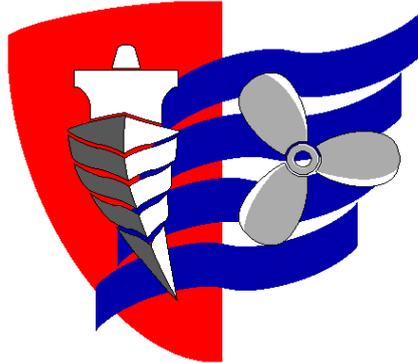


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA
EN PUERTO A BORDO DE UN BUQUE
COCHERO**

Photovoltaic system for the generation of electric energy in port
onboard a Ro-Ro vessel

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

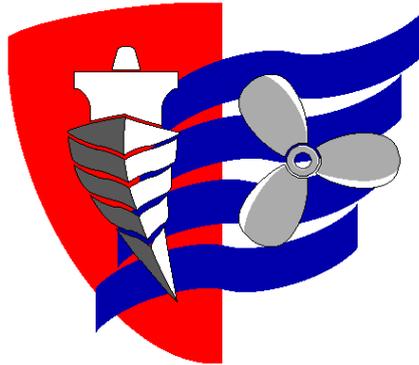
Autor: Marta Quirce Escobar

Director: Alberto Pigazo López

Junio - 2021

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA
EN PUERTO A BORDO DE UN BUQUE
COCHERO**

Photovoltaic system for the generation of electric energy in port
onboard a Ro-Ro vessel

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

Junio - 2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a todas las personas que de una forma u otra han formado parte de esta etapa.

En segundo lugar, agradezco todo el apoyo brindado por mi familia en este camino.

Por último, agradezco al Director de este trabajo fin de grado, su colaboración y paciencia para llevar a cabo este proyecto.

1 Índice de Contenido

1.0. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	11
1.1. Objeto.....	11
1.2. Alcance	11
1.3. Justificación	11
1.4. Antecedentes	12
2.0. INTRODUCCIÓN A LA ENERGIA FOTOVOLTAICA	13
2.1. Energía solar fotovoltaica.....	13
2.2. Radiación solar	14
2.4.1. Tipos paneles fotovoltaicos.....	17
2.4.2. Estructura paneles fotovoltaicos.....	23
2.6. Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.....	26
3.0. ESTUDIOS PREVIOS.....	27
3.1. Puerto de Raos (SANTANDER).....	27
3.2. Puerto de Brest (FRANCIA).....	30
3.3. Puerto de Brujas (ZEEBRUGGE).....	33
4.0. NORMATIVA	37
5.0. PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	40
5.1. Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc.....	40
5.1.1. Rendimiento Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc	40
5.1.2. Características Físicas Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc.....	41
5.1.3. Mantenimiento Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc.....	42
5.2. Panel Ja Solar 325W Monocristalino Perc.....	42
5.2.1. Rendimiento Panel Solar 325W Perc Monocristalino ERA.....	43
5.2.2. Características Físicas Panel Solar 325W Perc Monocristalino ERA.....	43
5.2.3. Mantenimiento Panel Solar 325 W Perc Monocristalino ERA	44
5.3. Panel Ja Solar 400 W Monocristalino Perc.....	44
5.3.1. Rendimiento Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA.....	45
5.3.2. Características Físicas Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA.....	45
5.3.3. Mantenimiento Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA	46
5.4. UBICACIÓN PANELES	48
5.5. COMPARACIÓN PANELES SUNNY DESIGN.....	53
6.0. ACUMULADORES.....	69
6.1. Capacidad batería solar.....	70
7.0. REGULADORES DE CARGA.....	72
8.0. OTROS ELEMENTOS INSTALACIÓN.....	76
9.0. RIEGO DE CONDICIONES.....	82

9.1.	Pliego de Condiciones Generales.....	82
9.1.1.	Condiciones Generales.....	83
9.1.2.	Reglamentos y Normas.....	85
9.1.3.	Materiales.....	85
9.1.4.	Recepción del Material.....	86
9.1.5.	Organización.....	87
9.1.6.	Ejecución de las obras.....	87
9.1.7.	Interpretación y Desarrollo del Proyecto.....	88
9.1.8.	Variaciones del Proyecto.....	89
9.1.9.	Obras Complementarias.....	89
9.1.10.	Modificaciones.....	90
9.1.11.	Obra Defectuosa.....	90
9.1.12.	Medios Auxiliares.....	90
9.1.13.	Conservación de las Obras.....	91
9.1.14.	Subcontratación de Obras.....	91
9.1.15.	Recepción de las Obras.....	91
9.1.16.	Contratación de Astillero.....	92
9.1.17.	Contrato.....	92
9.1.18.	Responsabilidades.....	92
9.1.19.	Rescisión de Contrato.....	93
9.2.	Pliego de Condiciones Económicas.....	93
9.2.1.	Mediciones económicas.....	93
9.2.2.	Abono de las obras.....	93
9.2.3.	Precios.....	94
9.2.4.	Revisión de precios.....	94
9.2.5.	Precios contradictorios.....	94
9.2.6.	Penalizaciones por Retrasos.....	94
9.2.7.	Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato.....	95
9.2.8.	Fianza.....	95
9.2.9.	Gastos Diversos por Cuenta del Astillero.....	96
9.2.10.	Conservación de las Obras Durante el Plazo de Garantía.....	96
9.2.11.	Medidas de Seguridad.....	96
9.2.12.	Responsabilidad por Daños.....	96
9.2.13.	Demoras.....	97
9.3.	Pliego de Condiciones Facultativas.....	97
9.3.1.	Normas a Seguir.....	97
9.3.2.	Personal.....	98
9.3.3.	Condiciones de los Materiales Empleados.....	98

9.3.4.	Admisión y Retirada de Materiales	98
9.3.5.	Reconocimientos y Ensayos Previos.....	99
10.0.	PRESUPUESTO	101
10.1.	Presupuesto de la oficina técnica.....	101
10.2.	Presupuesto de materiales, equipos y otros.....	101
10.3.	Fabricación e instalación	102
10.4.	Presupuesto total	102
11.0.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
11.1.	Páginas Web	141
11.2.	Software	143

2 Índice de Tablas

Tabla 1: Irradiación global horizontal mensual en el Puerto de Raos en kW/m2.....	28
Tabla 2: Temperatura media mensual en el Puerto de Raos en grados centígrados	29
Tabla 3: Irradiación global horizontal mensual en el Puerto de Brest en kWh/m2.....	31
Tabla 4: Temperatura media mensual en el Puerto de Brest en grados centígrados.....	32
Tabla 5: Irradiación global horizontal mensual en el Puerto de Brujas en kWh/m2	34
Tabla 6: Temperatura media mensual en el Puerto de Brujas en grados centígrados.....	35
Tabla 7: Comparativa entre los tres paneles seleccionados	47
Tabla 8: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Raos.....	53
Tabla 9: Tabla de la producción de energía mensual en Raos	54
Tabla 10: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Brest	55
Tabla 11: Tabla de la producción de energía mensual en Brest	56
Tabla 12: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Brujas	57
Tabla 13: Tabla de la producción de energía mensual en Brest	58
Tabla 14: Comparativa entre las tablas 8, 10 y 12	59
Tabla 15: Costes y ahorro planta fotovoltaica	60
Tabla 16: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en Brest.....	62
Tabla 17: Tabla de la producción de energía mensual en Brest	63
Tabla 18: Aspectos económicos de la instalación en Brest.....	63
Tabla 19: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en Brest.....	65
Tabla 20: Tabla de la producción de energía mensual en Brest	66
Tabla 21: Aspectos económicos de la instalación en Brest	66
Tabla 22: Comparativa de los tres paneles fotovoltaicos estudiados.....	68
Tabla 23: Comparativa de los tipos de baterías	71
Tabla 24: Comparativa de los tipos de reguladores	75
Tabla 25: Presupuesto oficina técnica.....	101
Tabla 26: Presupuesto materiales, equipos y otros	101
Tabla 27: Presupuesto final.....	102

3 Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Buque cochero Autosun	12
Ilustración 2: Gráfico del espectro de radiación solar	15
Ilustración 3: Capas del sol.....	16
Ilustración 4: Panel fotovoltaico monocristalino	18
Ilustración 5: Panel fotovoltaico policristalino.....	19
Ilustración 6: Panel fotovoltaico de capa fina/amorfo	22
Ilustración 7: Comparativa entre los tipos de paneles fotovoltaicos.....	22
Ilustración 8: : Mapa del puerto de Raos	27
Ilustración 9: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Raos.....	28
Ilustración 10: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Raos.....	29
Ilustración 11: Mapa del puerto de Brest en Francia	30
Ilustración 12: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Brest	31
Ilustración 13: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Brest	32
Ilustración 14: Mapa del puerto de Brujas (Fuente: googlemaps)	33
Ilustración 15: Zoom del mapa del puerto de Brujas (Fuente: googlemaps).....	33
Ilustración 16: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Brujas	34
Ilustración 17: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Brujas.....	35
Ilustración 18: Medidas y características del panel Ja Solar 380 W.....	41
Ilustración 19: Dimensiones panel Solar 325W Perc Monocristalino ERA.....	43
Ilustración 20: Dimensiones Panel ERA 400	46
Ilustración 21: Áreas en las que dividimos la cubierta del buque.....	49
Ilustración 22: Área 1 del buque	50
Ilustración 23: Área 2 del buque	51
Ilustración 24: Área 3 del buque	52
Ilustración 25: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Raos.....	54
Ilustración 26: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest	56
Ilustración 27: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brujas	58
Ilustración 28: Costes anuales electricidad con SMA Poly 300 W.....	61
Ilustración 29: Dimensiones de los paneles SMA Poly 300 W	61
Ilustración 30: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest	62
Ilustración 31: Costes anuales electricidad con SMA Mono 300 W.....	64
Ilustración 32: Dimensiones de los paneles SMA Mono 300 W	64
Ilustración 33: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest	65
Ilustración 34: Costes anuales electricidad con SMA Mono 300 W.....	67
Ilustración 35: Dimensiones de los paneles SMA Poly 240 W	67
Ilustración 36: Vida útil batería solar	69
Ilustración 37: Esquema conexión instalación fotovoltaica	72
Ilustración 38: Gráfico de los estados de carga posibles	73
Ilustración 39: Elementos planta fotovoltaica	76
Ilustración 40: De izda a dcha inversor y batería inversora instalación.....	76



RESUMEN

La idea principal de este proyecto es el diseño y desarrollo de una instalación fotovoltaica a bordo de un cocher. Esta instalación ayudará a reducir las emisiones en puerto del buque, ya que se disminuye la energía demandada a los motores auxiliares. Este descenso de las emisiones en puerto permite mitigar el efecto de la contaminación y contribuye a la consecución de “emisiones netas nulas de gases de efecto invernadero en 2050”.

Unido a lo descrito anteriormente, la instalación de una planta fotovoltaica a bordo incluye al navío en la lista de buques tipo “C+”, lo que significa que pertenecerá a un grupo de barcos los cuales reciben retribuciones en función de su GT’s por ser solidarios con el medio ambiente.

Para llevar a cabo la instalación fotovoltaica tendremos en cuenta los tres puertos de operación: Santander, Zeebrugge y Brest.

De la misma forma, a lo largo de este proyecto se analizará el tiempo de amortización de la instalación. Además, quedará proyectado el desembolso económico que tendremos que llevar a cabo.

ABSTRACT

The main idea of this project is the development and design of a photovoltaic installation on board a Ro-Ro ship. This installation will reduce emissions on port of the ship since she will reduce the energy demanded of her auxiliary engines. The reduction of emissions from the ship on port contributes to reduce the pollution and accomplish with the UE objective of null net emissions in 2050.

In addition to the above, the installation of an on-board photovoltaic plant includes the vessel in the "C+" list of vessels, meaning that it will belong to a group of ships which receive remuneration based on their GT's for being environmentally friendly.

With the aim of carrying out the installation on board, three of her home ports will be used: Santander, Zeebrugge and Brest.

Another point to be analyzed in this project is the life performance and the economic outbursement that we will have to carry out will be projected



PALABRAS CLAVE

Generador fotovoltaico; paneles fotovoltaicos; Acumuladores; Pérdidas;
Rendimiento; Normativa; Cubierta; Energía; Energía solar; Irradiación solar;
Motor auxiliar; Inversor; Buque cohero

KEYWORDS

Photovoltaic generator; Photovoltaic panel; accumulator; Losses; Efficiency;
Rules; Deck; Energy; Solar energy; Solar irradiation; Auxiliary engine; Inverter;
Ro-Ro vessel

1.0. OBJETIVO DEL PROYECTO

1.1. Objeto

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG), consistente en un estudio técnico sobre la utilización de fuentes de energía renovable en buque mercante, plantea un sistema fotovoltaico para suplementar la energía demandada por un buque cochera durante su operación en puerto.

En el TFG se estudiará la irradiación solar en las zonas por las que el buque navegue, así como de viabilidad económica y financiera del proyecto.

1.2. Alcance

En este proyecto se tratarán los siguientes puntos para poder evaluar la instalación fotovoltaica. Se realizará un estudio de la radiación solar que recibe cada puerto de operación del buque. Al ser la ruta del buque Santander-Brest-Brujas, esos serán los puertos sometidos a estudio.

Por otro lado, se estudiará la instalación fotovoltaica que se instalará en el buque, teniendo en cuenta que lo que se pretende es la disminución de emisiones de gases a la atmósfera, es decir, disminuir el uso de los generadores auxiliares en puerto y utilizar la energía que genere esta planta.

Y por último se estudiará la viabilidad de dicho proyecto, que para ello estudiaremos el desembolso económico inicial y los años que necesitamos que pasen para poder amortizar dicha instalación.

1.3. Justificación

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin

de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marítima

1.4. Antecedentes

La instalación se situará en la cubierta de un buque cochero, concretamente en el buque cochero de la imagen. Se ha elegido este buque ya que en su cubierta dispone de un espacio amplio para poder realizar la instalación de la planta fotovoltaica.



Ilustración 1: Buque cochero Autosun (Fuente: marinetráfico [11])

Las principales características del buque son la manga, la eslora, el calado medio y el año de construcción, para el caso de este buque dichas características son las siguientes:

- Manga: 23 m
- Eslora: 140 m
- Calado medio: 6,5 m
- Año construcción: 2000
- Motores principales: 2
- Motores auxiliares: 2 (900kW/unidad)

2.0. INTRODUCCIÓN A LA ENERGIA FOTOVOLTAICA

2.1. Energía solar fotovoltaica.

La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica.

Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que artificialmente se ha creado un campo eléctrico constante. El material más utilizado es el silicio. Estas células conectadas en serie o paralelo forman un panel solar encargado de suministrar la tensión y la corriente que se ajuste a la demanda. Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican a partir de materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía.

Además de los semiconductores las células solares están formadas por una malla metálica superior u otro tipo de contrato para recolectar electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa y un contacto posterior para completar el circuito eléctrico. También en la parte superior de la célula hay un vidrio u otro tipo de material encapsulado transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, y una capa anti reflectante para aumentar el número de fotones absorbidos.

Las células fotovoltaicas convierten la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar fotovoltaica una energía más competitiva con otras fuentes.

Estas células conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura, soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación. La estructura del módulo protege a las células del medioambiente y son duraderas y fiables.

Para formar un generador fotovoltaico debemos conectar dos o más módulos. Dichos generadores producen corriente continua (CC) y pueden ser conectados en serie o en paralelo para poder producir cualquier combinación de corriente y tensión. Un módulo o generador fotovoltaico por sí mismo no es suficiente para poder aprovechar la energía que genera.

Para ello es necesario un sistema fotovoltaico completo, dicho sistema consiste en un generador fotovoltaico junto a otros componentes, conjuntamente conocidos como el “resto del sistema” o BOS (Balance of System). Estos componentes varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se quiere proporcionar. Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar como autónomos o conectados a red eléctrica. Por tanto, nos encontramos ante una fuente de energía, que además de renovable se nos presenta como una clara apuesta de futuro de cara al planteamiento energético en los próximos años.

La energía solar, dentro del grupo de energías renovables, ofrece un potencial energético mucho mayor que lo que se llega a consumir, un potencial inagotable que puede emplearse en todas las actividades humanas

Aunque no toda esta energía es aprovechable, el potencial útil es superior al consumo anual de energía.

Los sistemas solares dependen de la radiación solar, un recurso variable de fácil predicción y de muy baja incertidumbre espacial y temporal en períodos de tiempo largos.

2.2. Radiación solar

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por

el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de 6000 K. El espectro de la radiación solar se distribuye desde la región infrarroja hasta la ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera. La magnitud que mide dicha radiación es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza la tierra. Su unidad es el vatio por metro cuadrado (W/m^2)

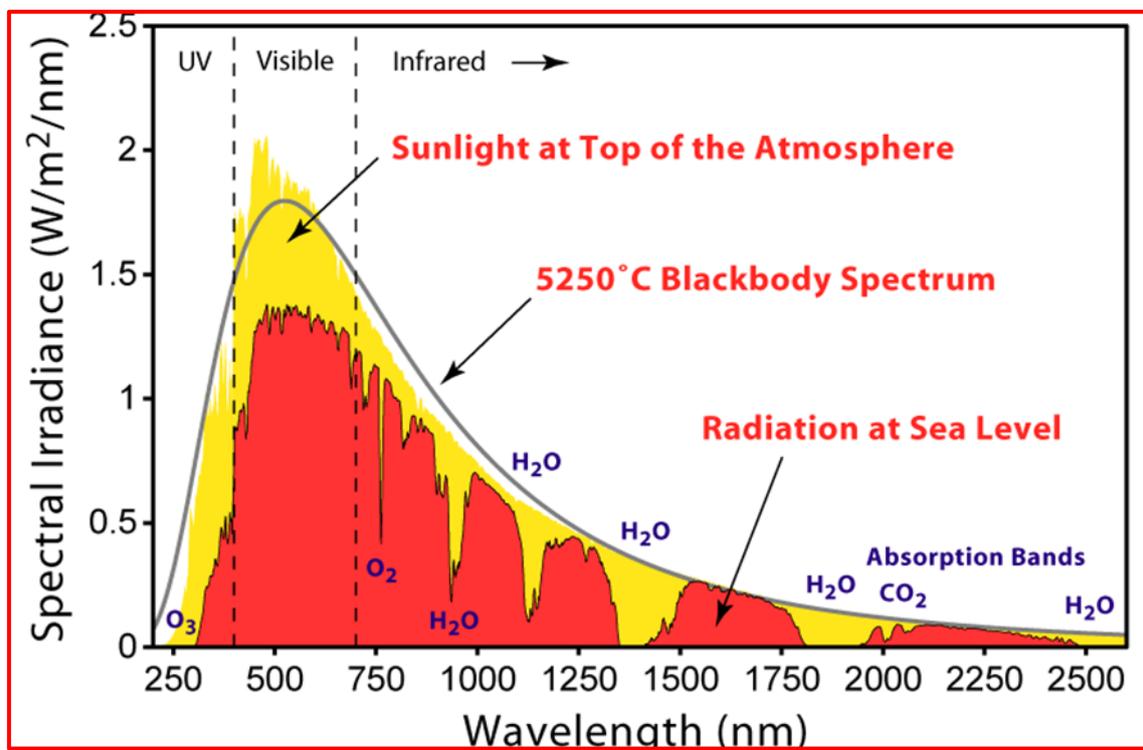


Ilustración 2: Gráfico del espectro de radiación solar (Fuente: Emerald.com [2])

2.3. Generación de la radiación solar

En las regiones interiores del sol, las cuales son inaccesibles a la observación directa, tienen lugar temperaturas de unos 20 millones de grados, los cuales son necesarios para producir las reacciones nucleares necesarias para producir energía.

La capa más externa se llama fotosfera, esta capa es la que produce casi toda la radiación observada, tiene una temperatura de 6000 K y su anchura aproximada es de 200-300 km. Por encima de esta capa está la cromosfera cuya anchura es de unos 15000 km. Más exterior es la corona solar, una parte muy tenue y caliente que tiene una extensión de millones de kilómetros y sólo es visible durante los eclipses solares totales.

La superficie de la fotosfera está formada por un gran número de gránulos brillantes producidos por células de convección. También aparecen fenómenos cíclicos que conforman la actividad solar como manchas solares, fáculas, protuberancias solares, etc.

Estos procesos tienen lugar en distintas profundidades y siempre van acompañados de una emisión de energía que se superpone a la principal emisión de la fotosfera, que hace que el sol se aleje ligeramente en su emisión de energía del cuerpo negro a cortas longitudes de onda por la emisión de los rayos X y a largas longitudes por dichos fenómenos. Además, la cromosfera y corona absorben y emiten radiación que se superpone a la fotosfera.

