atracción de su átomo. [11]

Como se ha explicado en el apartado anterior, las células fotovoltaicas se basan en la unión PN, necesaria para el funcionamiento de estas células y el aprovechamiento del efecto fotoeléctrico. [10]

En este caso el fotón, procedente de la luz, incide sobre la parte N, que es la que tiene carga positiva, mientras que la parte P tiene carga negativa. Al incidir la luz libera un electrón de la parte P que es atraída por la carga positiva de la zona N, al desplazarse el electrón se crea un hueco en la unión de las partes N y P y si se está conectado a una carga, favorece a que el electrón pueda volver a la zona P generando una recombinación.

A medida que los fotones inciden sobre la célula fotovoltaica se crea la corriente eléctrica que generan los módulos fotovoltaicos.

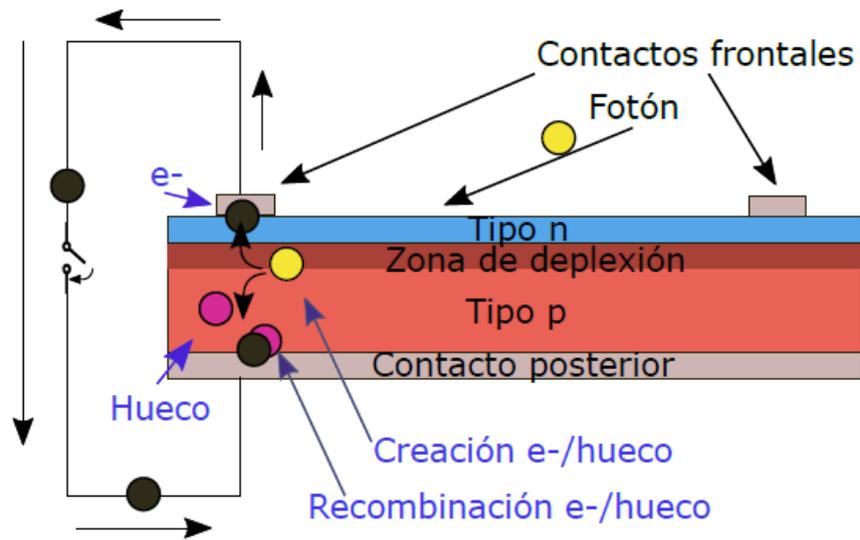


Ilustración 9: Funcionamiento célula FV. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix

Inversor

Es la parte más importante de las instalaciones FV, ya que los paneles generan energía en corriente continua (DC) y el inversor es el dispositivo que se encarga de transformar esa corriente continua en corriente alterna, con una calidad de onda alta (sinusoidal pura), para el uso del dispositivo en cuestión.

Regulador o Control de Carga

Este dispositivo se utiliza en instalaciones aisladas, es el encargado de gestionar el flujo de energía, ya que en este tipo de instalaciones hay diversos elementos a controlar, como son las baterías, las cargas y los paneles FV.

Baterías

También denominadas sistema de acumulación, ya que a través de ellas se almacena la energía eléctrica generada por los paneles solares, de manera que se pueda utilizar en cualquier momento. La cantidad de baterías utilizada en la instalación dependerá de la tensión y la cantidad de energía que se requiera acumular.

Cableado

El sistema de cableado será la manera de realizar el conexionado entre los distintos componentes que tiene una instalación fotovoltaica, transportando así la electricidad tanto por la parte de corriente continua (DC) como por la parte de corriente alterna (AC).

Capítulo 4 | Planteamiento y diseño del proyecto

Una vez se han presentado los diferentes componentes que forman una instalación fotovoltaica, pasaríamos al planteamiento y diseño del proyecto para satisfacer las necesidades del cliente, en este caso una parte de la infraestructura de telecomunicaciones de Santander Teleport.



Ilustración 10: Santander Teleport. Fuente: Santander Teleport

Consumo diario

Los dispositivos utilizados para el dimensionamiento son 2 amplificadores de alta potencia, HPA (“High Power Amplifier”), elemento necesario para la transmisión de señal a través de un radioenlace satelital.

El funcionamiento de un radioenlace depende de todos los componentes de la cadena, ninguno tiene más importancia que otro porque forman parte fundamental del servicio.

La banda de frecuencias a utilizar viene dada en función del cliente que a su vez determinará los elementos necesarios en cada cadena. Esa banda

de frecuencias estará dividida en dos rangos utilizados para la transmisión y recepción.

Diferenciadas las bandas solamente queda que el transpondedor correspondiente al servicio haga el cambio de banda de recepción a banda de transmisión o viceversa. Si el transpondedor recibe la señal en la banda de transmisión, además de aumentar la señal por medio de un amplificador propio, cambia de frecuencia la señal para transmitir en la banda de recepción y que el cliente pueda tener acceso al servicio.

Nuestros amplificadores forman parte de una cadena de la infraestructura de telecomunicaciones que se va a alimentar. Las cadenas del telepuerto están formadas por diferentes dispositivos, como por ejemplo pueden ser los BUC's ("Block Up Converter") que son los elementos encargados de aumentar la frecuencia de transmisión a través del oscilador local, incrementando la frecuencia utilizada en función de la banda de frecuencias necesaria para la transmisión, los BDC's ("Block Down Converter") que son los elementos que disminuyen la frecuencia recibida por la antena a una banda de frecuencias menor, los LNA's ("Low Noise Amplifier") que tienen un funcionamiento similar a los HPA's pero utilizados para la recepción de señal, amplificando la señal que llega a la antena para su correcto monitoreo y recepción, y un elemento que combina tanto el LNA como el BDC es el LNB ("Low Noise Block Down Converter") que es el amplificador situado en la parte de recepción del radioenlace encargado de, además de amplificar la señal recibida por la antena, bajar en frecuencia de manera que el BDC no haría falta instalarlo dentro de la cadena.

Nuestros HPA's forman parte de dos cadenas independientes pero el funcionamiento de ambos es el mismo: amplificar la señal para que llegue al satélite, que a su vez tiene un amplificador que permite que la señal transmitida llegue al receptor con una potencia suficiente para ser captada por el receptor correspondiente en función del cliente.



Ilustración 11: Ejemplo de Amplificador de Potencia. Fuente: iK Tech Corporation

Teniendo esto en cuenta, nuestro dispositivo tiene un consumo constante durante todas las horas del día y el parámetros que se tiene en cuenta, el consumo diario, se calcula de la siguiente manera:

<i>Dispositivos</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Horas de uso (h)</i>	<i>Consumo diario (kWh)</i>
HPA's	920	24	22,08

Tabla 1: Demanda energética propuesta

Localización

La empresa está situada en Santander, más concretamente en el Parque Científico Tecnológico de Cantabria (PCTCAN).

Entrando en detalle sobre dónde se encuentra situada la empresa, nos encontramos en una latitud de 43,450° y una longitud de -3,878°, además estamos en una elevación de 41 m sobre el nivel de mar.

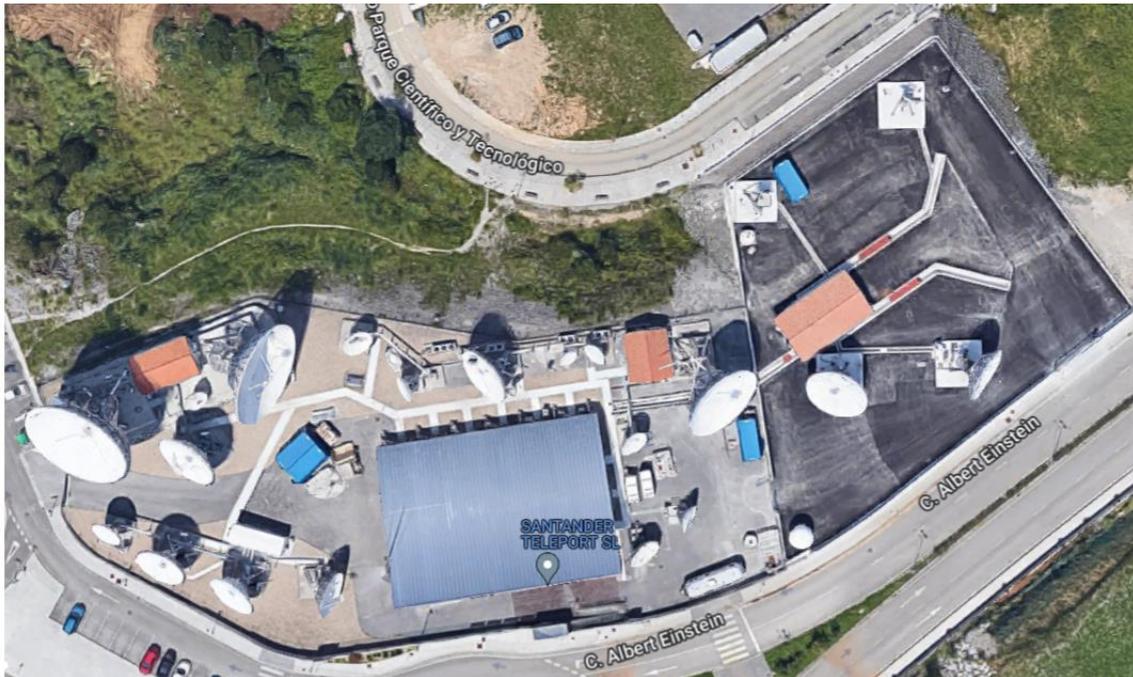


Ilustración 12: Situación de Santander Teleport. Fuente: Google Maps

Más adelante se verá y pondrá en práctica que la localización de la empresa es un dato que se debe tener en cuenta ya que dependiendo del emplazamiento donde estemos situados, habrá que diseñar de una manera determinada.