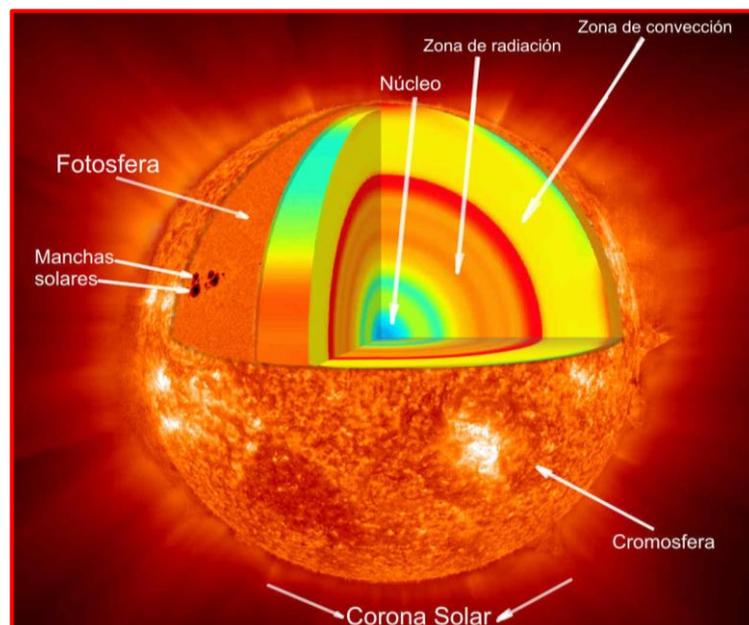


Ilustración 3: Capas del sol (Fuente: todoelsistemasolar.com [13])

2.4. Panel fotovoltaico

Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad. También recibe el nombre de módulo fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones domésticas como en aplicaciones comerciales.

Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas. El panel fotovoltaico es el encargado de transformar de una manera directa la energía de la radiación solar en electricidad, en forma de corriente continua.

2.4.1. Tipos paneles fotovoltaicos

- PANELES MONOCRISTALINOS

En los paneles solares monocristalinos las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio.

En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica.

Posteriormente, con el objetivo de reducir los costes de fabricación de las celdas fotovoltaicas monocristalinas y de optimizar el su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio. Este recorte es el que les da este aspecto característico.

Una de las formas más sencillas para poder distinguir claramente un panel solar monocristalino de uno policristalino, es que en el policristalino las celdas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares.

La diferencia básica entre una célula solar monocristalina y una policristalina es la composición del cristal de silicio. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea que cuando se ha fabricado el cristal, se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección, consiguiendo un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal.

En cambio, en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí.

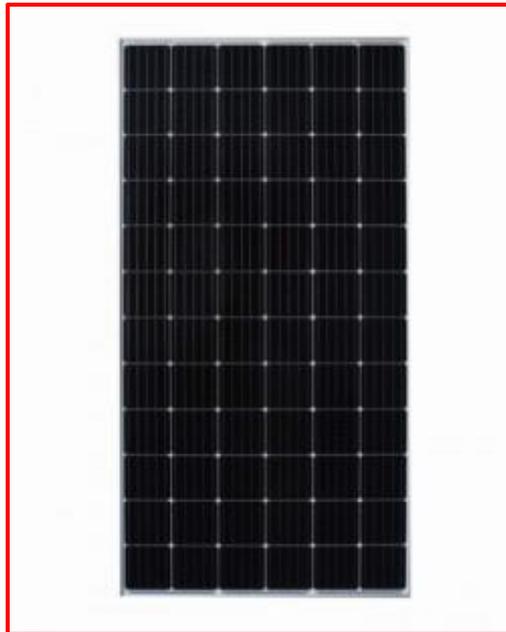


Ilustración 4: Panel fotovoltaico monocristalino (Fuente: autosolar.es [1])

- **PANELES POLICRISTALINOS**

Los paneles fotovoltaicos policristalinos, a diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. En este tipo de panel solar el silicio en bruto se funde y se vierte en un

molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981.

Los paneles solares a base de células policristalinas cuentan con una larga trayectoria en la industria, puesto que su fabricación arrancó ya en la década de los ochenta.

Su mayor ventaja respecto a las celdas monocristalinas parte de un proceso de producción de menor coste, que tira a la baja el precio final de estos sistemas.

Las células fotovoltaicas de los paneles solares policristalinos son más asequibles. Por otra parte, cuentan con algunas desventajas: La menor tolerancia al calor de estas celdas hace que cuenten con una eficiencia inferior a la alternativa monocristalina.

En concreto, se estima que en los paneles que incluyen estas celdas el ratio de eficiencia es de un máximo del 16%, fundamentalmente por la menor cantidad de silicio que incorporan.

El efecto negativo que las altas temperaturas provocan sobre estas células, que hace que sean aún menos atractivas que las monocristalinas para usuarios que residan en áreas cálidas, así como su menor eficiencia respecto al espacio, figuran también como desventajas de estos sistemas.

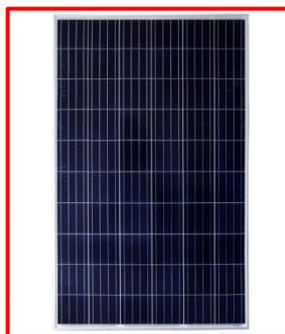


Ilustración 5: Panel fotovoltaico policristalino (Fuente: autosolar.es [1])



- PANELES FOTOVOLTAICOS DE CAPA FINA

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC)

Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados.

Los módulos fotovoltaicos de película delgada se fabrican depositando el material semiconductor sobre un sustrato similar al vidrio, para que los paneles solares rígidos se utilicen en exteriores; o plástico, en el caso de paneles flexibles para usos menos convencionales.

El módulo de película delgada se fabrica monolíticamente y no requiere el ensamblaje de varias celdas, como en el caso de los paneles de silicio cristalino, además, la cantidad de material semiconductor presente en el panel es considerablemente menor que los paneles hechos con celdas fotovoltaicas estándar, lo que reduce los costos de producción, por otro lado, el material depositado parece tener un alto defecto y, por consiguiente, los paneles de película delgada tendrán una eficiencia menor en comparación con sus equivalentes monocristalinos.

Los módulos de película delgada se subdividen en varias categorías según los materiales semiconductores depositados en él, entre los más comunes encontramos:

- Silicio amorfo, en el que los átomos de silicio se depositan químicamente en forma amorfa, o estructuralmente desorganizados, sobre la superficie de soporte. Esta tecnología utiliza cantidades muy pequeñas de silicio

- (espesores del orden de micras). Los módulos de silicio amorfo generalmente muestran una eficiencia menos constante de las otras tecnologías en comparación con los valores nominales, a pesar de tener garantías en línea con el mercado. El dato más interesante se refiere al EROEI, que proporciona valores muy altos (en algunos casos incluso llega a 9), lo que demuestra la eficiencia económica de esta tecnología.
- Telururo de cadmio (CdTe): estos son paneles solares más delgados con un precio más bajo y una menor eficiencia termodinámica.
 - El sulfuro de cadmio microcristalino (CdS), que tiene costos de producción muy bajos debido a que la tecnología utilizada para su producción no requiere el logro de las temperaturas muy altas requeridas en lugar de la fusión y purificación del silicio. Se aplica a un soporte de metal para recubrimiento por pulverización, es decir, se pulveriza literalmente como una pintura. Entre las desventajas asociadas con la producción de este tipo de células fotovoltaicas está la toxicidad del cadmio y la baja eficiencia del dispositivo.
 - Arseniuro de galio (GaAs), se trata de una aleación binaria con propiedades semiconductoras, capaz de garantizar rendimientos muy altos, debido a la propiedad de tener una brecha directa (a diferencia del silicio). Se utiliza principalmente para aplicaciones militares o científicas avanzadas (como misiones de exploración planetaria automatizada o fotodetectores especialmente sensibles). Sin embargo, el costo prohibitivo del material monocristalino a partir del cual se fabrican las células lo ha destinado a un uso específico.
 - Diselenuro de cobre indio (CIS), con una opacidad que va del 100% al 70% obtenida a través de orificios hechos directamente en la película.
 - Indio cobre galio diselenuro (CIGS)
 - Heterojunction, literalmente unión entre diferentes sustancias, en la que se emplea una capa de silicio cristalino como superficie de soporte de una o más capas amorfas o cristalinas, cada una de las cuales está optimizada para una subbanda de radiación específica;

El silicio microesférico, en el que se utiliza silicio policristalino reducido en esferas con un diámetro de aproximadamente 0,75 mm enjaulado en un sustrato de aluminio



Ilustración 6: Panel fotovoltaico de capa fina/amorfo (Fuente: materialfotovoltaico.com [11])

Tras conocer las características de los distintos tipos de paneles fotovoltaicos, los paneles que emplearemos para llevar a cabo nuestra instalación serán paneles monocristalinos, ya que como anteriormente se ha comentado, soportan mayores temperaturas y el ratio de eficiencia es mayor ya que poseen mayor cantidad de silicio.



Ilustración 7: Comparativa entre los tipos de paneles fotovoltaicos (Fuente: tritrc-intervento.cl [10])



2.4.2. Estructura paneles fotovoltaicos

El buen rendimiento de una instalación solar está fuertemente determinado por la orientación de los paneles solares, y de esto se encargan las estructuras de paneles solares.

Existen diferentes tipos de estructuras para módulos fotovoltaicos según sea la superficie donde se vayan a instalar:

- Estructura para cubierta metálica: diseñadas para poder instalar las placas solares sobre una cubierta metálica con cierta inclinación. La inclinación de la estructura fotovoltaica y la cubierta será la misma.

- Estructura para cubierta de teja: Están diseñadas para poder anclar los paneles solares a cualquier tejado de teja. Se trata de una estructura de tipo coplanar ya que no se puede modificar el ángulo de caída del tejado. Este tipo de estructuras para paneles solares sobre tejas, permiten no tener que perforarlas en el caso de que estén sueltas, ya que incluyen un salvateja que permite anclar la estructura fotovoltaica y poner encima los perfiles sobre los que se sujetan los paneles solares.

- Estructura elevada: Este tipo de soporte, permite instalar las placas solares a cierta altura (unos 3 metros) con orientación sur. En este tipo de soporte se podrán instalar de 1 a 12 paneles solares. Tiene una garantía de 25 años.

- Estructura para suelo: Como bien indica su nombre, es una estructura fotovoltaica adaptada para poder instalar las placas solares sobre suelo o sobre una cubierta plana. Disponemos de varios ángulos de inclinación 20°-25°-30°. Las estructuras para paneles solares baratas llevan incluidas toda la tornillería para el anclaje de los paneles solares.

- Estructura para pared: Esta estructura es la solución definitiva para poder instalar los paneles solares sobre una superficie que es plana vertical y así poder



darles la inclinación adecuada para maximizar la producción de los mismos.

Todas estas estructuras están fabricadas con aluminio EN AW 6005A T6 y la tornillería en acero inoxidable.

Existen distintas denominaciones para las estructuras de paneles solares según el lugar donde vayan a situarse:

- Estructuras tipo “B” y tipo “H”: son aquellas que se sitúan en una columna, de manera que el panel queda suspendido en el aire.
- Estructuras solares de tipo “V”, que se sitúan sobre el suelo o en terraza plana.
- Estructuras tipo “A”, para paneles de potencias entre 280 y 325W sobre suelo.
- Estructuras tipo “S” donde el panel se apoya sobre la estructura, y ésta con una determinada orientación con el suelo

2.5. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras:

- La energía fotovoltaica es un negocio seguro y sin apenas riesgos. La inversión y la producción son manejables y calculables a largo plazo.
- Los sistemas fotovoltaicos se instalan fácil y rápidamente.
- La producción eléctrica fotovoltaica ocurre sin combustión, y a un nivel de temperatura comparativamente bajo.
- Es no contaminante, por lo que contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al utilizarse como alternativa a otros sistemas generadores de energía eléctrica más contaminantes.
- No requiere mucho mantenimiento.
- No requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los

edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa.

- No consume combustibles fósiles
- No genera residuos.
- No produce ruidos, es totalmente silenciosa.
- Es una fuente inagotable.
- Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.
- Los módulos solares son reutilizables.
- La instalación de una planta fotovoltaica incrementa el valor del edificio.

Además de las ventajas ambientales también se deben tener en cuenta las socio-económicas:

- Instalación simple. Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años).
- Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- No existe una dependencia de los países productores de combustibles.
- Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general.
- Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

Los inconvenientes de este sistema de generación de energía no son ni el origen de dicha energía, ni la materia prima de donde se extrae el silicio, sino de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos, que son complejas y caras.

- Requiere una importante inversión inicial.
- Es una energía de difícil almacenamiento.
- No es económicamente competitiva con otras energías actuales.
- Producción variable según climatología del lugar y época del año.

- Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores. Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad. También recibe el nombre de módulo fotovoltaico.

2.6. Mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas

En términos generales, las instalaciones fotovoltaicas suelen ser sencillas de mantener, pero si no se presta atención y el mantenimiento no es el adecuado, antes o después surgirán problemas, que pueden llegar a ser desde una disminución del rendimiento de la instalación, hasta el deterioro de algunos elementos o la reducción de su vida útil.

Con un contrato de mantenimiento, el operador consigue la mayor seguridad posible para obtener el máximo de su instalación. El mantenimiento in situ debe efectuarse una vez al año cuando se produzca un descenso o una total parada de la producción eléctrica, o la aparición de defectos en la estructura de fijación del campo solar. En estos casos se realizará un mantenimiento correctivo, que detecte el origen de la avería y la repare. En estas revisiones se debe incluir:

- Comprobación del funcionamiento del inversor mediante pantalla o LED.
- Limpieza de los orificios del inversor.
- Comprobación del funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
- Revisión del bastidor de montaje.
- Comprobación de tensión e intensidad para cada serie de placas fotovoltaicas (todas las series deberían dar valores idénticos o muy similares). Se pueden detectar fallos en las placas, como diodos fundidos o problemas de cableado y conexiones.
- Comprobación de la solidez de la estructura del campo solar, reapriete de tornillos, estado de la protección de los soportes metálicos y anclajes, etc.
- Caracterización de la onda, frecuencia y tensión de salida en corriente alterna del inversor.
- Comprobación de las protecciones, fusibles y diferenciales.

- Verificación de las conexiones del cableado en la caja de conexiones.

3.0. ESTUDIOS PREVIOS

Con carácter previo a la realización de una planta fotovoltaica es necesario realizar un estudio sobre la radiación solar recibida diaria, semanal o mensualmente en el emplazamiento en el que se pretende instalar la misma estimando este modo la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Por lo tanto, en nuestro caso debemos realizar el estudio correspondiente en los puertos de recalada del buque. La ruta que realiza dicho buque es la siguiente: Santander- Brest- Brujas. Los datos correspondientes al emplazamiento seleccionado se muestran a continuación, calculados mediante un estudio por el software de cálculo de instalaciones solares fotovoltaicas, PVGIS

3.1. Puerto de Raos (SANTANDER)

En primer lugar, vamos a ubicar el puerto de Raos en el mapa, dicho puerto está situado en Cantabria, concretamente en Santander.

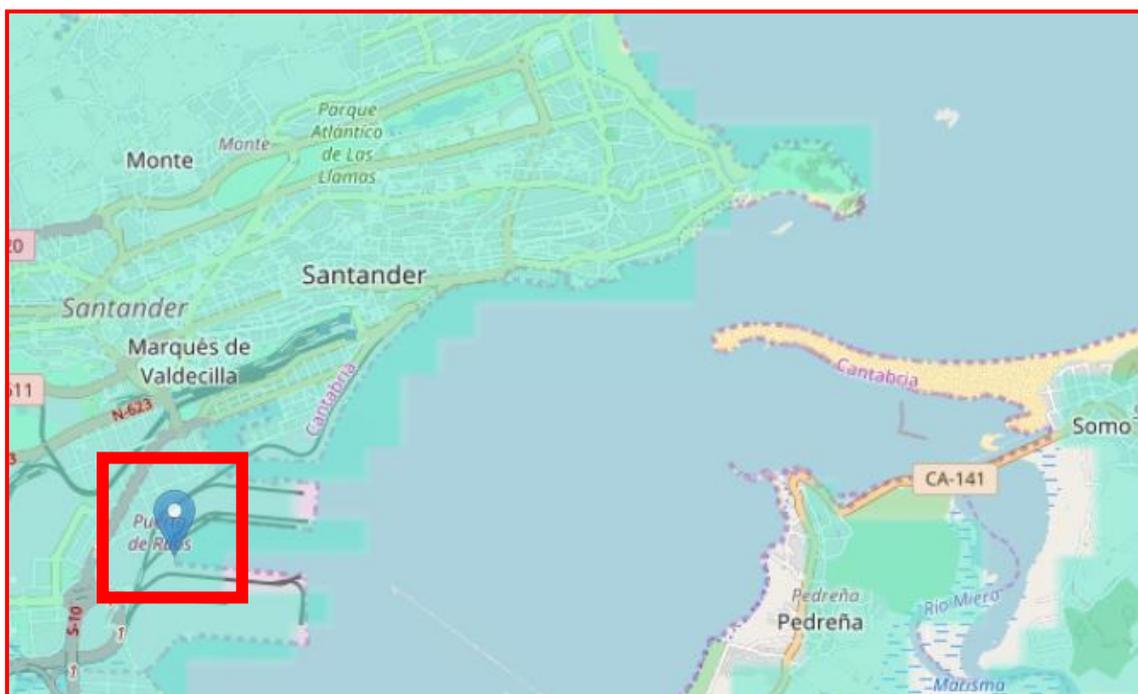


Ilustración 8: Mapa del puerto de Raos (Fuente: googlemaps [23])

En segundo lugar, vamos a estudiar la irradiación solar mensual en dicha ubicación.



Ilustración 9: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Raos (Fuente: Elaboración propia)

Irradiación global horizontal	
Mes	2016 kWh/m ²
Enero	34.89
Febrero	52.63
Marzo	104.68
Abril	143.25
Mayo	186.86
Junio	182.74
Julio	194.19
Agosto	178.34
Septiembre	123.14
Octubre	92.36
Noviembre	49.84
Diciembre	44.32

Tabla 1: Irradiación global horizontal mensual en el Puerto de Raos en kW/m² (Fuente: Elaboración propia)

Por último, vamos a estudiar la temperatura media mensual en este puerto.

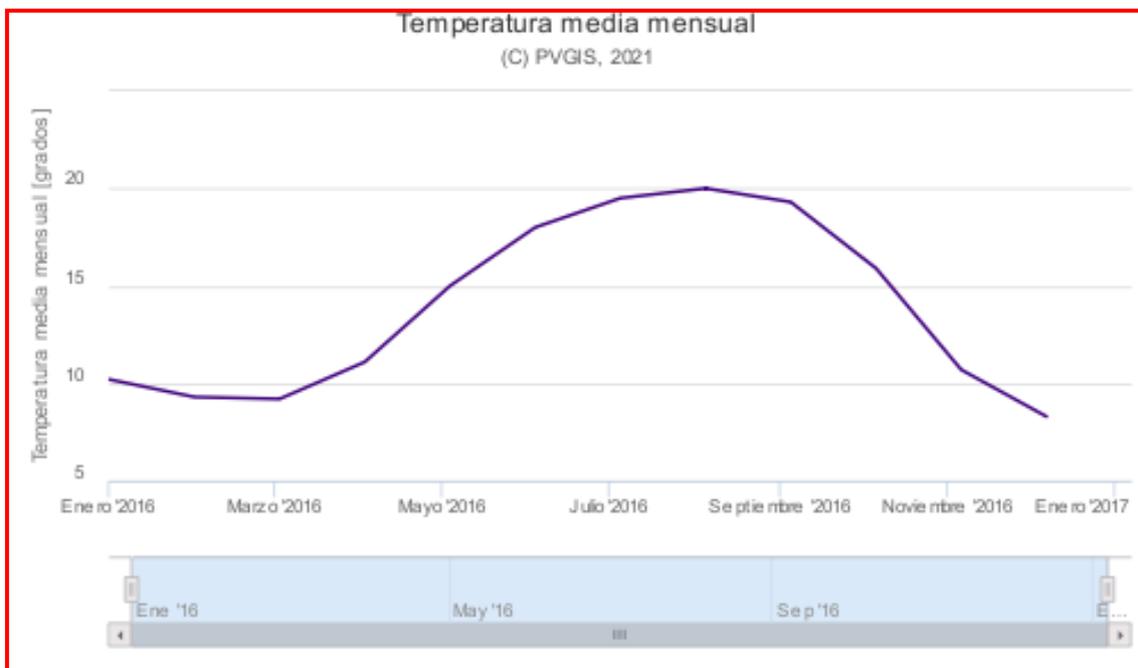


Ilustración 10: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Raos (Fuente: Elaboración propia)

Month	2016	°C
Enero	10.2	
Febrero	9.3	
Marzo	9.2	
Abril	11.1	
Mayo	15	
Junio	18	
Julio	19.5	
Agosto	20	
Septiembre	19.3	
Octubre	15.9	
Noviembre	10.7	
Diciembre	8.3	

Tabla 2: Temperatura media mensual en el Puerto de Raos en grados centígrados (Fuente: Elaboración propia)

3.2. Puerto de Brest (FRANCIA)

En primer lugar, vamos a ubicar el puerto de Brest en el mapa, dicho puerto está situado en Francia, ya que es su segundo puerto de operación.

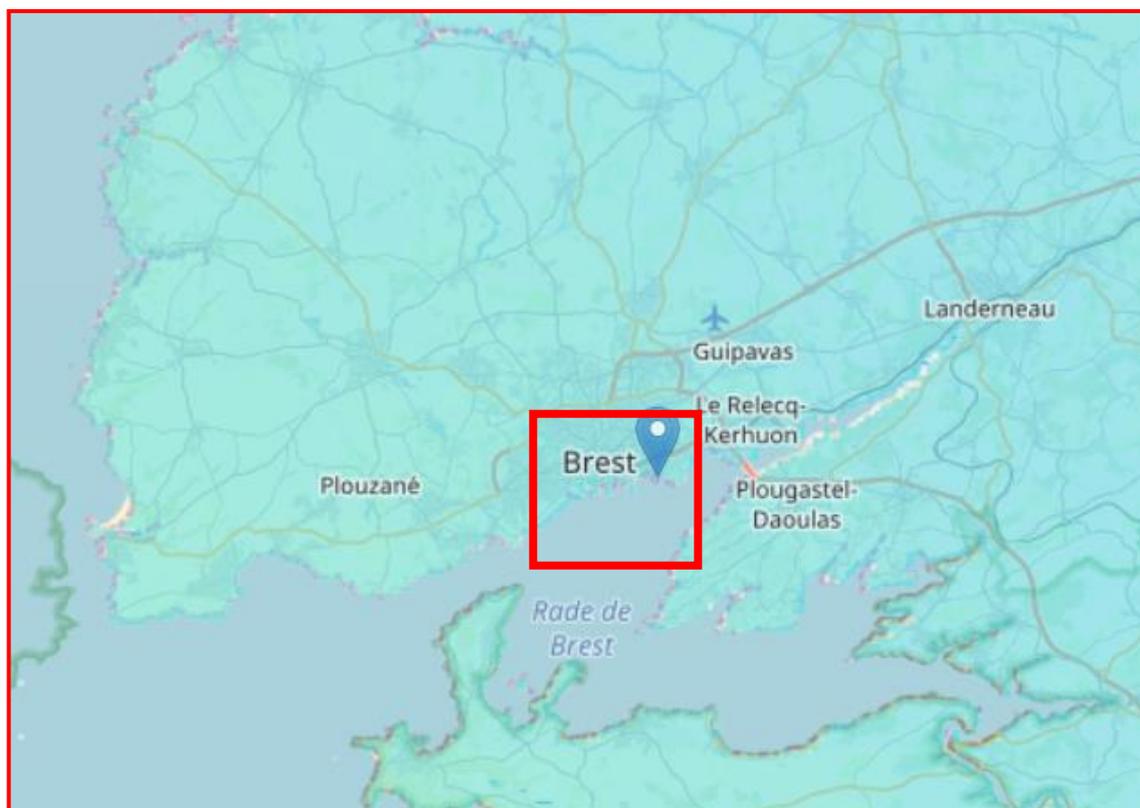


Ilustración 11: Mapa del puerto de Brest en Francia (Fuente: googlemaps [23])

En segundo lugar, vamos a estudiar la irradiación solar mensual en dicha ubicación.

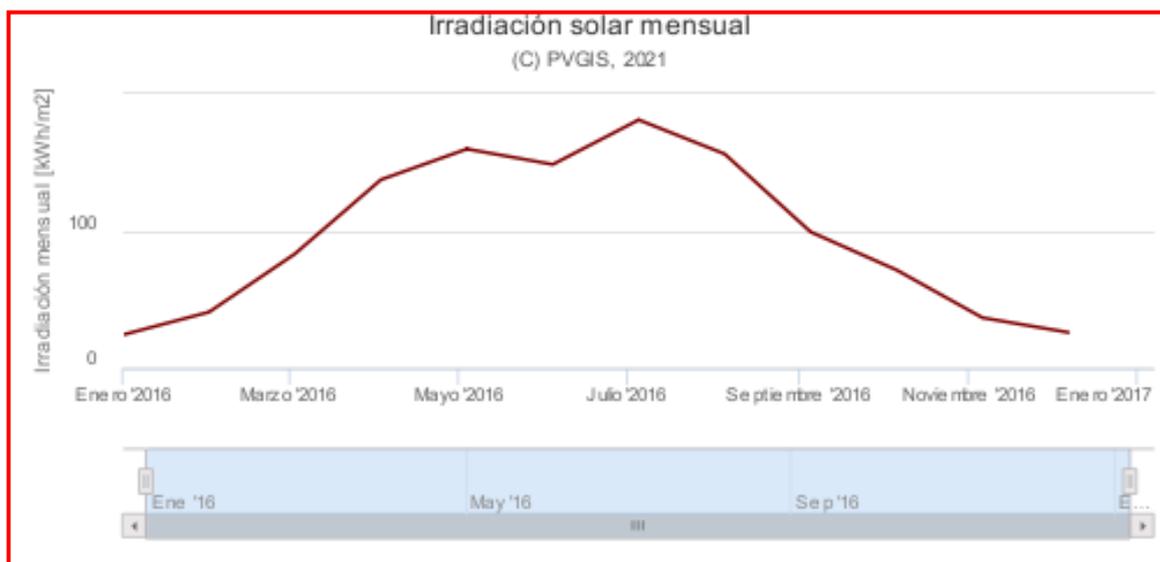


Ilustración 12: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Brest (Fuente: Elaboración propia)

Irradiación global horizontal		
Mes	2016	kWh/m ²
Enero	24.38	
Febrero	40.9	
Marzo	83.34	
Abril	137.31	
Mayo	159.64	
Junio	148.42	
Julio	180.88	
Agosto	156.04	
Septiembre	99.26	
Octubre	71.54	
Noviembre	36.75	
Diciembre	26.08	

Tabla 3: Irradiación global horizontal mensual en el Puerto de Brest en kWh/m² (Fuente: Elaboración propia)

Por último, vamos a estudiar la temperatura media mensual en este puerto.

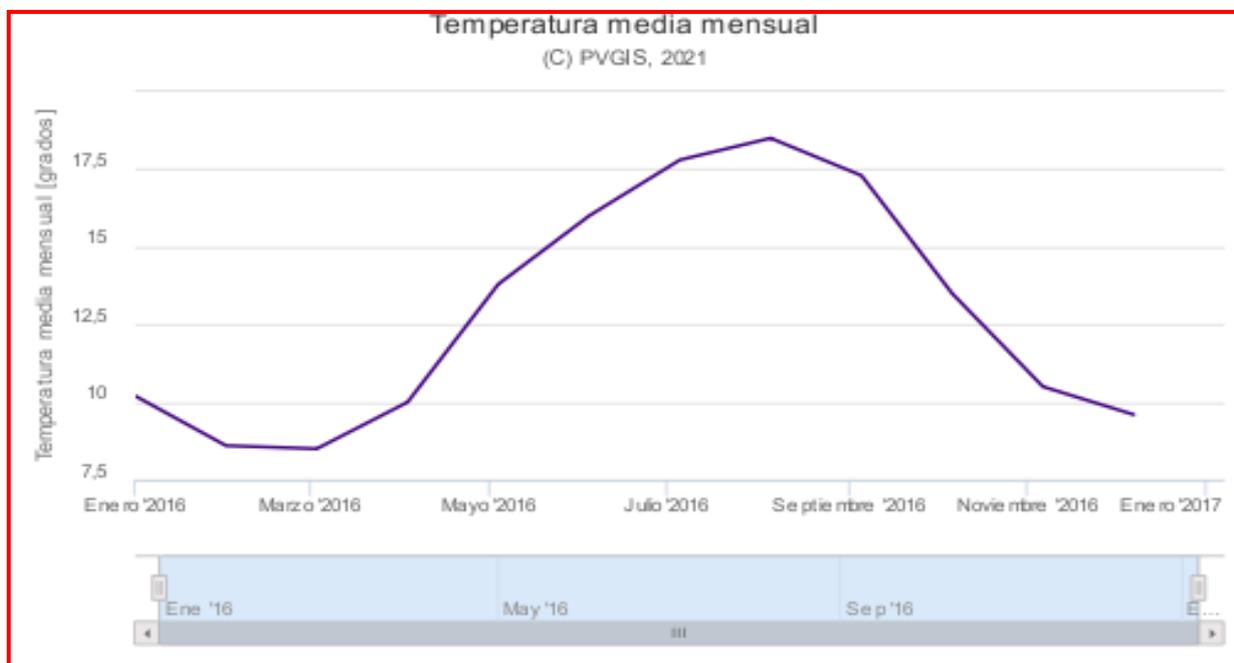


Ilustración 13: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Brest (Fuente: Elaboración propia)

Month	2016	°C
Enero	10.2	
Febrero	8.6	
Marzo	8.5	
Abril	10	
Mayo	13.8	
Junio	16	
Julio	17.8	
Agosto	18.5	
Septiembre	17.3	
Octubre	13.5	
Noviembre	10.5	
Diciembre	9.6	

Tabla 4: Temperatura media mensual en el Puerto de Brest en grados centígrados (Fuente: Elaboración propia)

3.3. Puerto de Brujas (ZEEBRUGGE)



Ilustración 14: Mapa del puerto de Brujas (Fuente: googlemaps [23])

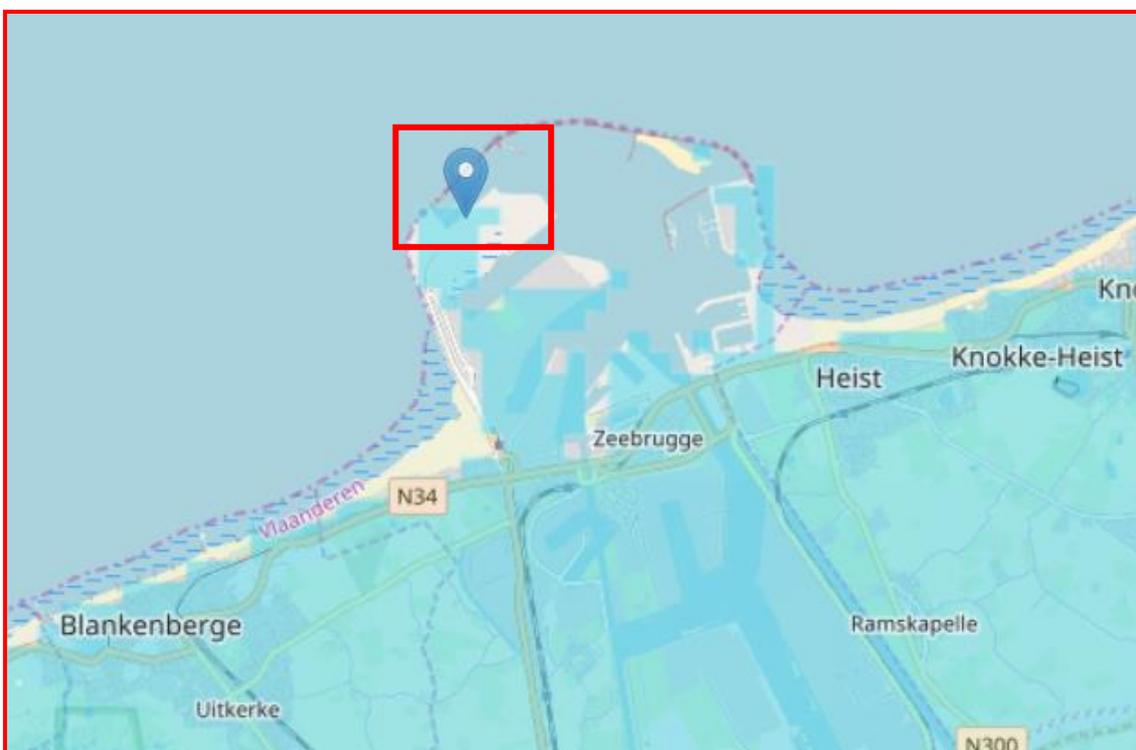


Ilustración 15: Zoom del mapa del puerto de Brujas (Fuente: googlemaps [23])

En segundo lugar, vamos a estudiar la irradiación solar mensual en dicha ubicación

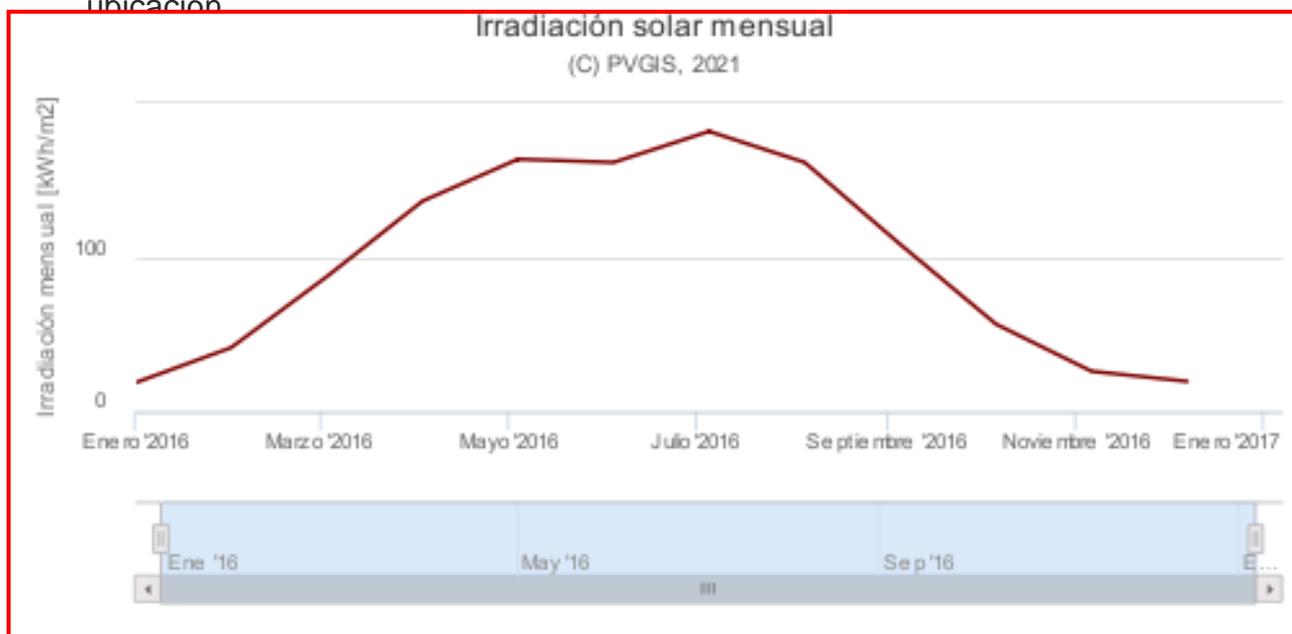


Ilustración 16: Gráfico de la irradiación solar mensual en el puerto de Brujas (Fuente: Elaboración propia)

Mes	2016	kWh/m²
Enero	18.81	
Febrero	41.48	
Marzo	87.41	
Abril	136.3	
Mayo	163.51	
Junio	161.4	
Julio	181.51	
Agosto	161.42	
Septiembre	108.32	
Octubre	56.74	
Noviembre	26.16	
Diciembre	19.66	

Tabla 5: Irradiación global horizontal mensual en Brujas en kWh/m² (Fuente: Elaboración propia)

Por último, vamos a estudiar la temperatura media mensual en este puerto.

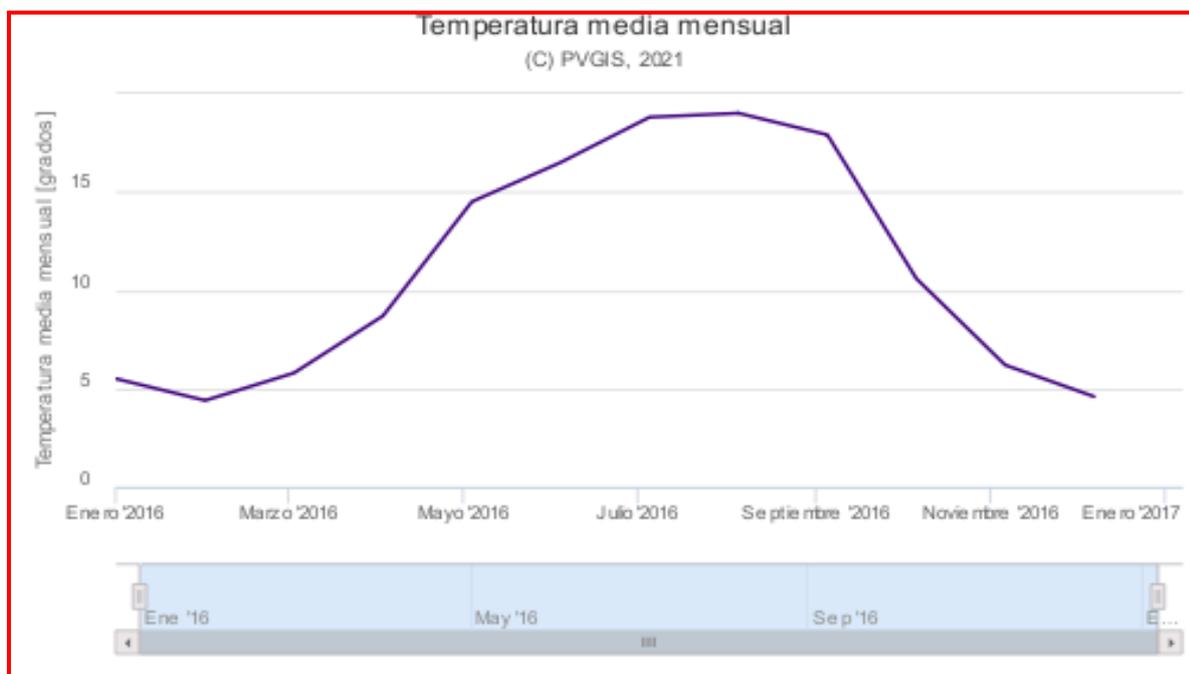
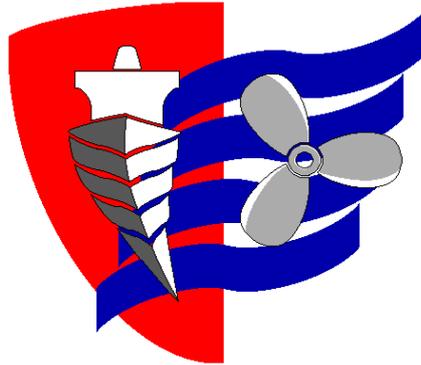


Ilustración 17: Gráfico de la temperatura media mensual en el puerto de Brujas (Fuente: Elaboración propia)

Month	2016 °C
Enero	5.5
Febrero	4.4
Marzo	5.8
Abril	8.7
Mayo	14.5
Junio	16.5
Julio	18.8
Agosto	19
Septiembre	17.9
Octubre	10.6
Noviembre	6.2
Diciembre	4.6

Tabla 6: Temperatura media mensual en el Puerto de Brujas en °C (Fuente: Elaboración propia)

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO II: NORMATIVA

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

4.0. NORMATIVA

La reglamentación específica más significativa que afecta a las plantas solares fotovoltaicas es la siguiente:

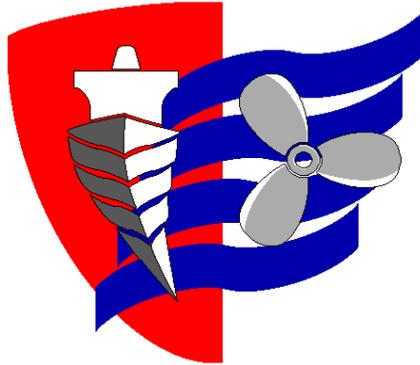
- Actualmente la norma que rige este tipo de instalaciones, es el Real Decreto de Autoconsumo, que aparece en el boletín Oficial del Estado, con fecha 10 de octubre de 2015, el cual es emanado del Ministerio de Industria.
- Se debe cumplir con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, que fue aprobado en el año 2002.
- Se debe cumplir con lo establecido en el Real Decreto Ley 1, del año 2012.
- También se debe cumplir con la normativa específica autonómica y local relacionadas con la instalación fotovoltaica aislada.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (R.E.B.T.) según el RD 842/2002
- Real decreto 1663/2000 de 29 de septiembre, sobre conexión de Instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión
- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización
- Norma básica de la edificación NBE
- Real decreto 436/2004 de 12 de marzo por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
- Normas de la Empresa Suministradora de energía eléctrica sobre la construcción y montaje de acometidas, líneas repartidoras, instalaciones de contadores y derivaciones individuales, señalando en ellas las condiciones técnicas de carácter concreto que sean precisas para conseguir mayor homogeneidad en las redes de distribución



- El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en Obras de Construcción
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales
- Ley 54/97 del Sector Eléctrico
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- Normas de la clase de la Sociedad de clasificación
- UNE 157001. Elaboración de proyectos de ingeniería
- UNE 24042. Normativa pliego de condiciones
- UNE 24042. "Contratación de obras. Condiciones Generales".
- ICS Code: 47.020.60 - Electrical equipment for ships or marine structures
- ICS Code: 27.160 - Solar energy engineering
- ICS Code: 29.180 - Transformers. Reactors
- ICS Code: 29.220.20 - Acid secondary cells and batteries
- ICS Code: 29.220.10 - Primary cells and batteries
- ICS Code: 27.160 29.220.20 - Solar energy engineering Acid secondary cells and batterie

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO III: CÁLCULOS

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

5.0. PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

5.1. Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc

El Panel Ja Solar 380 W con 120 células PERC Monocristalinas proporciona el mejor rendimiento de su clase unido a un precio fantástico. Con una producción impresionante dentro de la familia de placas solares de conexión a red dado su tamaño equivalente a los paneles de 60 células de 270 W o 280 W.