Ángulo de inclinación y orientación

¿Generará lo mismo un panel perpendicular al suelo que un panel en horizontal? La respuesta es “no”. La inclinación de los paneles se realiza para que los rayos del Sol incidan de manera perpendicular, o lo más perpendicular posible, a la superficie del panel, de manera que la radiación capturada sea la máxima y por tanto la energía producida también lo sea. Sin embargo, la inclinación de los paneles también tiene una utilidad práctica, una autolimpieza de los paneles gracias a la lluvia y a la inclinación de los mismos.

Además, la inclinación dependerá de la época del año en la que estemos, ya que en el solsticio de verano la altura es máxima y en el solsticio de invierno la altura es mínima.

Según el IDAE [12], la orientación e inclinación óptimas dependerá del periodo de diseño habituales. Es por ello por lo que se nos presenta una tabla con la inclinación expresada en grados (β) correspondiente, en función

de la latitud del emplazamiento expresada en grados (Φ) a cada periodo del generador que hace que la colección de energía sea máxima.

<i>Periodo de diseño</i>	β_{opt}	$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\Phi + 10$	1,7
Julio	$\Phi - 20$	1
Anual	$\Phi - 10$	1,15

Tabla 2: Selección del ángulo óptimo para instalaciones aisladas. Fuente: IDAE

En nuestro planteamiento se quiere hacer una instalación fotovoltaica en donde el periodo de diseño sea anual, por lo que la fórmula utilizada para el cálculo de la inclinación de los paneles es:

$$\beta_{opt} = \Phi - 10$$

Como se ha comentado anteriormente la latitud tiene un factor muy importante a la hora de calcular la inclinación. Nuestro emplazamiento tiene una latitud de $43,45^\circ$, por lo que el ángulo óptimo será de $33,45^\circ$

Una vez se tiene la inclinación, otro factor que determinará en gran medida el rendimiento de los paneles es la orientación ya que dependiendo del hemisferio en el que estemos se tendrá una orientación determinada.

En nuestro caso estamos en el hemisferio Norte, por lo que la orientación de los paneles deberá ser hacia el Sur.

Radiación solar

Como se ha explicado anteriormente, la latitud del emplazamiento tendrá una influencia directa en el ángulo de inclinación. Con la ayuda de la herramienta PVGIS se obtiene la radiación del lugar geográfico donde estemos y los datos necesarios para el dimensionamiento.

Para el dimensionamiento de este proyecto se ha tenido en cuenta el mes con menor irradiancia, de manera que, si se cumplen las demandas energéticas para el peor mes, se cumplan para el resto del año.

A través de la aplicación e introduciendo los parámetros de inclinación necesarios para nuestra localización obtenemos los siguientes resultados de irradiación del último año más reciente, resultando Diciembre el mes de menor irradiancia.

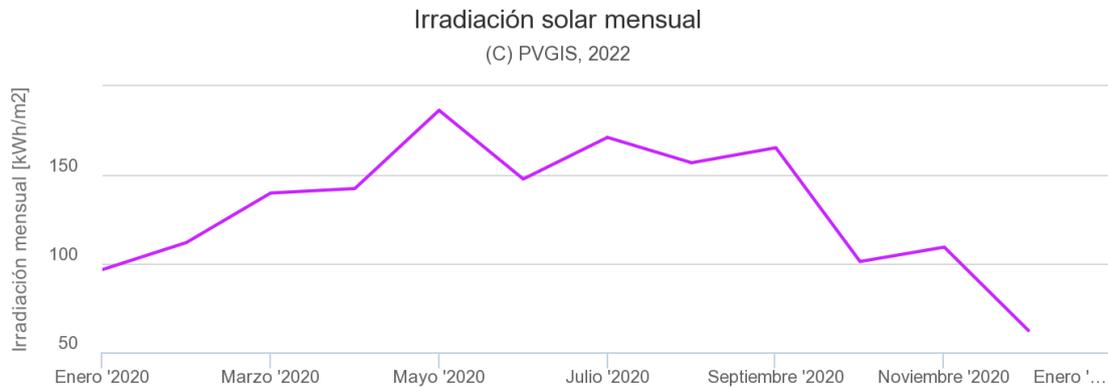


Ilustración 13: Irradiación solar anual, Fuente: PVGIS

Una vez conocido el mes con menor irradiancia, podemos calcular la irradiancia promedio diario del mes que hemos decidido a través de la misma herramienta, en nuestro caso Diciembre. Para realizar el diseño del proyecto es conveniente utilizar el concepto de “hora solar pico”, que se puede definir como *una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m²*. [14]

Hora Solar Pico

La hora solar pico es un concepto muy útil para el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica, independientemente de que sea conectada a red o aislada, que permite estimar la potencia pico mínima que debe producir nuestro generador fotovoltaico en función del consumo diario de las cargas asociadas a la instalación.

En nuestro caso, el mes crítico corresponde a Diciembre, mediante la herramienta PVGIS se puede obtener tanto la irradiancia mensual como la irradiancia diaria, de manera que se puede calcular la hora solar pico de varias maneras; en nuestro caso utilizaremos los datos diarios, obteniendo una irradiancia diaria de $2577,06 \text{ Wh/m}^2$ al día.

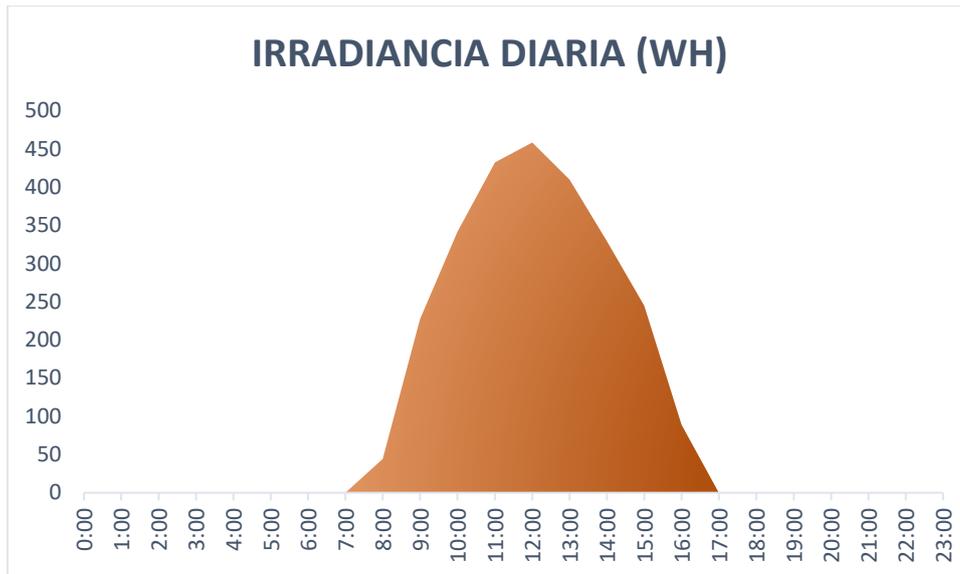


Ilustración 14: Irradiancia diaria. Elaboración propia con datos de PVGIS

Con la definición anterior y los datos correspondientes para su cálculo podemos obtener un valor de:

$$HPS = \frac{2577,06 \text{ Wh}/m^2}{1000 \text{ W}/m^2} = 2,57h$$

Performance Ratio

Según el IDAE, el “performance ratio” o rendimiento energético de la instalación, se define como “Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el periodo de diseño” [15]. De esta manera se recalculará la energía demandada necesaria por la instalación en función de la eficiencia de los diferentes componentes de la instalación: paneles, inversor, regulador de carga, pérdidas causados por diferentes factores (temperatura, caleado, dispersión de parámetros, polvo, seguimiento del punto de máxima potencia, y pérdidas asociadas a otros factores).

1. Eficiencia del módulo fotovoltaico

El módulo seleccionado es LR5-72HPH cuya hoja de características proporcionada por el fabricante estará disponible en el anexo, en concreto el panel de 540W, cuya eficiencia es de 98,3%. Se denominará como $\eta_{\text{módulo}}$.