Un rendimiento un 40% superior con un tamaño similar garantizan la máxima producción con un mínimo espacio y comodidad para la instalación. Esa ganancia de más de un 40% no es únicamente en potencia absoluta, sino que la ventaja en la captación de energía de una célula PERC es notable frente a las células monocristalinas ordinarias y muy por encima de las más populares policristalinas.

Esta placa solar de 380W tiene unas características de voltaje acordes a un panel de 60 células, o de conexión a red, por ello es imperativo utilizar en nuestra instalación solar reguladores de carga de tipo MPPT si se emplea para sistemas aislados con baterías. Además, así nos garantizaremos el máximo aprovechamiento de la producción de estos paneles.

Su composición de células con tecnología PERC y silicio monocristalino proporciona al Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc un rendimiento extraordinario con cualquier condición de iluminación, ya sea con sol o con nubosidad y baja irradiación. La tecnología PERC ofrece un rendimiento excelente cuando el panel está a una temperatura elevada, a diferencia de las células monocristalinas clásicas.

5.1.1. Rendimiento Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc

El rendimiento del Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc ofrece un plus de rendimiento frente a los paneles clásicos de 60 células convencionales.

Dispone de 120 medias células y sus datos de producción son los siguientes:

- Voltaje a máxima potencia (VMP): 34.52 V
- Corriente a máxima potencia (IMP): 11.01 A
- Voltaje en circuito abierto (VOC): 41.52 V
- Corriente en cortocircuito (ISC): 11.53 A
- Eficiencia del módulo: 20.4 %

5.1.2. Características Físicas Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc

El Panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc tiene unas dimensiones de 1774 x 1052 x 35 mm y un peso de 23 kg, ligeramente superior a los paneles clásicos de 60 células como las placas policristalinas de entre 250 y 280 W.

El marco que rodea y protege la placa está fabricado en aluminio anodizado. Así se garantiza un buen agarre a cualquier tipo de estructura y también proporciona una elevada rigidez estructural a la placa.

En su parte posterior hay varias cajas de conexiones, con protección IP68. De las laterales salen los cables con conectores de tipo MC4 en sus extremos para facilitar al máximo la conexión de los paneles. Soporta la conexión a un sistema de 1500 V.

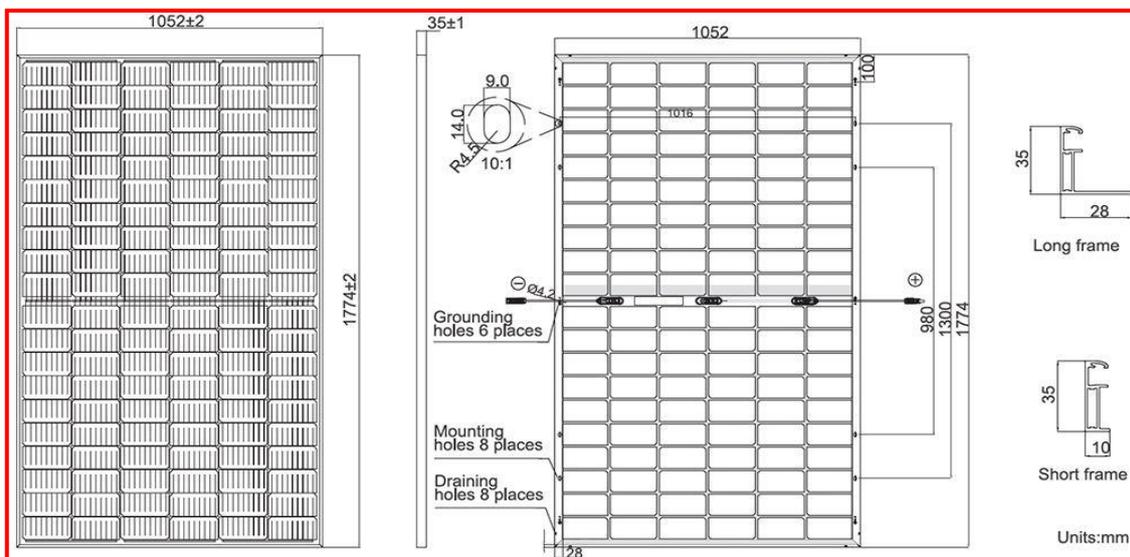


Ilustración 18: Medidas y características del panel Ja Solar 380 W Monocristalino Perc (Fuente: autosolar

[1])

5.1.3. Mantenimiento Panel Ja Solar 380W Monocristalino Perc

El único mantenimiento sobre una placa solar es la limpieza. Además, comprobar que la conexión y el cableado estén en perfectas condiciones. Es imperativo evitar que cualquier tipo de sombra afecte alguna parte de la superficie del panel, esto asegurará una producción óptima y un rendimiento satisfactorio.

5.2. Panel Ja Solar 325W Monocristalino Perc

El Panel Solar 325W Perc Monocristalino ERA ofrece un gran rendimiento unido al mejor precio dentro de las placas de 60 células gracias a su fabricación con silicio Monocristalino de tipo PERC. Con las mismas dimensiones que un panel de 270W o 280W, ofrece hasta 325W de potencia.

Esa ganancia de más de un 20% no es únicamente en potencia absoluta, sino que la ventaja en la captación de energía de una célula PERC es notable frente a las células monocristalinas ordinarias y muy por encima de las más populares policristalinas.

Con unas características de voltaje acordes a un panel de 60 células, es imperativo utilizar en nuestra instalación solar reguladores de carga de tipo MPPT si se emplea para aplicaciones aisladas en sistemas con baterías para el máximo aprovechamiento de la producción de estos paneles. Gracias a su fabricación con células de silicio monocristalino de tipo PERC, el Panel Solar 325 W Perc Monocristalino ERA nos proporciona un muy buen rendimiento bajo cualquier condición atmosférica, sea con sol o con nubosidad y baja irradiación. Su rendimiento es excelente con elevadas temperaturas, porque no se ve afectado como las células monocristalinas clásicas. Y además, tenemos una eficiencia más de un 20% superior a un panel de 270W, tendremos la gran ventaja de poder tener más potencia en el mismo espacio, ahorrando en costes de otros materiales y tiempo teniendo la mayor producción posible por metro cuadrado.

Gracias a las tecnologías de fabricación del Panel Solar 325 W Perc Monocristalino ERA obtendremos un alto índice de eficiencia, superior al 20%, y



5.2.3. Mantenimiento Panel Solar 325 W Perc Monocristalino ERA

Habitualmente el único mantenimiento a realizar sobre una placa solar es encargarnos de mantener limpia la superficie del panel y asegurarnos de que los contactos del cableado están en perfectas condiciones. Es imperativo evitar que incida cualquier tipo de sombra sobre la superficie del panel, esto asegurará una producción óptima y un rendimiento satisfactorio.

5.3. Panel Ja Solar 400 W Monocristalino Perc

El Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA ofrece el mejor rendimiento al mejor precio dentro de las placas de 72 células gracias a sus células de silicio Monocristalino de tipo PERC. Con las mismas dimensiones que un panel de 330 W, ofrece hasta 400 W de potencia.

Esa ganancia de más de un 20 % no es únicamente en potencia absoluta, sino que la captación de energía de una célula PERC es sensiblemente superior a las células monocristalinas ordinarias y muy por encima de las policristalinas. Con unas características de voltaje acordes a un panel de 72 células, podremos utilizar este panel con reguladores PWM que admitan paneles de 24 V, aunque siempre recomendamos utilizar en nuestra instalación solar reguladores de carga de tipo MPPT para el máximo aprovechamiento de la producción de estos paneles.

Gracias a su composición de células de silicio monocristalino de tipo PERC, el Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA ofrece un rendimiento incomparable en condiciones atmosféricas adversas, como baja irradiación y no se ve tan afectado por elevada temperatura como sí ocurre con las células monocristalinas clásicas. Y si sumado a ello, tenemos una eficiencia más de un 20% superior a un panel de 330 W, tendremos la ventaja de poder instalar más potencia en el mismo espacio disponible, ahorrando en costes de otros materiales, en tiempo y además obtendremos la mayor producción posible por metro cuadrado.

La última tecnología empleada en la fabricación del Panel Solar 400 W Perc



Monocristalino ERA resulta en un alto índice de eficiencia, de más del 20 %, y conservando un precio muy atractivo para poder recuperar la inversión en el menor tiempo posible.

5.3.1. Rendimiento Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA

El rendimiento del Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA supone un gran avance frente a los paneles de 72 células convencionales. Sus datos de producción son buena muestra de ello:

- Voltaje a máxima potencia (VMP): 41.7 V
- Corriente a máxima potencia (IMP): 9.6 A
- Voltaje en circuito abierto (VOC): 49.8 V
- Corriente en cortocircuito (ISC): 10.36 A
- Eficiencia del módulo: 20.17 %

5.3.2. Características Físicas Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA

El Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA tiene unas dimensiones de 1979 x 1002 x 40 mm y un peso de 22,5 kg, en la línea de los modelos de 72 células como las placas de entre 300 y 330 W. El marco que rodea la placa está fabricado en aluminio anodizado para facilitar un buen agarre a cualquier tipo de estructura y también para dotar de la rigidez necesaria a la placa. En su parte posterior está la caja de conexiones, con protección IP68 de la que salen unos 90 cm de cable con conectores de tipo MC4 en sus extremos para facilitar al máximo la conexión de los paneles.

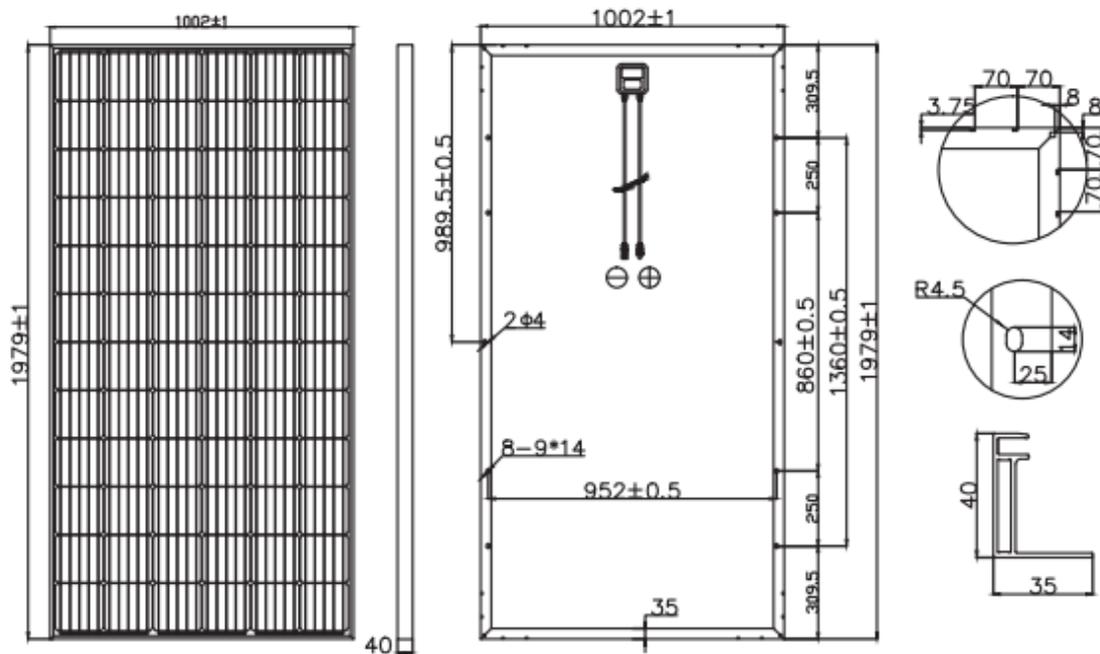


Ilustración 20: Dimensiones Panel ERA 400 (Fuente: autosolar [1])

5.3.3. Mantenimiento Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA

Habitualmente el único mantenimiento a realizar sobre una placa solar es encargarnos de mantener limpia la superficie del panel y asegurarnos de que los contactos del cableado están en perfectas condiciones. Es imperativo evitar que incida cualquier tipo de sombra sobre la superficie del panel, esto asegurará una producción óptima y un rendimiento satisfactorio.

	400 W PERC	325 W PERC	380 W PERC
Potencia panel	400 W	325 W	380 W
Tipo célula	Monocristalino PERC	Monocristalino PERC	Monocristalino PERC
Rigidez	Rígido	Rígido	Rígido
Dimensiones (mm)	1979x1002x40	1665x1002x35	1774x1052x35
Tensión máxima potencia	41'7 V	33'6 V	34'52 V
Corriente en corto circuito ISC	10'36 A	10'20 A	11'53 A
Eficiencia módulo	20'17 %	19'48 %	20'4 %
Amperios máximos salida IMP	9'6 A	9'68 A	11'01 A
Tensión circuito abierto	49'8 V	41'1 V	41'52 V
Voltaje trabajo	24 V	24 V	24 V
Peso	22'5 kg	19 kg	23 kg
Marco	Blanco y gris	Blanco y gris	Blanco y gris
Garantía	25 años	25 años	25 años
Precio	149'97 €	157'65 €	156'67 €

Tabla 7: Comparativa entre los tres paneles seleccionados (Fuente: Elaboración propia)



5.4. UBICACIÓN PANELES

En primer lugar, vamos a estudiar la superficie de la cubierta que podemos emplear para diseñar nuestra instalación. Para ello vamos a utilizar el plano de la cubierta principal del buque. En este plano se nos indica que la distancia entre cuadernas es de 700 mm, por ello contaremos las cuadernas que hay en cada área que podemos ocupar y la multiplicaremos por la distancia entre ellas.

Antes de comenzar a calcular cada área, vamos a hacer la división en secciones del buque ya que según el plano tenemos alguna zona que podemos ocupar más manga que en otras.

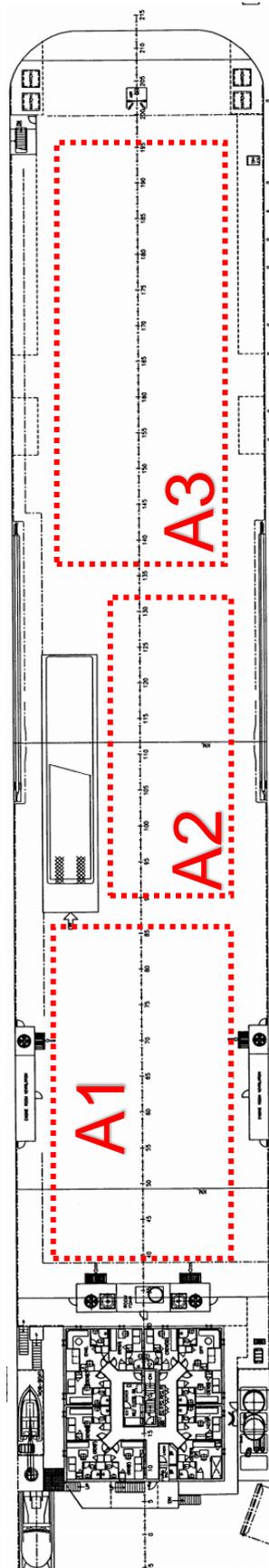


Ilustración 21: Áreas en las que dividimos la cubierta del buque (Fuente: Elaboración propia)

Área 1: este área comprende desde la #Frame40 (cuaderna 40) hasta la #Frame85 (cuaderna 85)

En cuanto a la manga en esta área vamos a tener en cuenta que son 17 metros

$$\text{distancia } A1 = (Fr85 - Fr40) \cdot 700 = (85 - 40) \cdot 700 = 31500 \text{ mm} = 31'5 \text{ m}$$

$$A1 = 31'5 \cdot 17 = 535'5 \text{ m}^2$$

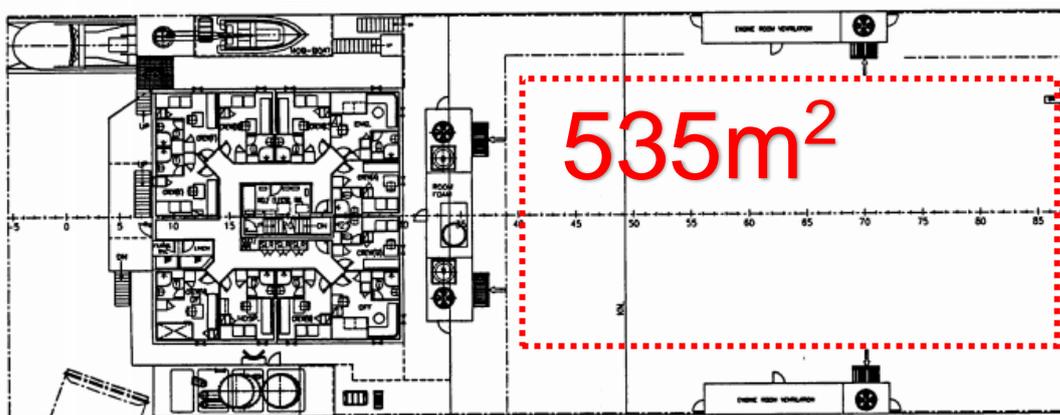


Ilustración 22: Área 1 del buque (Fuente: Elaboración propia)

Área 2: esta área comprende desde la #Frame85 (cuaderna 85) hasta la #Frame130 (cuaderna 130)

En cuanto a la manga en esta área vamos a tener en cuenta que son 12,2 m ya que tenemos que restar la rampa de acceso a la cubierta de debajo

$$\text{distancia } A2 = (Fr130 - Fr85) \cdot 700 = (130 - 85) \cdot 700 = 31500 \text{ mm} = 31'5 \text{ m}$$

$$A1 = 31'5 \cdot 12'2 = 384'3 \text{ m}^2$$

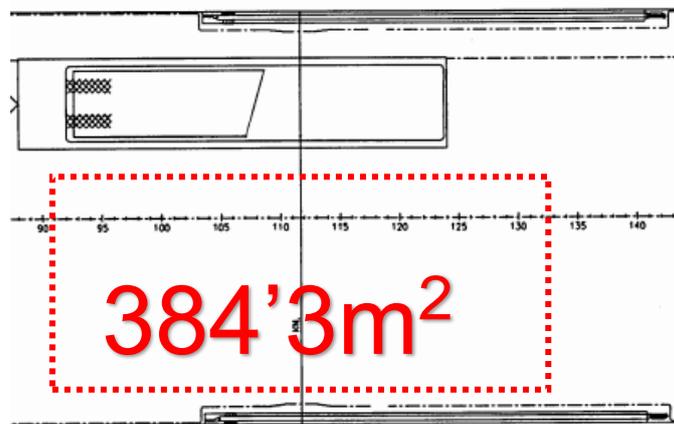


Ilustración 23: Área 2 del buque (Fuente: Elaboración propia)