2. Eficiencia del inversor

En este proyecto se ha optado por utilizar un inversor híbrido MOD 8000TL3-XH, cuya eficiencia europea tiene un valor de 98,1%. Se denominará como η_{inversor} .

3. Pérdidas por temperatura

Las pérdidas por temperatura vienen dependerán de la temperatura media de la célula y el factor que tiene la misma sobre la temperatura.

Comenzando el cálculo de la temperatura media de la célula se deberá tener en cuenta la temperatura ambiente máxima y mínima del emplazamiento, a través de la página meteocantabria [13] se seleccionará un amplio rango temporal para abarcar el máximo baremo de temperaturas posible, desde Abril del 2000 hasta Diciembre del 2020, obteniendo una temperatura ambiente máxima y mínima de 35,4°C y -0,8°C respectivamente.

Se seguirá la siguiente fórmula, teniendo en cuenta la irradiancia inicial tendrá un valor de 1000 W/m² para la temperatura máxima y de 100 W/m² para la temperatura mínima:

$$T_{\text{célula}} = T_{\text{ambiente}} + I_{\text{inc}} \frac{(TONC (^{\circ}C) - 20)}{800}$$

Los parámetros asociados a TONC (Temperatura de Operación Nominal de Célula) no son los mismos que los de STC (Standar Test Conditions).

La TONC se define como la temperatura de operación de la célula FV para una irradiancia de 800 W/m², espectro del Sol AM1.5, temperatura del aire de 20°C y una velocidad de viento de 1m/s [16].

En particular, la temperatura nominal de operación de la célula de este modelo es de 45°C, dato obtenido del datasheet incluido en el anexo.

Una vez conocemos los datos suficientes como para calcular este nuevo parámetro, obtenemos un resultado de 66.65°C como temperatura

máxima de la célula y 2.33°C como la mínima, lo que hace que su valor medio dé un resultado de 34.49°C.

Una vez tenemos la temperatura media de la célula podemos calcular, a través de la siguiente la eficiencia correspondiente a la temperatura de la célula:

$\Delta\eta\%$: Factor del panel, dato aportado por el fabricante en el datasheet

$T_{célula}$: Temperatura media de la célula en función del emplazamiento.

$$\eta_{temperatura} = 1 - (T_{célula} - 25) \frac{\Delta\eta\%}{\text{°C}}$$

Como resultado podemos obtener una eficiencia en cuanto a la temperatura de 96.68%

4. Pérdidas por cableado

El valor máximo que consideramos por el cableado es de 1.5%, por lo que lo elegiremos para suponer el peor caso en cuanto a las pérdidas por el cableado, es por ello por lo que tenemos una eficiencia de 98.5%. Se denominará como $\eta_{cableado}$.

5. Pérdidas por seguimiento del MPP

Nuestro inversor tiene la capacidad de hacer un seguimiento del punto de máxima potencia, MPP (“maximum power point”), cuya eficiencia es 99.9% y, pese a que podría considerarse despreciable, se tendrá en cuenta para el dimensionamiento. Se denominará como η_{MPP} .

6. Otras pérdidas

Además de las pérdidas generadas por las eficiencias de los componentes de la instalación, hay otras referidas a posibles pérdidas generadas por el entorno en el que estamos, como son las pérdidas por dispersión de parámetros, pérdidas por suciedad y a otros factores externos.

Las pérdidas consideradas por dispersión de parámetros y suciedad son del 2%, 3% y 2% respectivamente, lo que hace una eficiencia de 98%, 97% y 98%. Se denominará como $\eta_{\text{dispersión}}$, η_{suciedad} , η_{otros} .

7. Cálculo del performance ratio y recálculo del consumo

El cálculo del performance ratio (PR) engloba las eficiencias de los distintos componentes y permite conocer la energía necesaria que tendrá que generar nuestra instalación para poder cumplir con los requerimientos de nuestro proyecto, teniendo en cuenta las diferentes etapas y parámetros considerados anteriormente.

$$PR = \eta_{\text{módulo}} * \eta_{\text{inversor}} * \eta_{\text{temperatura}} * \eta_{\text{cableado}} * \eta_{\text{MPP}} * \eta_{\text{dispersión}} * \eta_{\text{suciedad}} * \eta_{\text{otros}}$$

$$PR = 98,3\% * 98,1\% * 96,68\% * 98,5\% * 99,9\% * 98\% * 97\% * 98\% = 85,46\%$$

Una vez calculado el performance ratio, podemos obtener la energía que nuestra instalación fotovoltaica tendrá que generar a través de una simple ecuación, de manera que nuestro dimensionamiento no tendría que alimentar el consumo original de 22,08 kWh/día, sino que la energía que habrá que generar finalmente será:

$$E_p = \frac{\text{Consumo}}{PR} = 25,84 \text{ kWh/día}$$

Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Una vez tenemos la energía que realmente tiene que generar la instalación y el concepto introducido anteriormente de hora solar pico, se debe calcular la potencia pico que tiene que generar la parte de los módulos fotovoltaicos.

$$\text{Potencia mínima necesaria} = \frac{25,84 \text{ kWh/día}}{2,57 \text{ h/día}} = 10,055 \text{ kW}$$

El número de paneles fotovoltaicos que habrá que instalar irá determinado tanto por los requerimientos de consumo como la capacidad de DC que tiene el inversor, como veremos más adelante. Por ahora el número mínimo de paneles necesarios para la instalación, teniendo en cuenta la potencia de cada panel, es:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{10055 \text{ W}}{540 \frac{\text{W}}{\text{panel}}} = 18,62 \text{ paneles}$$

Claramente el número de paneles tiene que ser un número entero, de manera que lo redondearemos a 20 paneles, para poder utilizar dos cadenas con el mismo número de paneles y que el seguimiento del punto de máxima potencia pueda ser óptimo. Más adelante a la hora de plantear la disposición se concretará el número de paneles.

La temperatura afecta de manera significativa al rendimiento de los paneles ya que produce una variación sobre su tensión nominal, esta variación se puede calcular mediante los coeficientes de temperatura que proporciona el fabricante en el datasheet de los paneles. Se podrá calcular el voltaje en circuito abierto (V_{OC}) y el voltaje de punto de máxima potencia (V_{MPP}).

$$\begin{aligned} V_{OC}(-0,8^{\circ}C) &= 49,5 \text{ V} + 49,5 \text{ V} \left(-0,27 \frac{\%}{^{\circ}C} \right) (-0,8^{\circ}C - 25^{\circ}C) \\ &= 52,931 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{MPP}(35,4^{\circ}C) &= 41,65 \text{ V} + 49,5 \text{ V} \left(-0,27 \frac{\%}{^{\circ}C} \right) (35,4^{\circ}C - 25^{\circ}C) \\ &= 40,267 \text{ V} \end{aligned}$$

Dimensionamiento del inversor

Para el dimensionamiento del inversor tiene que cumplir las condiciones de voltaje e intensidad que provienen del generador fotovoltaico, en nuestro caso el inversor elegido es “MOD 8000TL3-XH” y el fabricante nos indica que el número máximo de cadenas que puede haber es 2 y que la corriente puede circular por cada una de ellas es de 20 A, lo cual nuestro modelo elegido de panel lo cumple, ya que la intensidad que tiene cada una de nuestras ramas es de 13,85 A.

El número máximo de paneles que podrá haber en cada cadena vendrá determinado por el voltaje máximo que puede soportar de entrada el inversor, para ello:

$$N_{m\acute{a}ximo} = \frac{1100 V}{52,931 \frac{V}{panel}} = 18,89 = 18 \text{ paneles}$$

$$N_{m\acute{i}nimo} = \frac{160 V}{40,267 \frac{V}{panel}} = 3,97 = 4 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, el rango de paneles que puede haber en cada rama estará comprendido entre 4 y 18 unidades. Para nuestro diseño, al tener un número de 20 paneles, escogeremos 2 ramas en donde cada una tendrá 10 paneles en serie, la disposición concreta del generador fotovoltaico y la instalación en sí estará a final del capítulo.

Elegido el número máximo de paneles que se van a instalar en el proyecto, se calcula la potencia pico P_p del generador, teniendo en cuenta el número total de paneles y la potencia de los mismos.

$$P_p = 20 \text{ paneles} \cdot 540 \frac{W}{panel} = 10,8 \text{ kWp}$$

Con este diseño la potencia pico de nuestra instalación es de 10,8 kWp, por lo que será capaz de suministrar energía suficiente, durante el mes crítico y sus condiciones, para un consumo de hasta 27756 Wh al día.

La selección de este inversor es particular, ya que es un inversor híbrido que nos permite eliminar la necesidad de un regulador de control de carga porque cumple las funciones también, de manera que no tendremos que hacer el dimensionamiento del regulador.

Dimensionamiento del sistema de almacenamiento

El volumen del sistema de almacenamiento vendrá dado de la selección de días de autonomía que queremos que tenga el sistema en el caso de que el generador fotovoltaico no sea capaz de suministrar la energía suficiente, y se ha elegido 2 días.

El modelo elegido es el “Pylontech US2000C” de 48 V cuya capacidad es de 2,4 kWh, pero al tener una profundidad de descarga del 95% la capacidad útil de la batería queda en 2,28 kWh . Teniendo en cuenta la cantidad de días de autonomía que queremos, el modelo elegido para el diseño y el consumo diario requerido, obtenemos la siguiente ecuación que nos permite calcular el número de baterías que tendrá nuestro sistema:

$$N_{baterías} = \frac{25,84 \frac{kWh}{día} \cdot 2 \text{ días}}{2,28 \frac{kWh}{batería}} = 22,6 = 23 \text{ baterías}$$

Sombreados y distancia entre módulos fotovoltaicos

La distancia entre paneles es un factor que hay que tener en cuenta al realizar el dimensionamiento ya que debido a la inclinación de los paneles pueden generar sombra al panel que esté situado tras él, lo que provocará una disminución en la producción de energía de la instalación.

Gracias al terreno disponible para este diseño, la inclinación del terreno no influye demasiado ya que es prácticamente llano debido a la instalación de las antenas la necesidad de un terreno llano para su instalación. Por lo tanto, la distancia mínima entre paneles queda definida como:

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

Siendo:

h: la altura del módulo u obstáculo medida sobre el suelo en metros.

ϕ : latitud del emplazamiento de la instalación

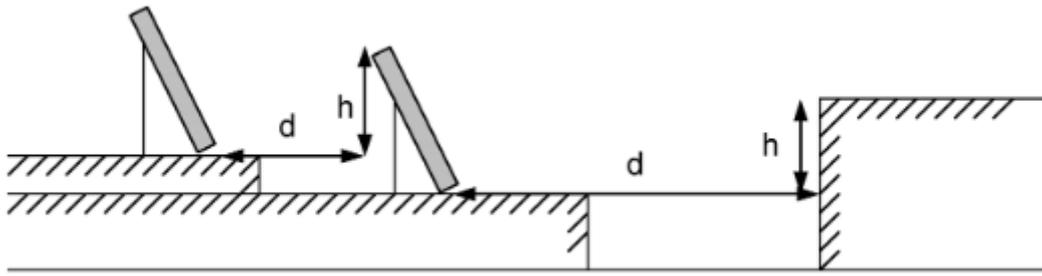


Ilustración 15: Esquema de los datos utilizados para el cálculo de distancia entre filas de paneles. Fuente: Apuntes FV, J. Mirapeix

Aplicando conceptos básicos de trigonometría, nuestros datos y una orientación apaisada de los módulos fotovoltaicos, obtenemos una distancia mínima de paneles de 2 metros.

De esta manera una vez concretado el número de ramas, paneles totales y distancia mínima entre paneles se muestra a continuación una disposición hipotética del espacio necesario para la instalación del generador fotovoltaico orientados hacia el sur, ocupando parte del terreno de Santander Teleport.

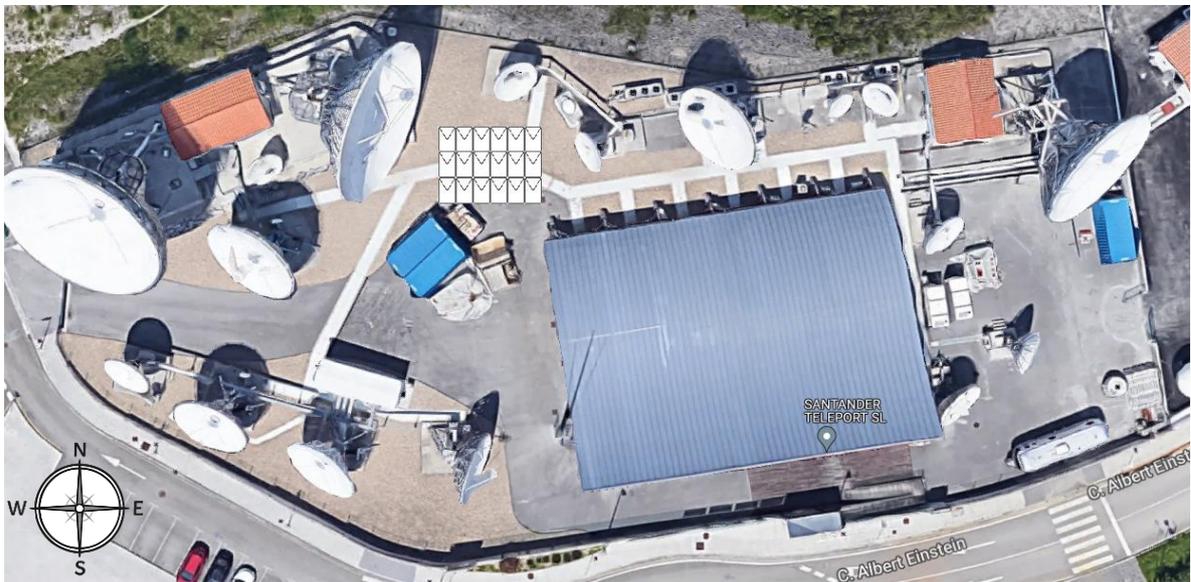


Ilustración 16: Disposición del generador FV. Elaboración propia

Dimensionamiento del cableado

El cableado es el componente encargado de transportar la electricidad tanto desde el generador fotovoltaico hasta el inversor, como desde el propio inversor hacia el dispositivo que forma parte de la infraestructura de telecomunicaciones.

Como parte de la instalación, el cableado también tiene dimensionamiento, que tendrá que ver con la intensidad que transporta, ya que si la corriente que atraviesa el cable es mayor provocará que la sección del mismo sea mayor, por lo tanto, el cable será más ancho y podría dificultar la instalación por su grosor.

La sección del cable, la cual se calcula teniendo en cuenta la longitud que deberá tener el cable, la conductividad del elemento conductor, caída de tensión e intensidad en corto circuito del panel en condiciones de medida estándar, sigue la siguiente expresión para su cálculo:

$$S = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\sigma \cdot \Delta U}$$

Para la parte de corriente continua (DC), vamos a estimar una longitud (l) de 25 m, el conductor será cobre, por lo que el valor de la conductividad del elemento (σ) es $56 \text{ S} \cdot \text{m} / \text{mm}^2$, la intensidad en corto circuito del módulo fotovoltaico (I) es de 13,85 A y la caída de tensión (ΔU) recomendada por el IDAE es del 1.5% respecto a la tensión generada por los paneles en serie, que tiene un valor de 495 V, se obtiene un valor de 7,425 V.

Una vez se calculan y extraen los datos necesarios para el cálculo del cableado en la parte de corriente continua, se obtiene un resultado de:

$$S = \frac{2 \cdot 25 \text{ m} \cdot 13,85 \text{ A}}{56 \text{ S} \cdot \text{m} / \text{mm}^2 \cdot 7,425 \text{ V}} = 1.67 \text{ mm}^2$$

Obtenido el resultado se observa que la sección del conductor en función de los cables que hay actualmente en el mercado es de 2.5 mm^2 .

Calculada la parte de corriente continua, habría que calcular la parte de corriente alterna que, pese a seguir la misma ecuación para su cálculo, los valores numéricos sí que se ven modificados por el inversor, la caída de tensión y la longitud del cable.

Para el cálculo de esta sección de cable, la intensidad vendrá dada por la corriente máxima de salida del inversor (I), dato que nos aporta el fabricante en el datasheet del componente, cuyo valor es de 13.3 A. Además, la longitud del cable utilizado en este tramo de la instalación será ligeramente inferior a la sección de la corriente continua, estimando una longitud máxima (l) de 20 metros. La caída de tensión seguirá siendo el mismo 1.5% pero esta vez el voltaje utilizado serán 230V, valor necesario para el funcionamiento del dispositivo, obteniendo un valor de caída de tensión (ΔU) de 3.45V.

Empleando todos estos datos en la ecuación anterior, podemos obtener una sección ligeramente superior que la calculada anteriormente, en este caso de 2.75 mm², comparando el resultado obtenido con las secciones de cable que están actualmente en el mercado, seleccionamos un cable con una sección de 4 mm².

Para ambos cables se ha elegido el modelo “Blindex Protech 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)” que tiene ambas secciones disponibles, permitiendo unificar la instalación a un solo modelo de cable. De la misma manera que el resto de los componentes de la instalación estará el datasheet incluido en el anexo del documento.

La disposición general de la instalación se detalla en la siguiente imagen mediante un esquema unifilar, quedando indicadas las diferentes partes de la instalación: el generador fotovoltaico, inversor híbrido, sistema de acumulación y las cargas asociadas a la instalación.