Área 3: esta área comprende desde la #Frame130 (cuaderna 130) hasta la #Frame190 (cuaderna 190)

En cuanto a la manga en esta área vamos a tener en cuenta que son 12,2 m ya que tenemos que restar la rampa de acceso a la cubierta de debajo

$$\text{distancia } A2 = (Fr190 - Fr130) \cdot 700 = (190 - 130) \cdot 700 = 42000 \text{ mm} \\ = 42 \text{ m}$$

$$A1 = 42 \cdot 16 = 672 \text{ m}^2$$

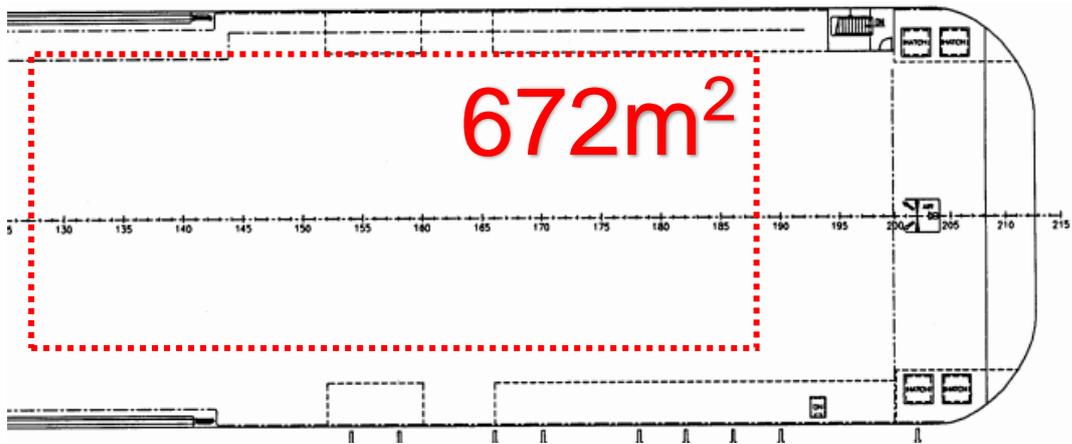


Ilustración 24: Área 3 del buque (Fuente: Elaboración propia)

El área total del buque que podemos ocupar con los paneles fotovoltaicos es de:

$$A_{total} = 535 + 384'3 + 672 = 1591'3 \text{ m}^2$$

5.5 COMPARACIÓN PANELES SUNNY DESIGN

En primer lugar, vamos a realizar varias comparativas de la instalación fotovoltaica. Comenzaremos realizando la comparativa instalando el mismo modelo de paneles fotovoltaico en el buque, pero teniendo en cuenta las tres ubicaciones de los tres puertos de operación, para así escoger el puerto con datos de irradiación más desfavorables. Este estudio de instalaciones lo vamos a realizar con un software que se llama sunny design. (www.sunnydesignweb.com)

Comenzamos con el estudio de la instalación en el puerto de Raos en Santander.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	66.253 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	69,4 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	72,8 %
Rendimiento energético anual*:	95.532 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,8 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	252
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	642 t
Rendimiento energético específico*:	1061 kWh/kWp		

Tabla 8: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Raos (Fuente: sunny design [22])

Como podemos ver en la tabla 8, debemos instalar 300 módulos fotovoltaicos para poder conseguir la producción de energía anual que hemos calculado que consume una cubierta de dicho buque. Aproximadamente la cubierta de este buque consume 10 kWh.

Un aspecto muy importante de esta tabla 8 es la reducción que conseguimos de CO₂ en 20 años, que sería de 642 toneladas. Lo cual es un dato a tener en cuenta ya que es uno de los motivos de diseño de dicha planta.

Por otro lado, podemos ver en el gráfico y tabla que se muestra a continuación, la cantidad de energía producida mensualmente en el puerto de Raos.

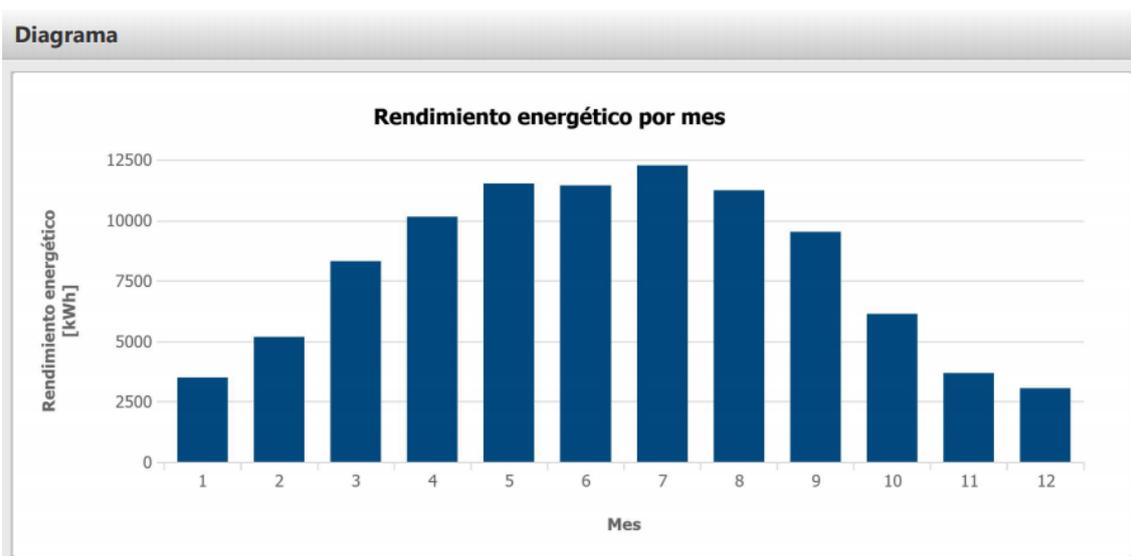


Ilustración 25: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Raos (Fuente: sunnydesign [22])

Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	3467 (3,6 %)	3432	35	4058
2	5156 (5,4 %)	4599	557	2294
3	8266 (8,7 %)	5906	2361	1794
4	10102 (10,6 %)	6386	3716	1079
5	11482 (12,0 %)	6924	4558	770
6	11403 (11,9 %)	6835	4568	599
7	12216 (12,8 %)	7233	4983	465
8	11191 (11,7 %)	7134	4057	606
9	9472 (9,9 %)	6171	3301	1280
10	6096 (6,4 %)	5013	1083	2602
11	3655 (3,8 %)	3595	60	3693
12	3027 (3,2 %)	3027	0	4435

Tabla 9: Tabla de la producción de energía mensual en Raos (Fuente: sunny design[22])

A continuación, vamos a realizar el mismo estudio que acabamos de hacer, pero esta vez en el puerto de Brest en Francia, este será el valor más desfavorable y el puerto en el que menos disminuirémos las emisiones ya que en los estudios previos al analiza la radiación solar en dicho puerto era el más desfavorable en comparación con el puerto de Raos y el puerto de Brujas.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	61.274 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68,8 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	67,5 %
Rendimiento energético anual*:	89.023 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	217
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	598 t
Rendimiento energético específico*:	989 kWh/kWp		

Tabla 10: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Brest (Fuente: sunny design [22])

Como podemos ver en la tabla 10, vamos a instalar 300 módulos fotovoltaicos para poder conseguir la producción que hemos comentado con anterioridad.

Un aspecto muy importante de esta tabla 10 es la reducción que conseguimos de CO₂ en 20 años, que sería de 598 toneladas. Lo cual es un dato a tener en cuenta ya que es uno de los motivos de diseño de dicha planta.

A continuación, podremos ver un gráfico y una tabla en los que se muestran la producción de energía mensual que generaría nuestra planta fotovoltaica en el puerto de Brest.

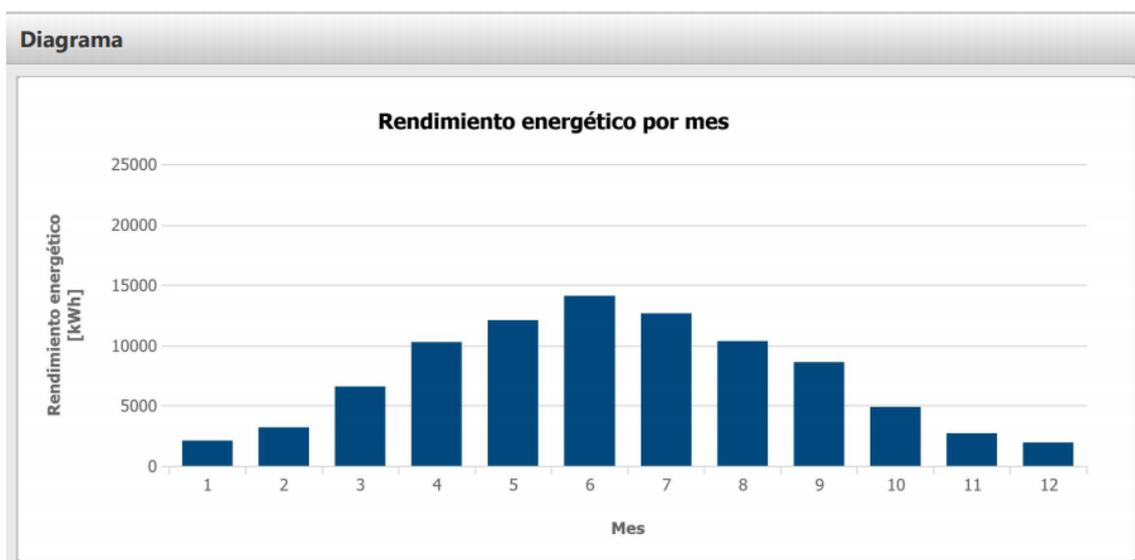


Ilustración 26: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest (Fuente: sunnydesign [22])

Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	2085 (2,3 %)	2085	0	5327
2	3168 (3,6 %)	3109	59	3645
3	6568 (7,4 %)	5374	1194	2279
4	10199 (11,5 %)	6628	3571	838
5	12049 (13,5 %)	7274	4776	451
6	14061 (15,8 %)	7271	6790	195
7	12599 (14,2 %)	7103	5496	548
8	10291 (11,6 %)	7164	3127	584
9	8573 (9,6 %)	6301	2272	1144
10	4849 (5,4 %)	4385	464	3195
11	2679 (3,0 %)	2679	0	4538
12	1901 (2,1 %)	1901	0	5497

Tabla 11: Tabla de la producción de energía mensual en Brest (Fuente: sunny design [22])

Por último, vamos a realizar el mismo estudio que acabamos de hacer, pero esta vez en el puerto de Brujas, para así poder compararlo con los otros dos anteriores.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	57.768 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	63,8 %
Rendimiento energético anual*:	84.995 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	194
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	571 t
Rendimiento energético específico*:	944 kWh/kWp		

Tabla 12: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en el puerto de Brujas (Fuente: sunny design [22])

En esta ocasión podemos ver que la instalación consta de 300 módulos, al igual que las anteriores ya que queremos obtener la misma energía en todos los puertos.

El resto de valores como por ejemplo la reducción de emisión de CO₂ a la atmósfera en 20 años es de 571 toneladas, por tanto es mayor que la reducción que conseguimos en el puerto de Brest, pero menos que la que conseguimos en el puerto de Raos, esto se debe como hemos comentado con anterioridad a que la radiación solar más desfavorable se produce en el puerto de Brest, menos desfavorable es la radiación solar en el puerto de Brujas y la más favorable o que el puerto que más radiación recibe en la ruta que sigue el buque es el puerto de Raos, situado en Santander.

En este último puerto también vamos a mostrar tanto el gráfico como la tabla de producción de energía mensual de nuestra planta fotovoltaica.

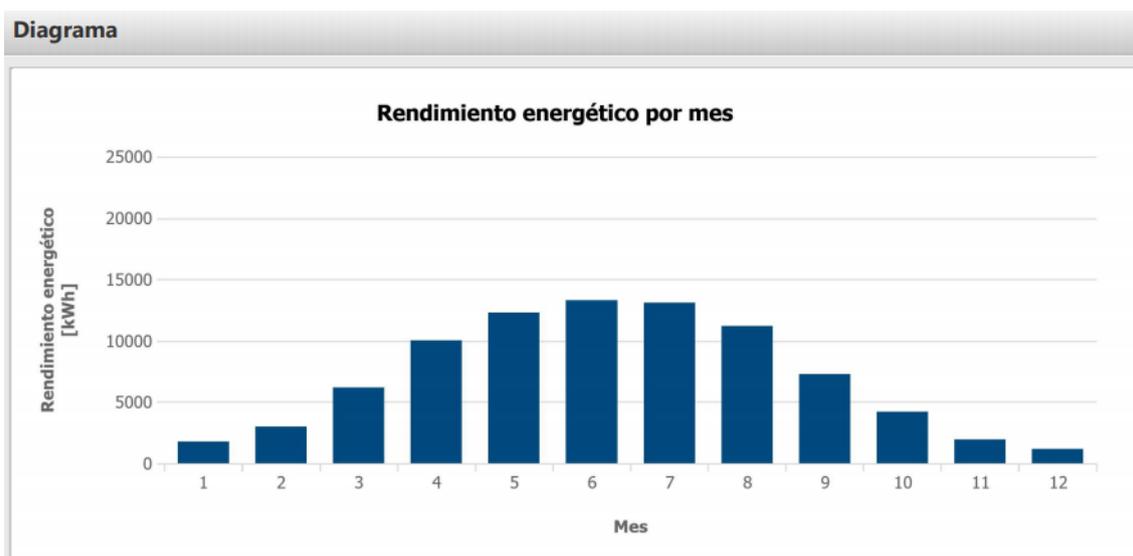


Ilustración 27: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brujas (Fuente: sunnydesign [22])

Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	1762 (2,1 %)	1762	0	5637
2	2950 (3,5 %)	2907	43	3850
3	6134 (7,2 %)	5440	694	2212
4	9991 (11,8 %)	6633	3358	851
5	12231 (14,4 %)	7145	5086	583
6	13244 (15,6 %)	6726	6518	668
7	13021 (15,3 %)	7288	5734	374
8	11154 (13,1 %)	7260	3894	436
9	7236 (8,5 %)	5483	1753	1888
10	4179 (4,9 %)	4031	148	3494
11	1927 (2,3 %)	1927	0	5241
12	1166 (1,4 %)	1166	0	6223

Tabla 13: Tabla de la producción de energía mensual en Brest (Fuente: sunny design [22])

PUERTOS	SANTANDER	BREST	BRUJAS
Nº módulos	300	300	300
Producción anual de energía	95.532 kWh	89.023 kWh	84.995 kWh
Factor de rendimiento	99,8 %	99,9 %	99,9 %
Ratio rendimiento	84,7 %	84,7 %	84,7 %
Producción energía específica	1061 kWh/kWp	989 kWh/kWp	944 kWh/kWp
Consumo propio	66.253 kWh	61.274 kWh	57.768 kWh
Autonomía (%)	72.8 %	67.5 %	63.8 %
Reducción CO ₂ tras 20 años	642 toneladas	598 toneladas	571 toneladas

Tabla 14: Comparativa entre las tablas 8, 10 y 12 (Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 14 podemos ver la comparación detallada de la instalación fotovoltaica en los tres puertos de operación del buque, como hemos dicho con anterioridad el puerto más desfavorable es el puerto de Brest.

Esta comparativa se ha realizado empleando el mismo número y tipo de paneles en todos los puertos, en este caso han sido paneles policristalinos de 300 W. A continuación, realizaremos una comparativa con distintos tipos de paneles fotovoltaicos, pero únicamente en el puerto de Brest ya que es el que tomaremos como referencia.

- PANELES POLICRISTALINOS 300 W

Tras este estudio realizado vamos a continuar estudiando la planta fotovoltaica en el puerto de Brest, pero en esta ocasión con distintos tipos de paneles, para ello tendremos en cuenta los datos obtenidos en la tabla 18, estos datos como ya hemos comentado son de una planta fotovoltaica con módulos policristalinos de 300 W.

Para poder compararlo con otros tipos de módulos fotovoltaicos debemos comparar, a parte de los datos que recoge la tabla 18, los datos económicos para así saber cuál es la mejor opción relación calidad-precio.

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	16.453 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	313.958 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	426.937 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	51.178 EUR
Tiempo de amortización estimado	6,3 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,097 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	15,90 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Tabla 15: Costes y ahorro planta fotovoltaica (Fuente: sunnydesign [22])

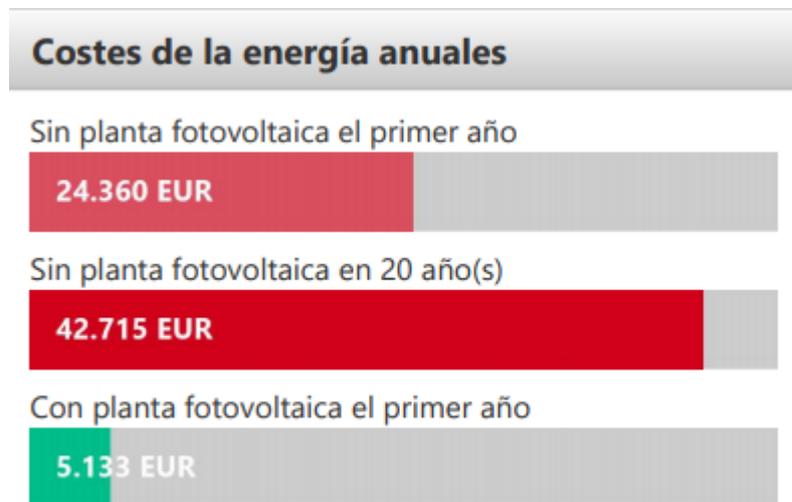


Ilustración 28: Costes anuales electricidad con SMA Poly 300 W (Fuente: sunny design [22])

A parte de los costes y el ahorro, para poder realizar la comparativa vamos a tener en cuenta las dimensiones de los distintos tipos de paneles.

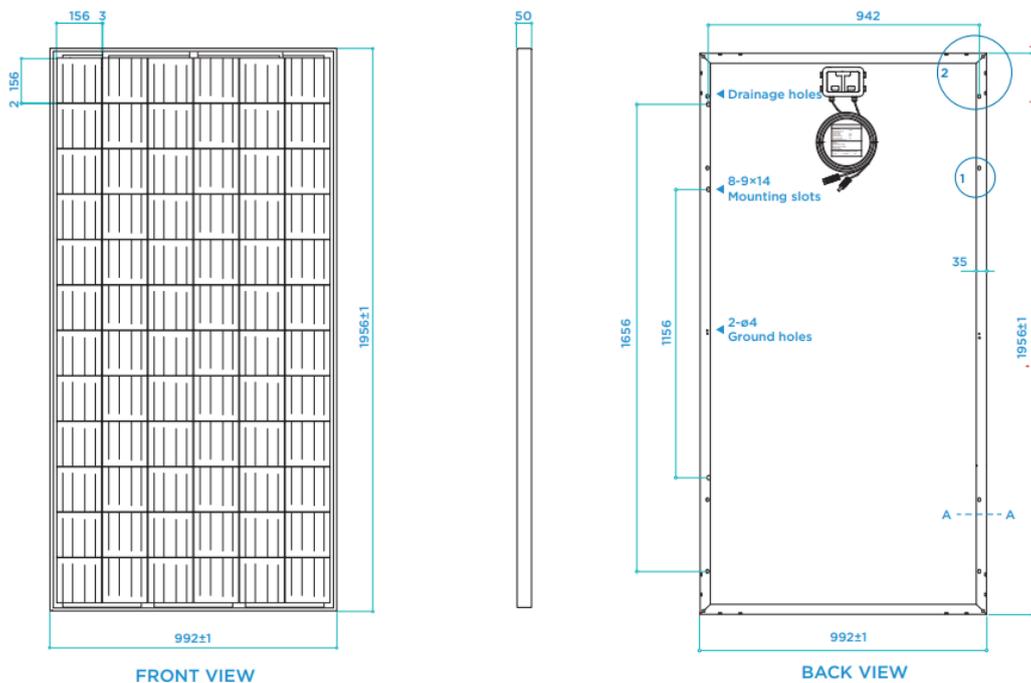


Ilustración 29: Dimensiones de los paneles SMA Poly 300 W (Fuente: sunceco [8])

- PANELES MONOCRISTALINOS 300 W

Ya hemos comentado con anterioridad las diferencias entre los tipos de paneles fotovoltaicos en el apartado 2.4.1, por lo que vamos a proceder a realizar el estudio anterior, pero esta vez con módulos monocristalinos.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	62.254 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68,4 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	68,6 %
Rendimiento energético anual*:	90.951 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,3 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	221
Coefficiente de rendimiento*:	86,5 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	611 t
Rendimiento energético específico*:	1011 kWh/kWp		

Tabla 16: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en Brest (Fuente: sunnydesign [22])

A continuación, estudiaremos la producción de energía de dichos paneles para poder compararlos con las ilustraciones y tablas de los modelos anteriores.