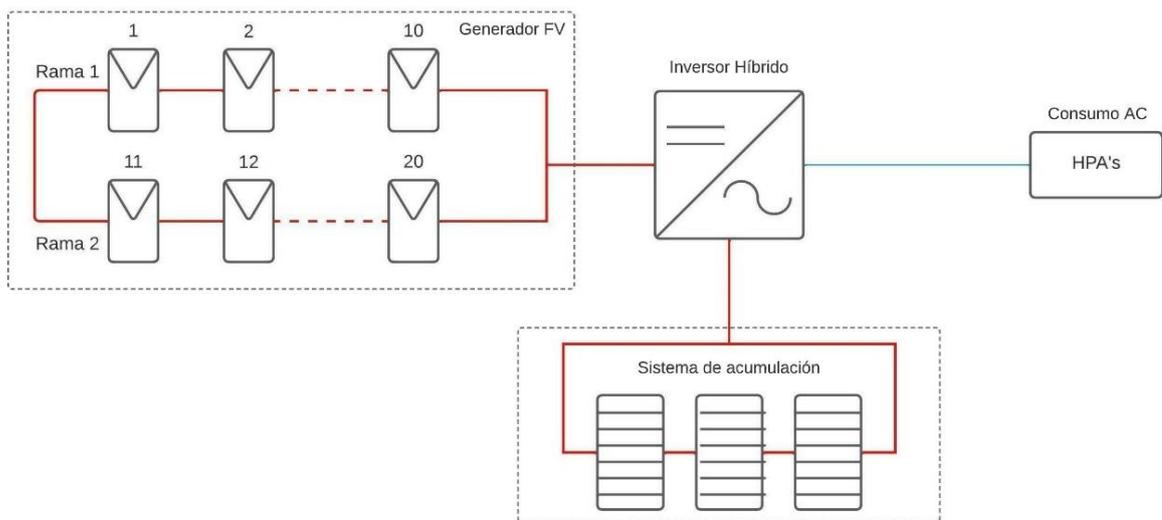


Ilustración 17: Esquema unifilar de la instalación. Elaboración propia

Capítulo 5 | Estudio económico y conclusiones del proyecto

Estudio económico

Una vez finalizado el planteamiento del diseño del proyecto, se realiza un estudio para determinar la viabilidad del mismo, calculando la producción total, la inversión realizada y el coste de la electricidad, de manera que se pueda apreciar el periodo de amortización.

Se realizará un estudio en el que se podrán observar los parámetros más importantes de este estudio, como son la cantidad de años que se tardan en amortizar el proyecto, la cantidad de dinero que se ha generado en ese año y el sumatorio del dinero ahorrado en función del paso de los años.

La inversión necesaria para este proyecto estará determinada por los diferentes elementos que forman parte del proyecto:

<i>Componente</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio (€) /unidad</i>	<i>Total (€)</i>
Módulo FV	20	315,45 €	6309 €
Inversor	1	1194,03 €	1194,03 €
Baterías	23	1575,92 €	36246,16 €
Cable DC	25 m	0,41 €/m	10,25 €
Cable AC	20 m	0,71 €/m	14,2 €

TOTAL	43773,64 €
--------------	-------------------

Tabla 3: Inversión económica de los componentes de la instalación

Para ello se necesitará calcular, de manera más concreta, la energía generada por nuestra instalación. La cantidad de energía vendrá dada por las horas de sol pico (HSP) de cada mes. Nuestra instalación tiene una potencia pico de 10,8 kWp, valor el cual nos determinará la energía que será capaz de generar nuestra instalación de manera mensual y, por consiguiente, anual.

En la siguiente tabla se observa la energía producida por la instalación, datos obtenidos a través de la herramienta de PVGIS, donde los datos observables son:

HSP: Hora solar pico correspondiente a cada mes.

P_P: Potencia pico de la instalación.

PR: Performance Ratio.

E_{MES} : Energía total generada un mes determinado.

E_{DIARIA} : Energía total generada diariamente.

<i>MES</i>	<i>HSP</i>	P_p (kW)	<i>PR</i>	E_{DIARIA} (kWh)	E_{MES} (kWh)
Enero	3,12	10,8	85,46%	28,75	891,31
Febrero	4,00	10,8	85,46%	36,87	1032,43
Marzo	4,51	10,8	85,46%	41,61	1290,03
Abril	4,74	10,8	85,46%	43,78	1313,38
Mayo	6,01	10,8	85,46%	55,50	1720,50
Junio	4,92	10,8	85,46%	45,43	1362,85
Julio	5,52	10,8	85,46%	50,95	1579,57
Agosto	5,06	10,8	85,46%	46,69	1447,49
Septiembre	5,51	10,8	85,46%	50,86	1525,67
Octubre	3,26	10,8	85,46%	30,12	933,58
Noviembre	3,64	10,8	85,46%	33,62	1008,53
Diciembre	2,57	10,8	85,46%	23,72	574,64

TOTAL (kWh)	14680
-------------	-------

Tabla 4: Energía generada mensualmente y el cómputo anual

Tras estos datos podemos obtener una producción total de 14680 kWh al año, lo que sirve como dato inicial para comenzar el estudio de la amortización.

Con el paso de los años se produce una degradación de los componentes, produciendo una disminución en su eficiencia y una reducción de la energía producida por nuestra instalación:

AÑO: Año de uso de la instalación

κ : Factor de degradación de la instalación.

Energía producida: Energía producida en el año corriente

Ahorro económico: Ahorro económico realizado durante el año corriente.

Ahorro económico acumulado: Acumulación del ahorro con el paso del tiempo.

AÑO	κ	Energía producida (kWh)	Ahorro económico (€)	Ahorro económico acumulado (€)
1	1	14680	4110,40	4110,40
2	0,9945	14599,25	4087,79	8198,19
3	0,989	14518,51	4065,18	12263,38
4	0,9835	14437,77	4042,58	16305,95
5	0,978	14357,03	4019,97	20325,92
6	0,9725	14276,29	3997,36	24323,28
7	0,967	14195,55	3974,75	28298,04
8	0,9615	14114,81	3952,15	32250,18
9	0,956	14034,07	3929,54	36179,72
10	0,9505	13953,33	3906,93	40086,66
11	0,945	13872,59	3884,33	43970,98
12	0,9395	13791,85	3861,72	47832,70
13	0,934	13711,11	3839,11	51671,81
14	0,9285	13630,37	3816,50	55488,31
15	0,923	13549,63	3793,90	59282,21

Tabla 5: Energía producida y ahorro generado durante los próximos 15 años

No se ha considerado el momento del día en el que se utiliza la luz, sino que se ha utilizado un promedio diario constante de 0,28 €/kWh, ya que sería muy complicado determinar el momento exacto de recuperación de la inversión realizada.

Conclusiones

La realización de este proyecto además de tener un carácter académico como trabajo de fin de grado, también tiene una finalidad didáctica que puede servir como ejemplo a estudiantes o personas de no provengan de una ingeniería o titulación técnica a comprender conceptos básicos de la tecnología solar fotovoltaica y entender los criterios y peculiaridades que hay detrás del diseño de una instalación fotovoltaica.

Centrado en el proyecto propiamente en sí, podemos ver que el cliente tendría recuperada la inversión de los componentes en menos de once años vista.

Debido a la situación climatológica del emplazamiento energía solar fotovoltaica no está aprovechada en su máximo debido a la irradiación que tiene.

Se ha realizado un diseño que puede cumplir con las demandas energéticas de parte de una infraestructura de telecomunicaciones. Aunque posiblemente pueda ser interesante un diseño a mayor escala en zonas donde este tipo de tecnología pueda ser aprovechada en su plenitud o mayor parte de manera que pudiese alimentar toda una infraestructura de telecomunicaciones cumpliendo unos requerimientos energéticos más exigentes.

Con la evolución tan positiva que están teniendo los precios de los componentes que forman parte de este tipo de tecnología, posiblemente pueda llegar a ser una alternativa al suministro eléctrico corriente, de manera que la trayectoria del planeta siga siendo hacia un desarrollo sostenible mediante, no sólo el uso de, la energía solar fotovoltaica, sino del uso de diferentes energías renovables en función de la energía con más potencial en un entorno determinado.

Anexo

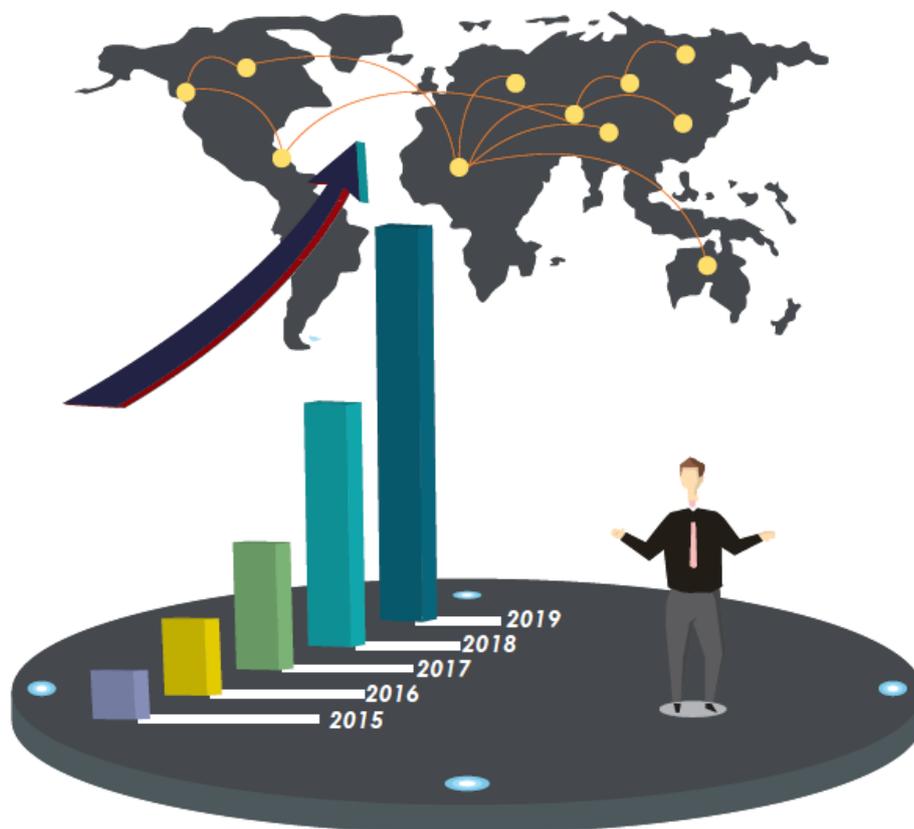


**LOW VOLTAGE ENERGY STORAGE SYSTEM
-FOR RESIDENTIAL AND SME**

Pylon Technologies Co., Ltd.

As the leading vertically integrated manufacturer of lithium iron phosphate battery systems, Pylontech has provided various battery solutions for nearly all kinds of ESS applications.

Thanks to our self-developed core technology in cells/BMS/system design, Pylontech has delivered more than 2.0GWH batteries serving 120,000+ users.



Vertical industry integration chain



Advantage

- Developed with our own LFP (lithium iron phosphate) cell to ensure the highest safety
- Self-designed BMS protects the cell in all angles such as abnormal temperature, current, voltage, SoC, SoH
- Vertical industry integration ensures more than 6000 cycles with 95% DoD
- Modular design gives the end customers the power of choice of capacity
- Compatible with most of the available Hybrid inverters
- Simple buckle fixing minimize the installation time and cost
- Backward compatibility with existing US series product
- Pre-charge function to protect ESS system from surge current



Specification



Basic Parameters	US2000C	US3000C	Phantom-S
Nominal Voltage (V)	48	48	48
Nominal Capacity (Wh)	2400	3552	2400
Usable Capacity (Wh)	2280	3374.4	2200
Dimension (mm)	442*410*89	442*420*132	440*440*88.5
Weight (Kg)	24	32	24
Discharge Voltage (V)	44.5 ~ 53.5	44.5 ~ 53.5	44.5 ~ 53.5
Charge Voltage (V)	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5
Charge / Discharge Current (A)	25(Recommend)	37 (Recommend)	25(Recommend)
	50 (Max)	74 (Max)	50 (Max)
	90 (Peak@15s)	90 (Peak@15s)	100 (Peak@15s)
Communication Port	RS485, CAN	RS485, CAN	RS485, CAN
Single string quantity(pcs)	16	16	8
Working Temperature/°C	0~50	0~50	0~50
Shelf Temperature/°C	-20~60	-20~60	-20~60
Humidity	5%~95%	5%~95%	5%~95%
Altitude (m)	<2000	<2000	<2000
Design life	15 ⁺ Years (25°C/77°F)	15 ⁺ Years (25°C/77°F)	15 ⁺ Years (25°C/77°F)
Cycle Life	>6000, 25°C	>6000, 25°C	>6000, 25°C
Authentication Level	IEC62619/CE /UN38.3	VDE2510-50/IEC62619/UL1973 UL9540A/CE/UN38.3	IEC62619/CE /UN38.3
Feature	Pre-Charge Dual-active protection Flexible current steps Dry contact wake up	Pre-Charge Dual-active protection Flexible current steps Dry contact wake up	

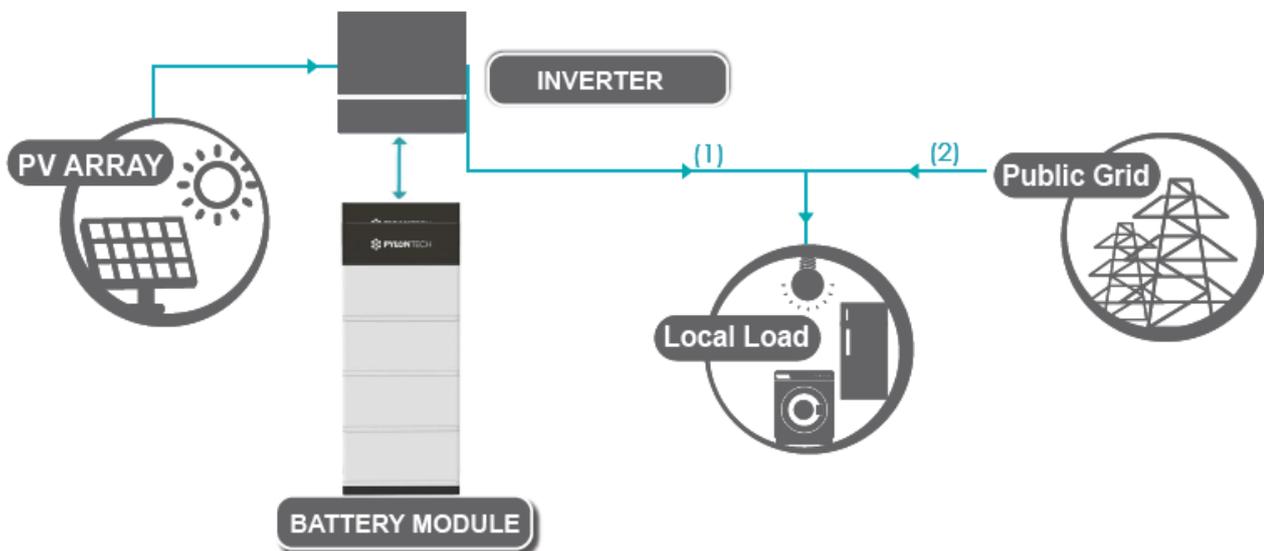
PYLONTECH FORCE SERIES

Pylontech Force L1 is the latest version of HESS (home energy storage system), inherit with our modular design concept, combined with easy installation, simple connectors and outdoor compatibility, the furniture type of equipment is your ideal place to hold your valuable force - the electricity.

Advantages

1. Modular design gives highest flexibility
2. LFP cell inside enable longest life and highest safety
3. Quick connector to save installation time
4. Furniture like design suits both indoor and outdoor installation
5. Proven BMS with widest compatibilities with inverters

Solution of ESS





sales@pylontech.com.cn www.pylontech.com.cn
20LV030904

MOD 3~10KTL3-XH

- Battery ready, future proof
- Dual MPP Trackers
- Type II SPD on DC and AC side
- Active Arcing Protection
- 24h self-consumption monitoring