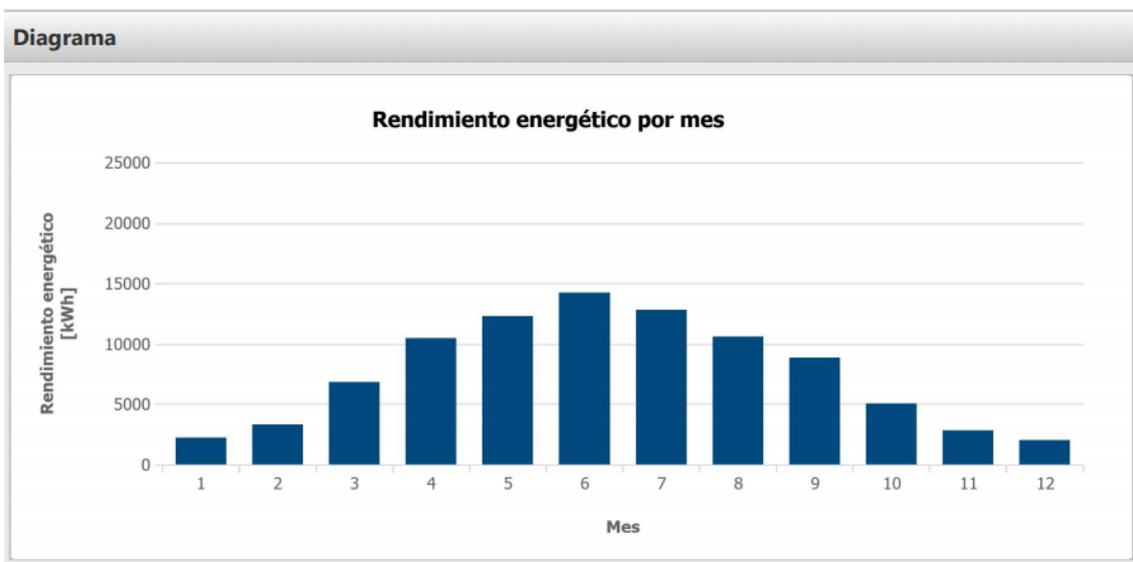


Ilustración 30: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest (Fuente: sunnydesign [22])

Tabla				
Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	2188 (2,4 %)	2188	0	5227
2	3302 (3,6 %)	3227	75	3535
3	6773 (7,4 %)	5473	1300	2190
4	10423 (11,5 %)	6712	3711	764
5	12220 (13,4 %)	7332	4888	388
6	14158 (15,6 %)	7289	6869	175
7	12752 (14,0 %)	7144	5608	504
8	10523 (11,6 %)	7235	3288	517
9	8796 (9,7 %)	6357	2439	1092
10	5017 (5,5 %)	4498	519	3091
11	2798 (3,1 %)	2798	0	4426
12	2000 (2,2 %)	2000	0	5401

Tabla 17: Tabla de la producción de energía mensual en Brest (Fuente: sunny design [22])

A continuación, estudiaremos los aspectos económicos de dicha instalación.

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	16.713 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	322.558 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	433.779 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	52.937 EUR
Tiempo de amortización estimado	6,2 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,095 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	16,30 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Tabla 18: Aspectos económicos de la instalación en Brest (Fuente: sunny design [22])

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

24.360 EUR

Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

Con planta fotovoltaica el primer año

4.778 EUR

Ilustración 31: Costes anuales electricidad con SMA Mono 300 W (Fuente: sunny design [22])

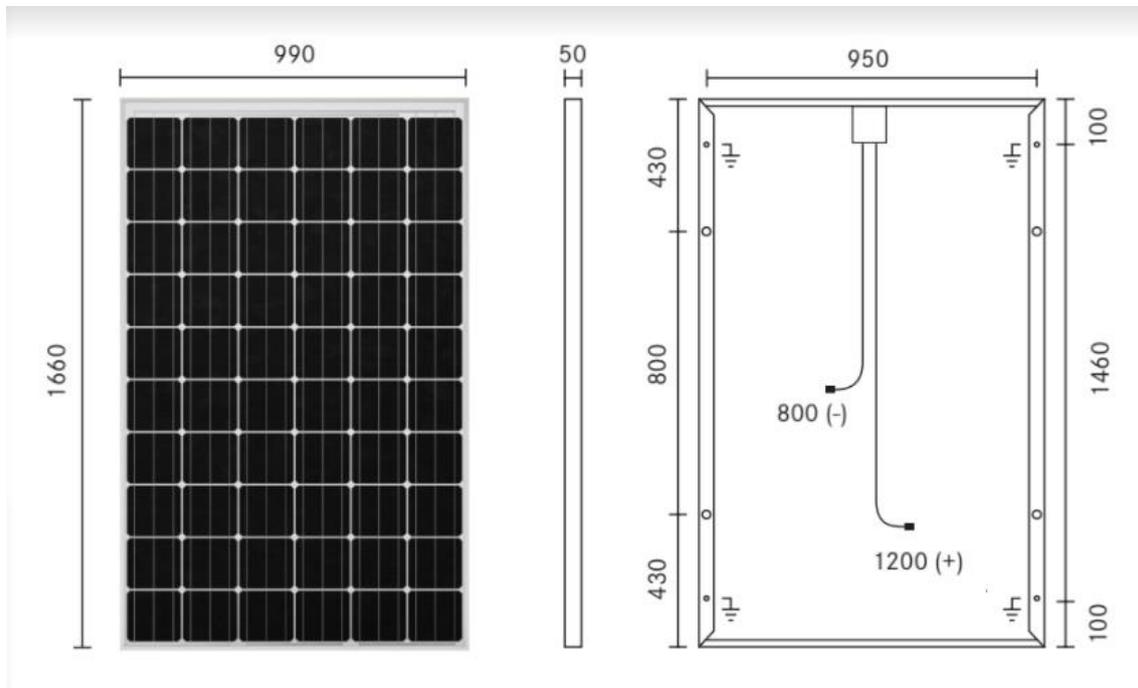


Ilustración 32: Dimensiones de los paneles SMA Mono 300 W (Fuente: sundesign [22])

- PANELES POLICRISTALINO 240 W

Por último, vamos a estudiar la instalación fotovoltaica, con paneles policristalinos, pero esta vez serán de 240 W.

Datos de diseño fotovoltaicos			
Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	72,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	56.750 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	78,2 %
Relación de la potencia activa:	138,9 %	Cuota autárquica:	62,9 %
Rendimiento energético anual*:	72.560 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	185
Coefficiente de rendimiento*:	86,3 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	487 t
Rendimiento energético específico*:	1008 kWh/kWp		

Tabla 19: Datos de diseño de la planta fotovoltaica en Brest (Fuente: sunnydesign [22])

En las siguientes tablas vamos a ver la producción de energía mensual de esta instalación.

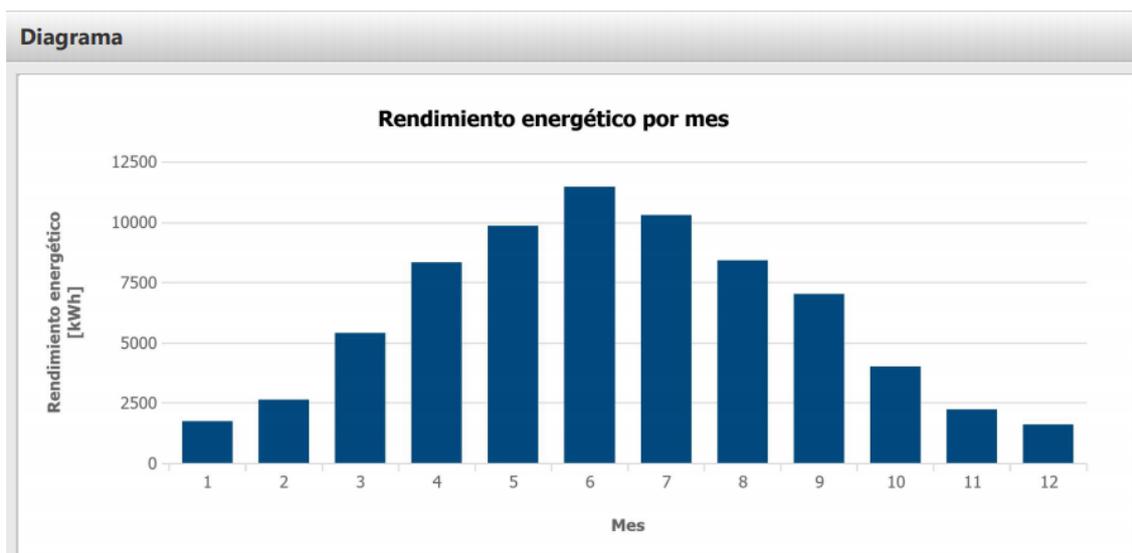


Ilustración 33: Gráfico de la producción de energía por mes en el puerto de Brest (Fuente: sunnydesign [22])

Tabla				
Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	1723 (2,4 %)	1723	0	5672
2	2608 (3,6 %)	2608	0	4104
3	5366 (7,4 %)	4902	464	2686
4	8299 (11,4 %)	6229	2070	1181
5	9803 (13,5 %)	6972	2831	733
6	11414 (15,7 %)	7084	4330	358
7	10236 (14,1 %)	6911	3326	726
8	8376 (11,5 %)	6777	1598	923
9	6982 (9,6 %)	5923	1059	1464
10	3970 (5,5 %)	3838	132	3680
11	2208 (3,0 %)	2208	0	4970
12	1574 (2,2 %)	1574	0	5816

Tabla 20: Tabla de la producción de energía mensual en Brest (Fuente: sunny design [22])

A continuación, vamos a estudiar los aspectos económicos de dicha instalación.

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	15.313 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	292.980 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	395.286 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	29.020 EUR
Tiempo de amortización estimado	5,7 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,095 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	17,90 %
Inversión total	93.600,00 EUR

Tabla 21: Aspectos económicos de la instalación en Brest (Fuente: sunny design [22])

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

24.360 EUR

Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

Con planta fotovoltaica el primer año

7.467 EUR

Ilustración 34: Costes anuales electricidad con SMA Mono 300 W (Fuente: sunny design [22])

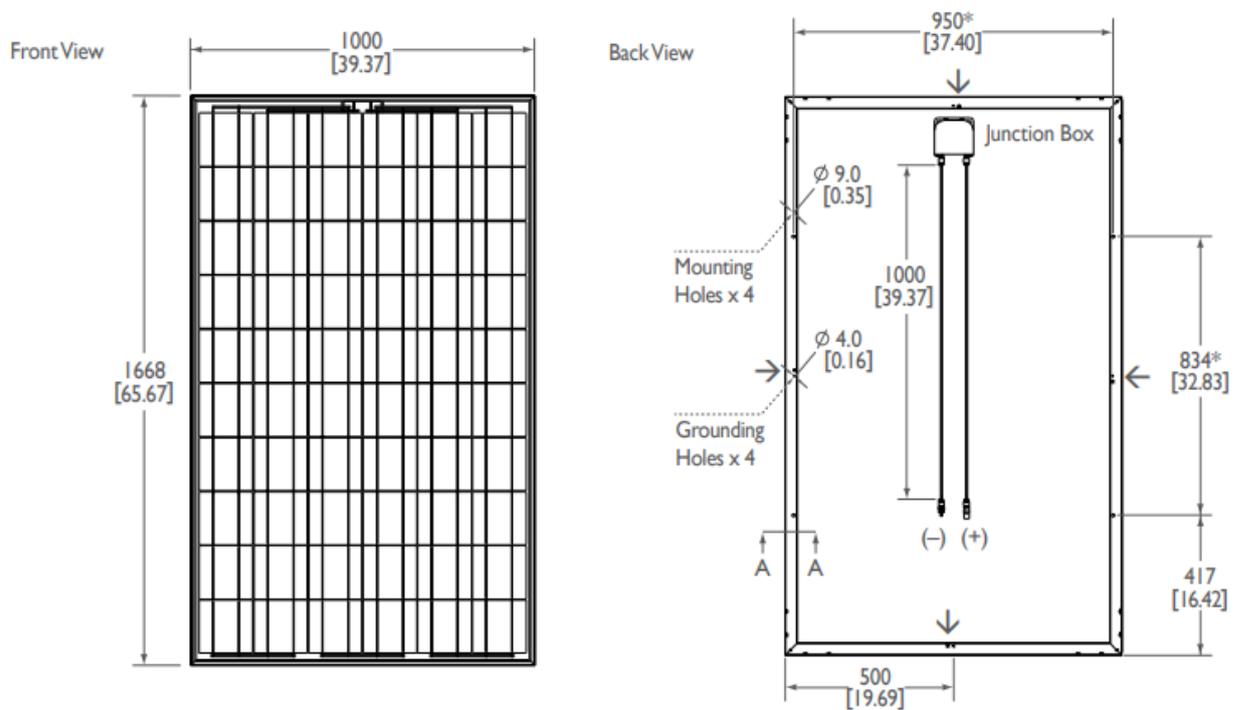


Ilustración 35: Dimensiones de los paneles SMA Poly 240 W (Fuente: sundesign [22])

	POLI 300 W	POLI 240 W	MONO 300 W
Dimensiones (mm)	1956x992x50	1668x1000x40	1660x990x50
Producción energía anual	89.023 kWh	72.560 kWh	90.951 kWh
Consumo propio	61.274 kWh	56.750 kWh	62.254 kWh
Reducción CO ₂ después 20 años	598 toneladas	487 toneladas	611 toneladas
Amortización	6.3 años	5.7 años	6.2 años

Tabla 22: Comparativa de los tres paneles fotovoltaicos estudiados (Fuente: Elaboración propia)

Tras todas estas comparativas realizadas entre distintos paneles fotovoltaicos, los que vamos a seleccionar para nuestra instalación fotovoltaica serán los paneles monocristalinos 300 W. Como podemos ver en la tabla 22 es el de menores dimensiones, además son los que más energía anual producen y mayor consumo propio, por otro lado, son los que más reducen las emisiones de CO₂, en cuanto al precio la inversión a realizar es mayor que el policristalino de menos potencia, pero es la misma que en los policristalinos de mayor potencia, la amortización de esta planta sería de unos 6,2 años, por lo que es menor que la de los policristalinos de igual potencia.

En cuanto al número de paneles con los que cuenta la instalación será de 300, ya que son los necesarios para cubrir el consumo de una planta del buque en puerto. En la cubierta del buque podríamos colocar más paneles ya que los paneles ocupan aproximadamente 2 m², por lo que dejando espacios para mantenimiento y limpieza de los mismos podríamos llegar a poner hasta 790 paneles en el área total de la cubierta. En este proyecto vamos a poner únicamente los 300 paneles que se necesitan para producir 10,4 kWh (estos kWh es lo que consume una planta de este buque en puerto) ya que queremos que la inversión sea la menor posible.

6.0. ACUMULADORES

Las baterías para placas solares son unos acumuladores de energía que nos permiten almacenar la energía solar producida por nuestros paneles fotovoltaicos.

Las baterías, o acumuladores solares, funcionan gracias a un proceso de reducción-oxidación, donde un componente gana electrones y el otro los pierde, generando una corriente eléctrica. La capacidad de acumular energía y generar corriente eléctrica posteriormente, se va degradando con cada uso, en función de los siguientes parámetros:

- Velocidad de descarga: mide la velocidad con la que se vacía la batería. A mayor velocidad de descarga menor será la vida de nuestra batería.
- Profundidad de la carga: mide la cantidad de energía que introducimos en nuestra batería con cada carga. A mayor profundidad de carga, menor será la vida útil. Por ello, nunca se recomienda descargar las baterías más de un 50%.

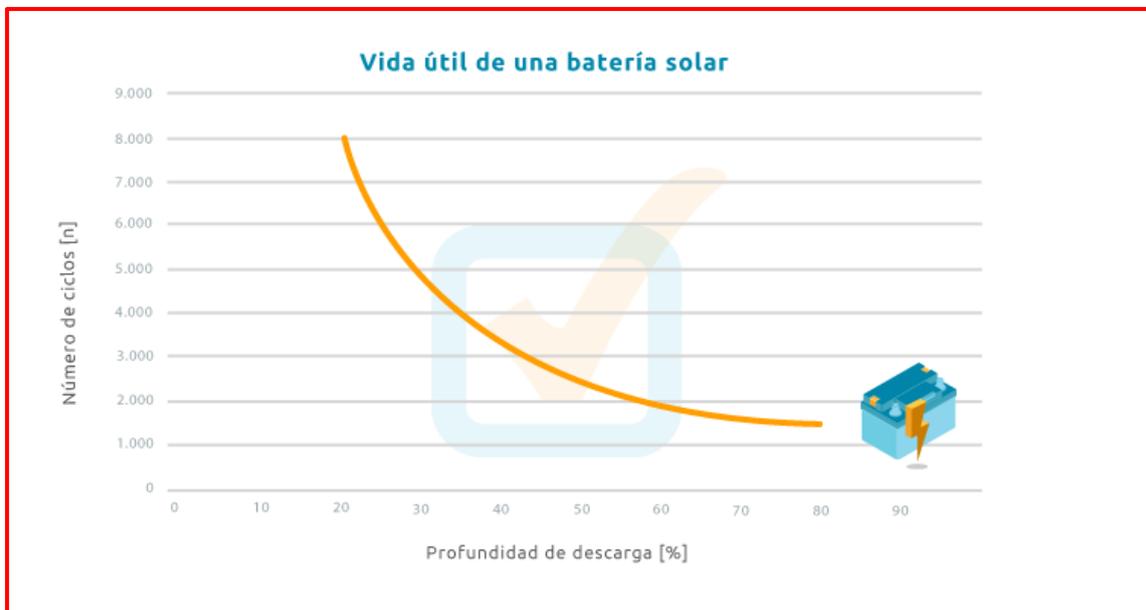


Ilustración 36: Vida útil batería solar (Fuente: selectra [7])



6.1. Capacidad batería solar

La potencia que nos puede proporcionar la batería solar, se calcula multiplicando el voltaje por el amperaje de las mismas. Sin embargo, la energía suministrada por ésta depende de las condiciones de operación de la batería. Considerando una corriente de descarga constante, y temperatura constante, a menor corriente de descarga, la batería podrá operar durante mayor tiempo.

6.2. Tipos de baterías

Las baterías de ion-litio, son una de las mejores alternativas a futuro para las instalaciones solares. Sin embargo, a día de hoy son una opción cara y aún por desarrollar, por lo que es importante conocer las diferentes baterías que ofrece el mercado.

- Baterías AGM: indicadas para pequeñas instalaciones y sin necesidad de mantenimiento. Son muy versátiles y ofrecen una larga vida útil.
- Baterías de litio: ligeras, compactas y con rápidos tiempos de carga, pueden ser utilizadas en cualquier instalación. Su principal desventaja es el coste, el cual está cada día más cerca de ser competitivo. No requieren ningún mantenimiento.
- Baterías Monoblock: las encontramos habitualmente en coches y motos. Están indicadas para instalaciones de autoconsumo aisladas muy pequeñas.
- Baterías estacionarias: poseen la mejor relación calidad precio del mercado actual. Tienen una larga vida útil y están indicadas para instalaciones con altos y continuos consumos.
- Baterías solares 12V: Ideales para consumos inferiores a los 100 kWh

mensuales y potencias de 1 kW. Es habitual elegir baterías monoblock para estas instalaciones. Estas baterías están especialmente indicadas para viviendas de uso ocasional, con consumos muy bajos y casas de campo.