GROWATT

www.ginverter.com

P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

Primary

Datasheet	MOD 3000TL3-XH	MOD 4000TL3-XH	MOD 5000TL3-XH	MOD 6000TL3-XH	MOD 7000TL3-XH	MOD 8000TL3-XH	MOD 9000TL3-XH	MOD 10KTL3-XH
Input data (DC)								
Max. recommended PV power (formodule STC)	6000W	8000W	10000W	12000W	14000W	16000W	18000W	20000W
Max. DC voltage	1100V							
Start voltage	160V							
Nominal voltage	600V							
MPP voltage range	140V-1000V							
No. of MPP trackers	2							
No. of PV strings per MPP tracker	1							
Max. input current per MPP tracker	16A							
Max. short-circuit current per MPP tracker	20A							
Input data (DC battery)								
Compatible battery	ARK XH Battery System(7.68kWh-25.68Wh)							
Operating voltage range	600V-950V							
Max. operating current	11A				18.5A			
Max. charge power	6000W				10000W			
Max. discharge power	3300W	4400W	5500W	6600W	7700W	8800W	9900W	11000W*
Output data (AC)								
AC nominal power	3000W	4000W	5000W	6000W	7000W	8000W	9000W	10000W
Max. AC apparent power	3000VA	4400VA	5500VA	6600VA	7700VA	8800VA	9900VA	11000VA*
Nominal AC voltage (range*)	220V/380V, 230V/400V (340-440V)							
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz (45-65Hz/55-65 Hz)							
Max. output current	5.0A	6.7A	8.3A	10.0A	11.7A	13.3A	15.0A	16.7A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging							
THD	<3%							
AC grid connection type	3W+N+PE							
Efficiency								
MAX. efficiency	98.3%	98.3%	98.3%	98.3%	98.6%	98.6%	98.6%	98.6%
European efficiency	97.5%	97.5%	97.5%	97.5%	98.1%	98.1%	98.1%	98.1%
MPP efficiency	99.9%							
Protection devices								
DC reverse polarity protection	Yes							
DC Switch	Yes							
AC/DC surge protection	Type I /Type II							
Insulation resistance monitoring	Yes							
AC short-circuit protection	Yes							
Ground fault monitoring	Yes							
Grid monitoring	Yes							
Anti-islanding protection	Yes							
Residual-current monitoring unit	Yes							
String fault monitoring	Yes							
AFCI protection	Yes							
General data								
Dimensions (W / H / D)	425/387/147mm	425/387/147mm	425/387/147mm	425/387/147mm	425/387/178mm	425/387/178mm	425/387/178mm	425/387/178mm
Weight	12.5kg	12.5kg	12.5kg	12.5kg	14kg	14kg	14kg	14kg
Operating temperature range	-25°C ... +60°C							
Nighttime power consumption	< 5.5W							
Topology	Transformerless							
Cooling	Natural convection							
Protection degree	IP66							
Relative humidity	0-100%							
Altitude	4000m							
DC connection	H4/MC4(Optional)							
AC connection	Connector							
Display	OLED+LED/WIFI+APP							
Interfaces: USB/RS485/WIFI/GPRS/LAN/RF	yes/yes(Optional)/Optional/Optional/Optional							
Warranty: 10 years	Yes							

CE, VDE0126, Greece, EN50549, C10/C11, VFR 2019, IEC62116, IEC61727, IEC 61683, IEC 61683, CED-21, N4105, TOR Erzeuger G98/G99, G100, AS4777, UNE217001, UNE206007, POT 2.2

* For Belgium C10/C11, MOD 10KTL3-XH max. battery discharge power is limited to 10000W and max. output power is limit to 10000VA.

* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.

Hi-MO **5m**

LR5-72HPH 530~550M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M10 Gallium-doped Wafer
 - Smart Soldering
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

12 12-year Warranty for Materials and Processing

25 25-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2015 ISO Quality Management System

ISO 14001: 2015: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

ISO 45001: 2018: Occupational Health and Safety

LONGI



21.5%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~+5W
POWER
TOLERANCE

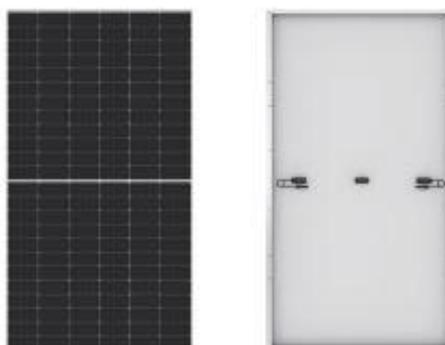
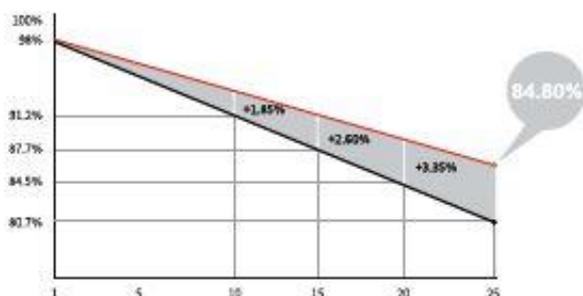
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

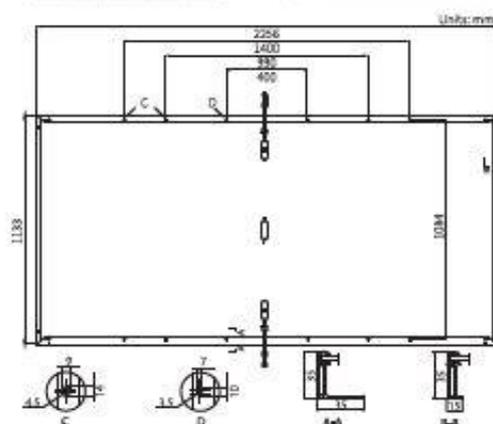
Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC: AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT: AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for P_{max}: ±3%

Module Type	LR5-72HPH-530M		LR5-72HPH-535M		LR5-72HPH-540M		LR5-72HPH-545M		LR5-72HPH-550M	
	STC	NOCT								
Maximum Power (P _{max} /W)	530	395.8	535	399.5	540	403.3	545	407.0	550	410.7
Open Circuit Voltage (V _{oc} /V)	49.20	46.12	49.35	46.26	49.50	46.41	49.65	46.55	49.80	46.69
Short Circuit Current (I _{sc} /A)	13.71	11.09	13.78	11.15	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31
Voltage at Maximum Power (V _{mp} /V)	41.35	38.50	41.50	38.64	41.65	38.78	41.80	38.92	41.95	39.06
Current at Maximum Power (I _{mp} /A)	12.82	10.28	12.90	10.34	12.97	10.40	13.04	10.46	13.12	10.52
Module Efficiency(%)	20.7		20.9		21.1		21.3		21.5	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
V _{oc} and I _{sc} Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class III
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.350%/°C

Cables de energía para baja tensión / Low voltage power cables

- Cables para red de baja tensión / Low voltage networks cables



BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)

Tensión asignada / Rated voltage: 0,6/1 kV (1,2/1,2 kVac máx. / 1,8/1,8 kVdc máx.)
 Norma diseño / Design standard: IEC 60502-1
 Designación genérica / Generic designation: Z1C4Z1-K (AS)



DESCÁRGATE la DoP (Declaración de Prestaciones) en este código QR: <https://es.prysmiangroup.com/DoP>
 DOWNLOAD the DoP (Declaration of Performance) with this QR code: <https://es.prysmiangroup.com/DoP>



Nº DoP 1006990

CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS | CHARACTERISTICS AND TESTING

 NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA FLAME RETARDANT EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2	 NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO FIRE RETARDANT EN 50399 EN 60332-3-24 IEC 60332-3-24	 LIBRE DE HALÓGENOS HALOGEN FREE EN 60754-2 EN 60754-1 IEC 60754-2 IEC 60754-1	 RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DEL AGUA RESISTANCE TO WATER ABSORPTION	 RESISTENCIA AL FRÍO COLD RESISTANT	 CABLE FLEXIBLE FLEXIBLE CABLE	 RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA RESISTANCE TO ULTRAVIOLET RAYS	 ALTA SEGURIDAD HIGH SAFETY
 REDUCIDA EMISIÓN DE GASES TÓXICOS LOW TOXIC GAS EMISSION EN 60754-2 NF C 20454 DEF 51AN 02-715	 BAJA EMISIÓN DE HUMOS LOW SMOKE EMISSION EN 50399	 BAJA OPACIDAD DE HUMOS LOW SMOKE OPACITY EN 60754-2 IEC 61034-2	<p>ALTA PROTECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA HIGH ELECTROMAGNETIC PROTECTION Gracias a su pantalla de trenza de cobre al 60% de cobertura, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias. Lo cual supone una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos. Los cables con pantallas de trenza de cobre, con coberturas inferiores al 60%, incumplen la normativa Thanks to its stranded copper shield providing 60% coverage, far more than other cables on the market, our range of shielded cables provides effective immunity to interference. This results in optimum signal transmission quality, not to mention enhanced equipment safety and useful life. Cables with stranded copper shields providing coverage of less than 60% do not comply with regulations.</p>				
 NULA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS NO EMISSION OF CORROSIVE GASES EN 60754-2 IEC 60754-2 NF C 20455	 BAJA EMISIÓN DE CALOR LOW HEAT EMISSION EN 50399	 REDUCIDO DESPRENDIMIENTO DE GOTAS / PARTÍCULAS INFLAMABLES REDUCED OCCURRENCE OF FLAMING DROPLETS / PARTICLES EN 50399					

- Temperatura de servicio: -40 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min.: 3500 V

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Cca-s1b,d1,a1
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: EN 60332-1-2; EN 50399; EN 60754-2; EN 61034-2.

- Operating temperature: -40 °C, +70 °C (thermoplastic cable).
- Alternating voltage test for 5 min.: 3500 V.

Fire safety performance in the European Union:

- Fire performance rating (CPR): Cca-s1b,d1,a1
- Fire requirements: 50575:2014 + A1:2016.
- Fire classification: EN 13501-6.
- Application of results: CLC/TS 50576.
- Test methods: EN 60332-1-2; EN 50399; EN 60754-2; EN 61034-2.

Cables de energía para baja tensión / Low voltage power cables

• Cables para red de baja tensión / Low voltage networks cables

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) Z1C4Z1-K (AS)

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

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio: EN 50399; EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24
- Libre de halógenos: EN 60754-2; EN 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60754-1
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN Q2-713
- Baja emisión de humos: EN 50399
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2
- Nula emisión de gases corrosivos: EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453
- Baja emisión de calor: EN 50399
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas: EN 50399

Fire standards also applicable in countries not in the European Union:

- Flame retardant: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- Fire retardant: EN 50399; EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24
- Halogen-free: EN 60754-2; EN 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60754-1
- Reduced toxic gas emissions: EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN Q2-713
- Low smoke emission: EN 50399
- Low smoke opacity: EN 61034-2; IEC 61034-2
- Zero corrosive gas emission: EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453
- Low heat emission: EN 50399
- Reduced occurrence of flaming droplets/particles: EN 50399

CONSTRUCCIÓN | STRUCTURE

CONDUCTOR

Metal: cobre electrolítico recocido

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228

Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito

AISLAMIENTO

Material: poliolefinas Z1

Colores: amarrón, negro, gris, azul y amarillo/verde (para cables hasta 5 conductores), en el resto de los casos un conductor amarillo verde y el resto negros numerados.

PANTALLA

- Trenzado de hilos de cobre pulido ($\phi=0,125$ mm) con una cobertura del 60 %
- Cinta de poliéster (bajo trenza).

CUBIERTA

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX UNE 21123-4.

Color: verde.

CONDUCTOR

Metal: annealed electrolytic copper.

Flexibility: flexible, class 5, as per UNE EN 60228.

Maximum temperature in conductor: 70 °C in permanent use, 160 °C, in short circuit.

INSULATION

Material: Z1 polyolefins.

Colours: brown, black, grey, blue, yellow/green (for cables with up to 5 conductors); in other cases, a green-yellow conductor and the rest numbered black conductors.

SHIELD

- Stranded cable with polished copper wires ($\phi=0,125$ mm) with a covering greater than 60%.

- Polyester tape (beneath strand).

SHEATH

Material: special halogen-free mix, type AFUMEX UNE 21123-4.

Colour: green.

APLICACIONES | APPLICATIONS

Cable flexible de alta seguridad y apantallado con trenza de hilos de cobre para suministro de energía en entornos donde se quieren evitar las influencias electromagnéticas y sea obligatorio instalar cables de alta seguridad (AS) o el riesgo de incendio no sea despreciable. Adecuado para alimentación de motores con variadores de frecuencia hasta 10 mm² (consultar fabricante de variadores). Para secciones superiores consultar Afumex Class Varinet VFD RC4Z1-K 1000 V (AS).

- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R. D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código técnico de la Edificación R. D. 314/2006, art.11).

High-safety flexible cable, shielded with copper wire strand to supply power to environments where there is a need to prevent electromagnetic influences, where it is mandatory to install high-safety cables or where the risk of fire is not inconsiderable. Suitable for supplying motors with variable frequency drive up to 10 mm² (consult VFD manufacturer). Ask about Retenax Varinet/Afumex Class Varinet (AS) for larger cross-sections.

- Indoor or receiving installations (ITC-BT 20).
- Industrial (Spanish regulations on protection against fire in industrial buildings R.D. 2267/2004).
- Buildings in general (Technical Building Code R.D. 314/2006, Art. 11).

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)

Z1C4Z1-K (AS)

DATOS TÉCNICOS | TECHNICAL DATA

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm NUMBER OF CONDUCTORS x CROSS-SECTION mm	ESPESOR DE AISLAMIENTO mm (1) THICKNESS OF INSULATION mm (1)	PESO kg/km (1) WEIGHT kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR a 20 °C, Ω/km RESISTANCE IN CONDUCTOR at 20 °C, Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A PERMITTED CURRENT SURFACE-MOUNTED (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE ENTERRADO (3) A PERMITTED CURRENT BURIED (3) A	CAÍDA DE TENSIÓN V/(A·km) (2) VOLTAGE DROP V/(A·km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 1,5	10,1	126	13,3	19	20	28,83	23,22
2 x 2,5	11	159	7,98	26	27	17,66	14,25
2 x 16	18,5	508	1,21	81	76	2,74	2,29
3 G 1,5	10,6	150	13,3	19	20	28,83	23,22
3 G 2,5	11,5	189	7,98	26	27	17,66	14,25
4 G 1,5	11,4	180	13,3	16	17	25,07	20,19
4 G 2,5	12,5	232	7,98	21	22	15,36	12,39
4 G 4	14,9	329	4,95	29	29	9,55	7,48
4 G 6	16,2	419	3,3	37	37	6,38	5,2
4 G 10	18,4	596	1,91	52	49	3,79	3,12
5 G 1,5	12,3	216	13,3	16	17	25,07	21,67
6 G 1,5	13,2	246	13,3	12	10	28,83	23,22
12 G 1,5	16,9	409	13,3	8	7,5	28,83	23,22

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ PVC2 con instalación tipo E → columna 9a (2x y 3G, monofásica).
→ PVC3 con instalación tipo E → columna 7a (4G y 5G, trifásica).

(3) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.

→ PVC2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (2x 3G, monofásica).
→ PVC3 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (4G y 5G, trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores. Considerados todos 100 % cargados.

Valores de caída de tensión para cables de más de 5 conductores, medidos entre conductor activo y conductor de protección (amarillo/verde).

(1) Approximate values.

(2) Surface-mounted in tray (40 °C).
→ PVC2 with type E installation → column 9a (2x, single-phase).
→ PVC3 with type E installation → column 7a (4G and 5G, three-phase).

(3) Buried installation directly in ground or in a conduit with standard ground thermal resistivity of 2.5 K·m/W.

→ PVC2 with D1/D2 type installation (Cu) → (2x 3G, single-phase).
→ PVC3 with D1/D2 type installation (Cu) → (4G & 5G three-phase).

As per UNE-HD 60364-5-52 and IEC 60364-5-52.

Prysmian values for cables with more than 5 conductors. All considered 100% live.

Voltage drop values for cables with more than 5 conductors, measured between active conductor and protective conductor (yellow/green).

Bibliografía

- [1] Haya Comunicación. (s. f.). *Energía Renovables para todos*. Instalaciones Industriales. Recuperado 27 de junio de 2022, de http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuadern_o_FOTOVOLTAICA.pdf, p. 20
- [2] Mirapeix Serrano, J. M. S. (s. f.). *Apuntes de la asignatura Energía y Telecomunicaciones*, p. II del Glosario
- [3] Jones-Langley, J., Raposo, J. C., Raposo, J. C., Jones-Langley, J., & Raposo, J. C. (2021, 13 febrero). *REN21 - Building the sustainable energy future with renewable energy*. REN21. https://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf, p. 35
- [4] Jones-Langley, J., Raposo, J. C., Raposo, J. C., Jones-Langley, J., & Raposo, J. C. (2021, 13 febrero). *REN21 - Building the sustainable energy future with renewable energy*. REN21. https://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf, p. 126
- [5] *REData - Potencia instalada*. (s. f.). Red Eléctrica Española, REE. https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada?start_date=2017-01-01T00:00&end_date=2021-12-31T23:59&time_trunc=year&systemElectric=nacional
- [6] *REData - Estructura renovables*. (s. f.). Red Eléctrica Española, REE. https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-renovables?start_date=2017-01-01T00:00&end_date=2021-12-31T23:59&time_trunc=year&systemElectric=nacional
- [7] Mirapeix Serrano, J. M. S. (s. f.). *Apuntes de la asignatura Energía y Telecomunicaciones*, p. 33
- [8] Colaboradores de Wikipedia. (2022, 1 abril). Irradiancia. Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Irradiancia>
- [9] Gómez Tejedor, J. A., & Olmos Sanchis, J. J. (s. f.). *Cuestiones y problemas de electromagnetismo y semiconductores*. Universidad Politécnica de Valencia. <http://personales.upv.es/jquiles/prffi/vocabulari.htm>

- [10] Mirapeix Serrano, J. M. S. (s. f.). *Apuntes FV*, p. 50, 51
- [11] *Efecto Foelectrico y Fotovoltaico. Explicación y Aplicaciones.* (s. f.). Areatecnología. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-foelectrico.html>
- [12] IDAE. (2002, octubre). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.* https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_aisladas_red_843370f2.pdf, p. 31
- [13] Meteocantabria | Estadísticas. (s. f.). Meteocantabria. <https://www.meteocantabria.es/meteocantabria/historico/filtrar>
- [14] Picand, Y. D. D. (s. f.). *Hora solar pico : definición de Hora solar pico y sinónimos de Hora solar pico (español).* sensagent - 2005–2015. <http://diccionario.sensagent.com/Hora%20solar%20pico/es-es/>
- [15] IDAE. (2002, octubre). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red.* https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_aisladas_red_843370f2.pdf, p. 30.
- [16] Mirapeix Serrano, J. M. S. (s. f.). *Apuntes FV*, p. 88