- Baterías solares 24V: Indicadas para consumos entre 100 y 150 kWh mensuales y una potencia de entre 1 y 5 kW. Es recomendable utilizar baterías estacionarias para este tipo de instalaciones.
- Baterías solares 48V: Recomendadas para consumos por encima de los 150 kWh mensuales y potencias superiores a los 5 kW. Para estas instalaciones es aconsejable utilizar baterías estacionarias hasta que se reduzcan los precios de las baterías de litio.

Característica	Plomo-ácido	Litio
Profundidad de carga	50-70%	80-100%
Número de ciclos	2.000-3.000	4.000-6.000
Garantía	2-5 años	10 años
Carga	Poco eficiente y lenta	Muy eficiente y rápida
Eficiencia	80-85%	98%
Pérdidas	15-20%	2%
Tipo de uso	Autoconsumo e instalación aislada	Autoconsumo e instalación aislada
Resistencia a temperaturas altas	Moderada	Mejor resistencia
Emisión de gases	Leve	Nada
Mantenimiento	Periódico	Mínimo
Precio*	Alrededor de 200 €	Alrededor de 1.400 €

Tabla 23: Comparativa de los tipos de baterías (Fuente: tarifasgasluz [4])

7.0. REGULADORES DE CARGA

Un regulador de carga solar se coloca entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos.

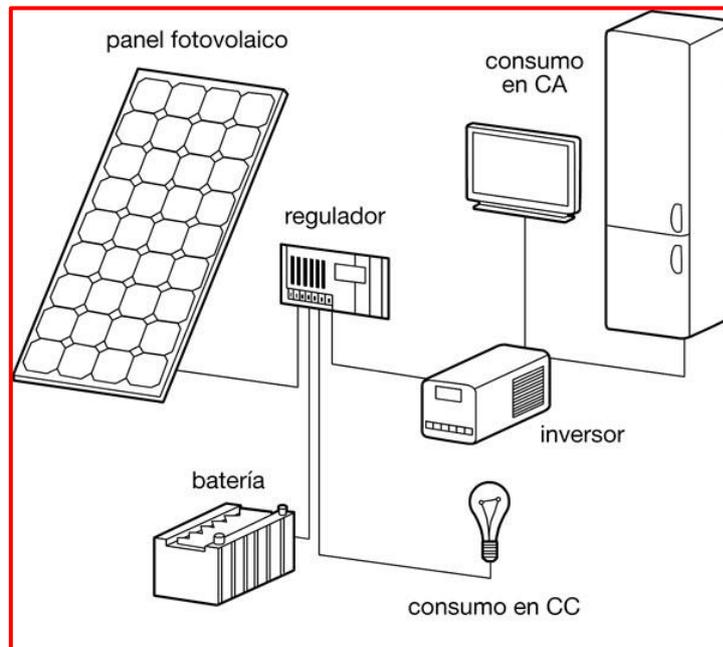


Ilustración 37: Esquema conexión instalación fotovoltaica (Fuente: energiafv [3])

El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad (I) y Voltaje (V) al que se inyecta en la batería.

Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías y de la energía generada por el campo fotovoltaico.

El regulador de carga solar controla constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil.

Existen tres estados de carga posibles:

- Fase BULK: la batería está descargada y toda la corriente producida en el campo fotovoltaico es inyectada en las baterías, incrementándose la tensión en la batería a medida que ésta se va llenando.

- Fase ABSORCIÓN: cuando la tensión de la batería alcanza la tensión de absorción (en las baterías de plomo-ácido abiertas 14,4V y en las baterías AGM y en las baterías GEL 14,1V), el regulador de carga solar mantiene la tensión ligeramente por debajo de dicho valor y va reduciendo la corriente hasta que la batería está prácticamente llena.
- Fase de FLOTACIÓN: en esta fase la tensión se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se llena por completo

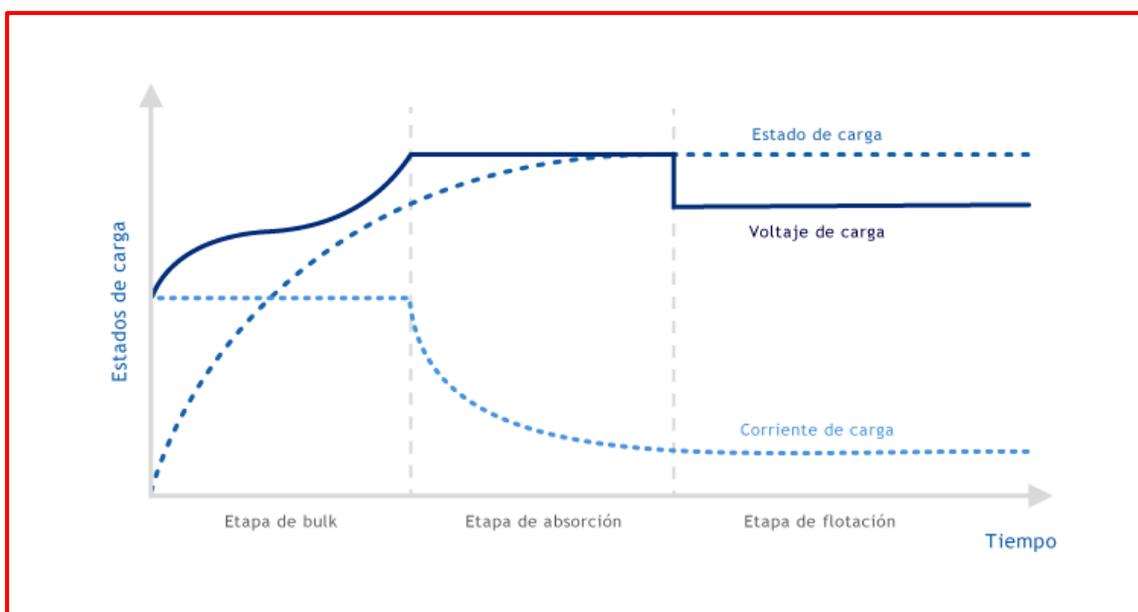


Ilustración 38: Gráfico de los estados de carga posibles (Fuente: autosolar [1])

7.1. Funciones regulador

Las placas solares tienen una tensión nominal mayor que la de los acumuladores. Por tanto, si no existiesen los controladores de carga se podrían producir sobrecargas y dañar las baterías.

Toda la energía que se genere mayor a la energía que es posible inyectar en la batería se pierde por efecto Joule (calor) en el regulador. Por tanto, el regulador de carga solar es un dispositivo que protege la batería contra sobrecargas, llenándola según le resulte más conveniente en cada momento.

Generalmente, los reguladores solares necesitan programarse para indicarle el tipo de baterías, la capacidad de las mismas y las tensiones de funcionamiento.

Existen otras funciones secundarias que realiza el regulador:

- Evita que la batería se pueda descargar por la noche en el campo fotovoltaico por inversión de corriente mediante un diodo tipo D.
- Proporciona información del estado del sistema: voltaje de las baterías, corriente generada, históricos, estado de carga... (sólo en los que tienen reguladores con DISPLAY).

CONSUMO EN CONTINUA

Existe otra función que se le suele achacar al regulador de carga solar y que éste sólo realiza cuando tiene conectado un consumo en corriente continua. Se trata de la protección frente a descargas profundas.

El regulador tiene un interruptor tipo A que corta la corriente entregada por la batería al consumo sólo cuando este se realiza en continua, ya que la corriente sí que pasa por el regulador. Es por ello, que en los reguladores con DISPLAY, cuando no hay consumo en corriente continua, la pantalla de “Consumo o LOAD” aparece el valor 0 A.

En caso de consumir en alterna, que es lo más habitual, la descarga de la batería se realiza por el inversor y el regulador de carga no puede controlar la descarga de la batería.

Algunos reguladores permiten el control de cargas mediante la programación de encendidos y apagados de las cargas en corriente continua conectadas al regulador. Esta opción es especialmente útil para luminarias o equipos donde se quiera encender la luz cuando la radiación solar baja de un cierto umbral (atardecer) y apagarla cuando la radiación solar vuelva (amanecer). La energía nocturna se extrae de la energía inyectada durante el día en la batería.

7.2. Tipos de regulador

Reguladores PWM

Los reguladores PWM (*Pulse-width modulation*) son los reguladores de carga tradicionales. Estos reguladores hacen que las placas solares funcionen a la misma tensión que la de los acumuladores solares (si la batería es de 24V, los paneles la cargan con una tensión de 24V) . Estos reguladores se caracterizan por ser sencillos, económicos y ligeros. No obstante, son menos eficientes que los MPPT.

Reguladores MPPT

Los reguladores MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) tal y como indica su nombre, son maximizadores de potencia, ya que adaptan la captación de energía solar a la tensión de las baterías, obteniendo de este modo la máxima eficiencia de producción en cada instante.

Los reguladores MPPT son capaces de trabajar a distintas tensiones ya que cuentan con convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en las placas a baja tensión en los acumuladores). Por tanto, estos reguladores aumentan el rendimiento en torno a un 30% más que los PWM.

7.3. Diferencias entre los reguladores PWM y MPPT

	PWM	MPPT
Tensión nominal	Paneles idéntica a la del acumulador	Paneles independiente a la tensión batería
Uso	Son utilizados con paneles y baterías de 12V y 24V	Son fundamentales para placas solares de 60 células
Corriente carga	es igual que la del generador	no es la misma que la corriente del generador
Precio	Más baratos	Más caros

Tabla 24: Comparativa de los tipos de reguladores (Fuente: Elaboración propia)

8.0. OTROS ELEMENTOS INSTALACIÓN

Sistema energético

Planta FV	Inversor fotovoltaico 2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)	Generadores FV 300 x .SMA SMA Demo Mono 300W
Sistema de baterías	Inversor de batería 3 x SMA Sunny Island 8.0H	Batería 3 x Litio
Tamaño del sistema	Planta FV 90,00 kWp	Sistema de baterías 67,00 kWh

Ilustración 39: Elementos planta fotovoltaica (Fuente: sunny design [22])

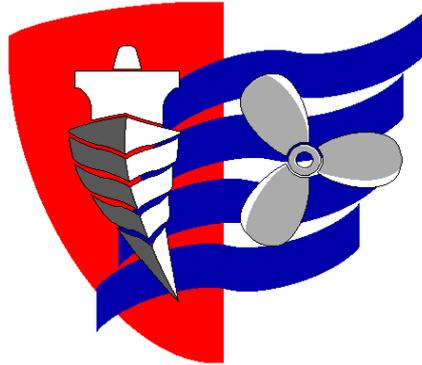
- 300 paneles fotovoltaicos SMA Monocristalino 300 W
- 1 controlador energía Sunny portal
- 2 inversor SMA STP 50-40/41 (CORE 1)
- 3 baterías inversoras SMA Sunny Island 8.0H



Ilustración 40: De izda a dcha inversor y batería inversora instalación (Fuente: autosolar [1])

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

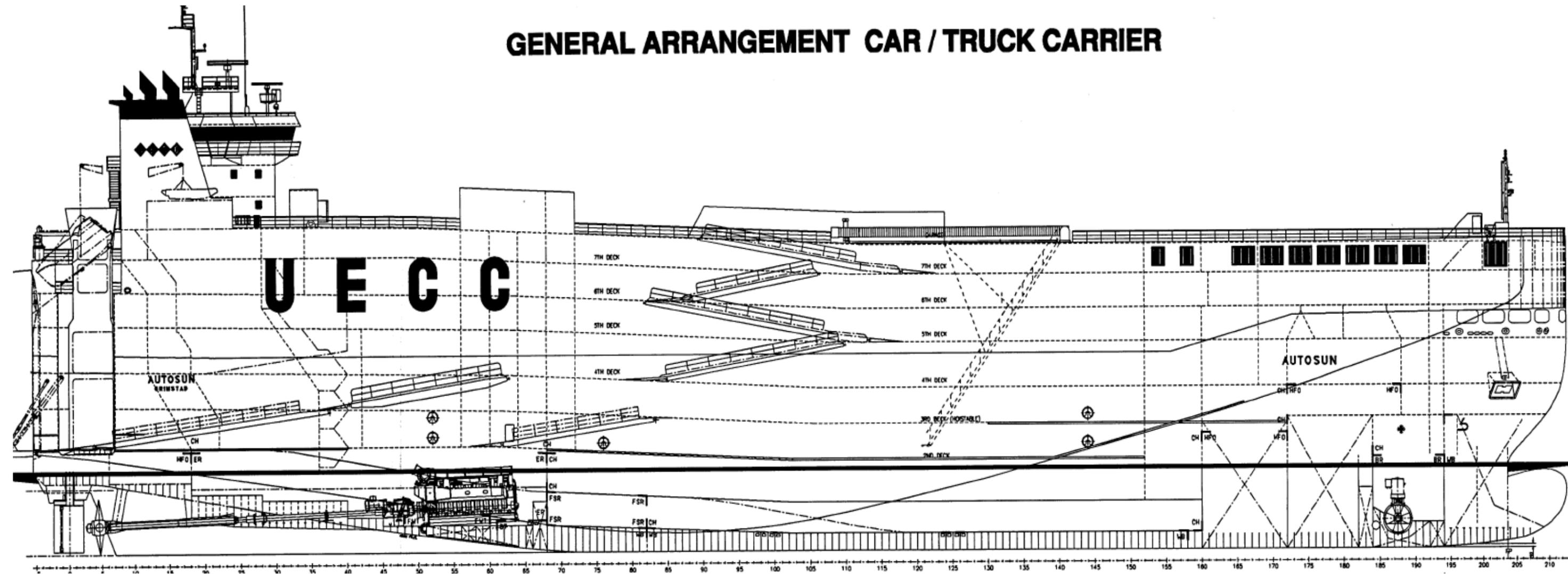
CAPITULO III: PLANOS

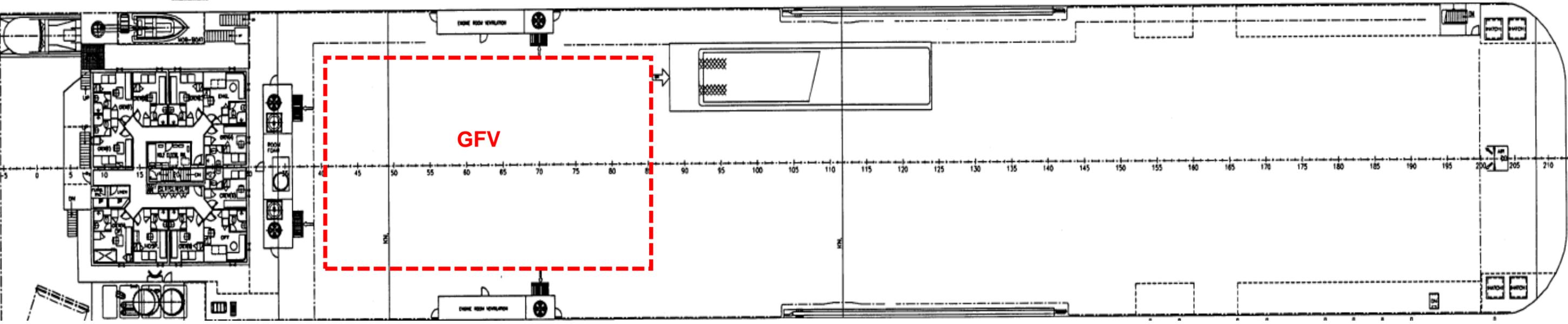
Para acceder al Título de Grado en

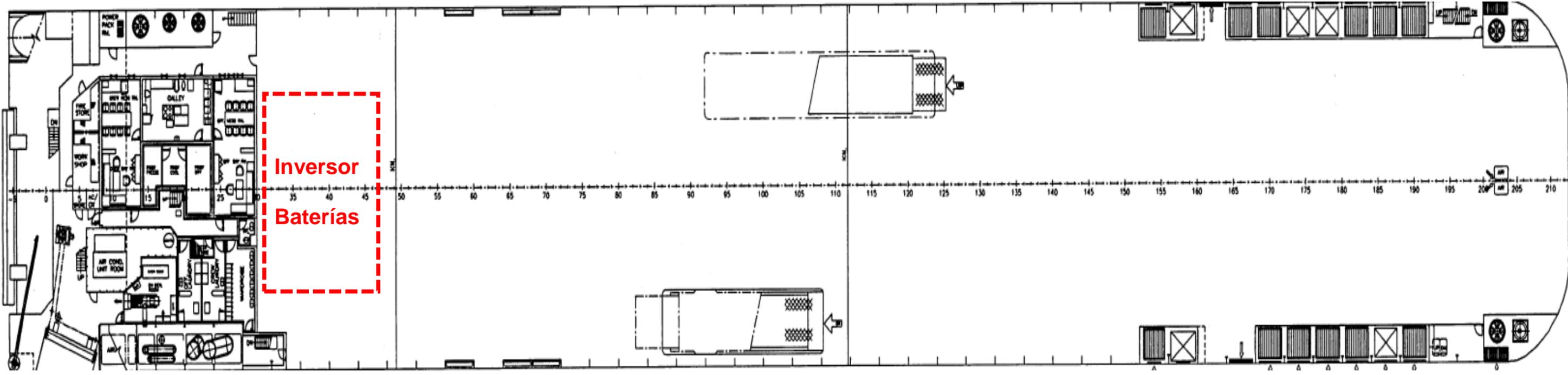
INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

GENERAL ARRANGEMENT CAR / TRUCK CARRIER



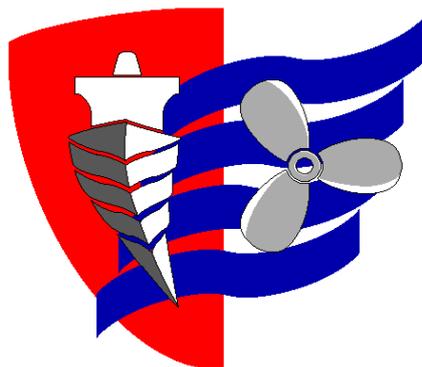




Inversor
Baterías

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CAPITULO IV: PLIEGO DE
CONDICIONES**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO– 2021

9.0. PLIEGO DE CONDICIONES

9.1. Pliego de Condiciones Generales.

El presente pliego de condiciones tiene por objeto determinar los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones de referencia, cuyas características técnicas estarán especificadas en los documentos que componen el presente trabajo. Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad.

Este documento se redacta con carácter de Trabajo Fin de Grado para la obtención del Título de Grado en Ingeniería Marítima, que versa sobre la instalación de una planta fotovoltaica a bordo de un buque cochera para alimentar una de las cubiertas cuando el buque se encuentra en puerto.

El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones, además se extiende al astillero y a todas las empresas subcontratadas que llevarán a cabo dicho proyecto.

En determinados supuestos, para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

Este Pliego de Condiciones Técnicas se encuentra asociado a las líneas de ayudas para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Fomento de Energías Renovables. Determinados apartados hacen referencia a su inclusión en la Memoria a

presentar con la solicitud de la ayuda, o en la Memoria de Diseño o Proyecto a presentar previamente a la verificación técnica.

9.1.1. Condiciones Generales

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo. Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y normas citadas. El objetivo principal del presente pliego de condiciones es definir al Astillero, el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que se deben de ajustar a la ejecución del sistema de ventilación de la sala de máquinas cuyas características técnicas se especifican en el siguiente proyecto.

El Astillero está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes. El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente a todas las reglamentaciones de carácter social vigentes en el momento de la ejecución de las obras.

En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "Contratación de obras. Condiciones generales" siempre que no lo modifique el siguiente pliego. Además, toda equipación y elementos que se instalen deberán cumplir con la normativa vigente que les afecte.

A continuación, se detallan los requisitos de los mandos y responsabilidades.

Jefe de obra:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como jefe de obra, controlará y organizará los trabajos objeto del proyecto, siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional

Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra tales como; Los alrededores del dique, muelles y talleres limpios a medida que se desarrollen los trabajos. Además, será el responsable de la gestión de los residuos generados.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Al finalizar la obra, esta se entregara completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.

Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas, en todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de la Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

Durante la ejecución de las obras, la Propiedad podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito al Contratista. Este deberá sustituir al subcontratista sin que dicho

cambio pueda originar derecho a compensación alguna en cuanto a precio o plazo de obra.

9.1.2. Reglamentos y Normas

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan en la memoria descriptiva del mismo.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicaciones por los reglamentos y normas citadas.

9.1.3. Materiales

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino. Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aún sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, aun sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria. En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Astillero que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

9.1.4. Recepción del Material

El Director de Obra de acuerdo con el Astillero dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Astillero.

Control de calidad

Correrá por cuenta del contratista el control de Calidad de la obra de acuerdo a la legislación vigente. El control de calidad comprenderá los siguientes aspectos: control de materias primas, control de equipos o materiales suministrados a obra, calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje) y calidad de la obra terminada (inspección y pruebas). En cualquier caso, durante la ejecución de las obras durante el período de garantía, la Dirección del Proyecto detectase alguna unidad de obra o algún material que no cumple los requisitos de calidad exigidos, la contratista podrá exigir y demolición y posterior reconstrucción. Todos los costes derivados de estas actividades correrán por cuenta del Contratista, quien no tendrá derecho a presentar reclamación por tal hecho.

Muestras

El contratista, en este caso el armador, deberá presentar muestras de los materiales que se van a utilizar para su posterior aprobación con la suficiente antelación como para no retrasar el comienzo de la obra. La dirección del proyecto tiene un plazo de tres días para dar la aprobación de la pieza o para exigir un cambio, en caso de que no cumpliera todos los requisitos. En el caso de que las muestras fueran rechazadas, el contratista se encargará de presentar nuevas muestras, siempre y cuando el plazo de aprobación por parte de la dirección de obra no afecte al plazo de ejecución de la misma. Si se manifiesta algún retraso causado por el rechazo de los materiales se imputará al contratista.

Control de calidad:

9.1.5. Organización

El Astillero se encargará de asumir legalmente todas las responsabilidades establecidas por decretos u órdenes sobre el particular durante la ejecución de la obra, quedando obligado al pago de salarios. La organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales empleados, está bajo la supervisión del Astillero, el cual es el responsable de la seguridad ante posibles accidentes. El Astillero deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra. Se solicitará la aprobación previa del Director de Obra para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que el Astillero considere oportuno llevar a cabo, todo ello corriendo a cuenta propia del Astillero.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que el astillero considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del director de obra, corriendo a cuenta propia del astillero.

9.1.6. Ejecución de las obras

COMPROBACIÓN Y REPLANTEO

Se comprobarán en presencia del Director de Obra, de un representante del Astillero y del armador del barco el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación en un plazo máximo de 90 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva al Astillero, extendiéndose a la correspondiente Acta de Comprobación del Reglamento. El Acta de Comprobación del Reglamento refleja la conformidad del replanteo de los documentos contractuales. En el caso contrario, si se refleja disconformidad, se puede ver afectado el cumplimiento del contrato. Cuando tal Acta muestre alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto valorado a los precios del contrato.

PROGRAMA DE TRABAJO

El Astillero presentará el programa de trabajo de la obra en un plazo de 90 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, siguiendo el orden de obra que especifique el Director de la misma para su correcta realización. Todo esto debe presentarse previamente por escrito antes de llevarlo a cabo. Cuando sea necesario modificar cualquier condición contractual del programa de trabajo, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por el Astillero y el Director de Obra, con la correspondiente modificación para su tramitación.

COMIENZO

El Astillero está obligado a notificar la fecha de comienzo de los trabajos al Director de Obra, tanto por escrito como personalmente.

PLAZO DE EJECUCIÓN

La obra se realizará en el plazo que se estipule en el contrato definido por la propiedad o en su defecto en las condiciones que se especifiquen en este pliego. Cuando el Astillero solicite una inspección, de acuerdo con alguno de los extremos contenidos en el Presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, estará obligado a tener preparada dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

En su defecto, cuando el ritmo de trabajo estipulado por el Astillero no sea normal, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

9.1.7. Interpretación y Desarrollo del Proyecto

La interpretación técnica de los documentos del proyecto corresponde al Técnico Director de Obra. El Astillero está obligado a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas,

siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darlo solución lo antes posible.

El Astillero se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto.

El Astillero está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra aun cuando no se halle explícitamente reflejado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El Astillero notificará por escrito o en persona directamente al Director de Obra y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para la inspección cada una de las partes de la obra para las que se ha indicado necesidad o conveniencia de las mismas o para aquellas que parcial o totalmente deban quedar ocultas.

De las unidades de obra que deban quedar ocultas, se tomarán antes de ello, los datos precisos para su medición, a los efectos de liquidación y que sean suscritos por el Técnico Director de Obra de hallarlos correctos. Si no se diese el caso, la liquidación se realizará en base a los datos o criterios de medición aportados por este.

9.1.8. Variaciones del Proyecto

Se consideran mejoras o variaciones aquellas que hayan sido ordenadas por el Director de Obra sin variación del importe contratado.

9.1.9. Obras Complementarias

El astillero tiene obligación de realizar todas las obras complementarias que sean indispensables para ejecutar cualquiera de las unidades de obra específicas en cualquiera de los documentos del proyecto, aunque en el mismo no figuren explícitamente mencionadas dichas complementarias, todo ello son variación del importe contratado.

9.1.10. Modificaciones

El Astillero está obligado a realizar las obras que se encarguen resultantes de las posibles modificaciones del proyecto, siempre y cuando el importe de las mismas varíe un 25% del valor contratado.

La variación de los mismos se hará de acuerdo con los valores establecidos en el presupuesto entregado por el Astillero y este ha sido tomados como base de contrato.

El Astillero solo podrá hacer alguna alteración de las partes del proyecto si tiene la autorización expresa del Director de Obra. Tendrá obligación de deshacer toda clase de obra que no se ajuste a las condiciones expresadas en este documento

9.1.11. Obra Defectuosa

Cuando el astillero halle cualquier unidad de obra que no se ajuste a lo especificado en el proyecto o en este pliego de condiciones, el director de obra deberá tomar las decisiones que le correspondan para repararlo.

9.1.12. Medios Auxiliares

Correrán por cuenta del Astillero todos los medios y maquinarias auxiliares que sean necesarias para la ejecución de la Obra. En el uso de los mismo, estará obligado a cumplir todos los Reglamentos de Seguridad e Higiene en el trabajo vigentes y a utilizar por los medios de protección adecuados para sus operarios. En cualquier caso, todos los medios auxiliares quedarán en propiedad del Astillero una vez que haya finalizado la obra, aunque no tendrán derecho a reclamar en el caso de que hayan dado lugar a desperfectos mientras se daba uso de los mismos.

9.1.13. Conservación de las Obras

El Astillero está obligado a la conservación en perfecto estado de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de recepción definitiva por la propiedad. Los gastos corren a cargo del Astillero.

9.1.14. Subcontratación de Obras

El Director de la Obra dejará por escrito que en caso que se deduzca que la obra debe ser realizada directamente por el Astillero, podrá este concretar con otras contratatas la realización de determinadas unidades de obra. Los gastos derivados de la subcontratación correrán a cargo del Astillero.

9.1.15. Recepción de las Obras

RECEPCIÓN PROVISIONAL

La recepción provisional se realizará una vez que la obra esté terminada y para ello se realizará un reconocimiento por parte del Director de Obra y la propiedad en presencia del Astillero, dando el acta y empezando a correr desde el plazo de garantía si se hallan en estado de ser admitidas. En caso contrario, al no ser admitidas, se hará constar en acta y se dará parte en el Astillero para solucionar los defectos observados, fijando un plazo, expirando el cual se procederá a un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional, sin que suponga gasto alguno para la propiedad.

PLAZO DE GARANTÍA

Contando desde la fecha de la recepción provisional o bien, el que establezca el contrato, el plazo de garantía será de un año como mínimo. Durante este período, queda a cargo del Astillero la conservación de las obras y solución de defectos derivados de una mala construcción o ejecución de la instalación.

RECEPCIÓN DEFINITIVA

Se realizará después de transcurrido el plazo de garantía o, en su defecto, a los seis meses de la recepción provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Astillero de conservar y reparar a su cargo las obras.

9.1.16. Contratación de Astillero

El conjunto de las instalaciones que realizará el astillero se decidirá una vez estudiado el proyecto y comprobada su viabilidad.

9.1.17. Contrato

El contrato se formalizará mediante el contrato privado, comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato, el cual será firmado tanto por el Astillero como el propietario.

9.1.18. Responsabilidades

La ejecución de las obras en las condiciones establecidas del proyecto y en el contrato será responsabilidad del Astillero. Como consecuencia de ello, estará obligado a desinstalar las partes mal ejecutadas y volverlas a instalar de manera correcta, sin que sirva de excusa que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El Astillero es el único responsable de todas las averías que se produzcan durante la ejecución de las obras. Además del incumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral respecto su personal y por lo tanto, de los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que

puedan derivarse de ellos.

9.1.19. Rescisión de Contrato

Se consideran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

1. Quiebra del Astillero
2. Modificación del Proyecto con una alteración de más de un 25%
3. Modificación de las unidades de obra sin autorización previa.
4. Suspensión de las obras ya iniciadas.
5. Incumplimiento de las condiciones del contrato cuando fue de mala fe.
6. Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse acabado
7. Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
8. Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin autorización del Director de Obra y del Propietario.

9.2. Pliego de Condiciones Económicas.

9.2.1. Mediciones económicas

El Astillero se encargará de verificar los planos y efectuar las mediciones correspondientes. En caso de detectar algún defecto, se reclamará al Director de la Obra y este se lo comunicará a la parte interesada. El Astillero, el Director de la Obra y la parte interesada se pondrán de acuerdo volviendo a verificar los defectos y tomando las medidas correspondientes que se consideren oportunas. Con esto, se pretende asegurar la continuidad de las obras evitando retrasos en su ejecución.

9.2.2. Abono de las obras

En el contrato se deberán fijar detalladamente los plazos en que se abonarán las obras realizadas. Las liquidaciones parciales que puedan

establecerse tendrán carácter de documentos provisionales, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. Tales liquidaciones no suponen la aprobación ni recepción de las obras que comprenden

9.2.3. Precios

Al formalizarse el contrato, el Astillero presentará la relación de los precios que integran este proyecto, los cuales tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que puedan existir. Se entiende que estos precios comprenden la ejecución total de la unidad de la obra, incluyendo los trabajos complementarios y los materiales, además de la imposición fiscal y las cargas laborales. En caso de tener que realizar unidades de obra no previstas en el proyecto, el precio será fijado por el Director de Obra y el Astillero, antes de su ejecución se le mostrará las variaciones al propietario para su aprobación o rechazo.

9.2.4. Revisión de precios.

En el contrato se establecerá si el Astillero tiene derecho a la revisión de precios y a calcularlos en caso de que sea necesario alguna modificación. En caso de tener que realizar alguna modificación, será el Director de Obra el encargado de llevarlo a cabo.

9.2.5. Precios contradictorios.

En caso de que exista la determinación de algún precio contradictorio, el Director de Obra lo formulará basándose en los que han servido para la formación del presupuesto, estando el Astillero obligado a aceptarlos.

9.2.6. Penalizaciones por Retrasos

La obra establecerá tablas de penalización, por retrasos de plazo de la entrega de la obra, cuyas cuantías se fijarán en el contrato. Tales cuantías podrán ser cobradas a la finalización de las obras o ser

descontadas de la liquidación final.

9.2.7. Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato

En caso de las anomalías anteriormente expuestas o por acuerdo de ambas partes, es necesario derogar el contrato, se abonarán al Astillero las unidades de obra ejecutadas y los materiales utilizados hasta el momento que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma. Cuando se derogue el contrato, se llevará a cabo la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación, el período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de la nueva adjudicación.

9.2.8. Fianza

En el contrato se establecerá la fianza que el Astillero deberá depositar en garantía del cumplimiento del mismo, o se convendrá a la retención sobre los pagos realizados a cuenta de la obra realizada.

En caso de no concretar la fianza en el contrato, se adoptará como garantía una retención del 5% de los pagos.

La propiedad podrá ordenar realizar los trabajos de la obra a un tercero, en caso de que el Astillero se niegue a ejecutarlos en las condiciones contratadas o atender la garantía. Deberá abonar su importe con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la propiedad en caso de que el importe de la fianza no bastase.

La fianza retenida se abonará al Astillero una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra en un plazo máximo de treinta días

9.2.9. Gastos Diversos por Cuenta del Astillero

El Astillero debe proporcionar el agua, la energía eléctrica y cualquier acondicionamiento para mantener unas óptimas condiciones del personal. Para la correcta ejecución de la obra se requiere gastos que corren por cuenta del Astillero, tales como los materiales, la mano de obra y los medios auxiliares necesarios.

9.2.10. Conservación de las Obras Durante el Plazo de Garantía

En este período, las obras deberán estar en perfectas condiciones. Los gastos derivados de la conservación de las obras durante el plazo de garantía correrán por cuenta del Astillero. Estos gastos están incluidos en las diversas unidades de obra, por lo tanto, el Astillero no podrá reclamar una indemnización.

9.2.11. Medidas de Seguridad

El Astillero deberá cumplir siempre las leyes relativas a la seguridad y limpieza en el trabajo. En caso de no cumplir alguna de esta norma, dará lugar a una sanción y, siguiendo el contrato, vendrán reflejadas las distintas cuantías en función de la falta detectada.

9.2.12. Responsabilidad por Daños

La propiedad tiene concretada una póliza de responsabilidad civil por daños causados a terceros. El Astillero figura como asegurado y garantiza la responsabilidad civil de los días causados accidentalmente a terceros con motivo de las sobras.

En esta póliza figura la responsabilidad civil que tiene el Astillero respecto a terceros en caso de que haya daños físicos y materiales. No obstante, queda excluida toda la prestación que deba estar relacionada

con el seguro obligatorio de accidentes laborales y enfermedades profesionales de la Seguridad Social.

Del mismo modo, quedan excluidas cualquier tipo de sanciones, multas o recargos en las indemnizaciones exigidas por la legislación laboral.

9.2.13. Demoras

Al encargarse el trabajo, se fijará la fecha de inicio y terminación, estando ambas partes de acuerdo. El Astillero pondrá los medios necesarios para ello, bajo la aprobación de la propiedad. Solo se consideran demoras justificables las causadas por fuerza mayor, es decir, huelgas generales, condiciones atmosféricas adversas, etc. En caso contrario, es decir, que el Astillero cometa alguna demora injustificable, tendrá las siguientes penalizaciones:

Por retraso de la incorporación del personal y ausencia de medios necesarios para la realización del trabajo: desde un 1% hasta un máximo de un 5% por día de retraso.

Por retraso en la finalización de trabajos: desde un 1% de la facturación de estos encargos a un máximo de un 5% por cada día de retraso.

Por incumplimiento de la ley de seguridad y limpieza: la primera sanción será de 300€, aumentando otros 300€ sucesivamente hasta un máximo de tres veces, a partir de la cual se procederá a restituir por la propiedad las condiciones de limpieza y seguridad, cargando el coste al Astillero.

9.3. Pliego de Condiciones Facultativas.

9.3.1. Normas a Seguir

Además de lo descrito en este pliego de condiciones, las obras a realizar se guiarán por las siguientes normas:

Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, del 25 de Noviembre. Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación al contrato que se trate.

Ordenanzas Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/71 del Ministerio de Trabajo. Normas UNE.

Plan Nacional y Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Normas de la compañía suministradora de los materiales. Lo indicado en este Pliego de Condiciones con preferencia a todos los códigos.

9.3.2. Personal.

El astillero será el responsable de adjudicar un Jefe de Proyecto quien tendrá la responsabilidad de decidir los recursos necesarios para la ejecución de las obras, siempre cumpliendo con los estándares técnicos y de calidad fijados en este pliego de condiciones.

Además, será el Nexo de unión entre el Director de obra (Armador) y el astillero.

9.3.3. Condiciones de los Materiales Empleados

Describiremos de la forma más completa posible, las condiciones que deben de cumplir los materiales que se emplearán en la construcción del proyecto, siendo los más adecuados para su correcto resultado final.

9.3.4. Admisión y Retirada de Materiales

Todos los materiales empleados en este proyecto, y de los cuales se hará mención, deberán ser de la mejor calidad conocida dentro de su clase.

No se procederá al empleo de los materiales sin que estos sean examinados y aceptados en los términos que prescriben las



respectivas condiciones estipuladas para cada clase de material. Esta misión será efectuada por el director de obra.

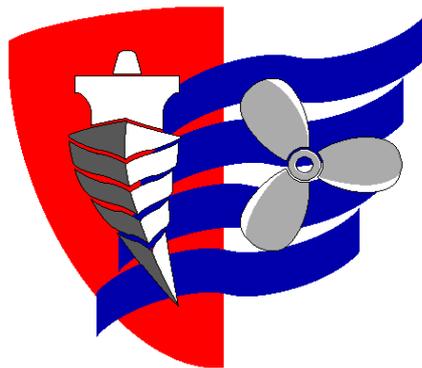
Se cumplirán todos los análisis y pruebas con los materiales e instrumentos de obra que ordene el director de obra.

9.3.5. Reconocimientos y Ensayos Previos.

Cuando el Director de Obra lo considere oportuno, aunque no esté estipulado en el pliego, podrá encargar y ordenar el análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien en una fábrica, laboratorio o en la misma obra, según crea más conveniente. En el caso de disconformidad, los ensayos se efectuarán en el laboratorio que designe el Director de Obra. Los gastos que suponen estas pruebas correrán por cuenta del Astillero

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CAPITULO V: PRESUPUESTO

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO- 2021

10.0. PRESUPUESTO

10.1. Presupuesto de la oficina técnica

DPTO	HORAS	€/H	TOTAL €
Oficina técnica	250	55	13.750
Ingeniería	550	80	44.000
Licencias de software empleados, costes de oficina y equipos informáticos			4.800
TOTAL			62.550 €

Tabla 25: Presupuesto oficina técnica (Fuente: Elaboración propia)

Los costes de la normativa aplicable y las sociedades de clasificación correrán por cuenta del armador.

10.2. Presupuesto de materiales, equipos y otros

EQUIPO/MATERIAL	UNIDADES	PRECIO €	TOTAL
Inversor SMA Sunny Island 8.0H 8kW 48V	3	3.700	11.100
SMA STP 50-40/41 (CORE1)	2	5.000	10.000
PANELES 300 W MONOCRISTALINOS	300	400	120.000
MATERIAL ESTRUCTURA (considerado angular 80/80/5 granallado y pintado)	N/A	44.000	44.000
CABLEADO	N/A	80.000	80.000
SERVICIOS GENERALES (andamios, grúas, limpieza....)	N/A	120.000	120.000
TOTAL			385.100 €

Tabla 26: Presupuesto materiales, equipos y otros (Fuente: Elaboración propia)

10.3. Fabricación e instalación

Para la prefabricación y elaboración de la estructura que soportará los paneles se considera una subcontrata con 4 operarios trabajando 10 horas al día durante 45 días, este valor asciende a 136.800 €

Para la instalación y conexión de toda la planta fotovoltaica se considera una subcontrata con 6 operarios trabajando 10 horas al día durante 22 días, dicho valor asciende a 51.480 €

Por tanto, la mano de obra de la instalación y conexión de la planta fotovoltaica asciende a un total de **188.280 €**

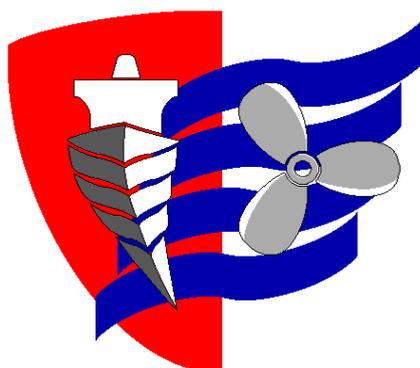
10.4. Presupuesto total

	PRECIO €
Oficina técnica	62.550 €
Materiales, equipos y otros	385.100 €
Fabricación e instalación	188.280 €
Beneficio industrial (6%)	38.155,8 €
TOTAL SIN IVA	674.085,8 €
IVA (21%)	141.558,02 €
TOTAL CON IVA	815.643,82 €

Tabla 27: Presupuesto final (Fuente: elaboración propia)

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO I

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Any Company
Any Street 21
54321 Any Town

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-Mail: info@any-company.de
Internet: www.any-company.de

Proyecto: Proyecto nuevo
Número del proyecto: ---

Emplazamiento: España / Oviedo

Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema

300 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 90,00 kWp

 2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	66.253 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	69,4 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	72,8 %
Rendimiento energético anual*:	95.532 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,8 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	252
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	642 t
Rendimiento energético específico*:	1061 kWh/kWp		

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Emplazamiento: España / Oviedo

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -1 °C

Temperatura de diseño: 18 °C

Temperatura máxima: 32 °C

Subproyecto Subproyecto 1

2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	90,00 kWp
Cantidad total de módulos:	300
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos φ = 1) máx.:	51,00 kW
Potencia activa máx. de CA (cos φ = 1):	50,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	113 %
Factor de dimensionamiento:	90 %
Factor de desfase cos φ :	1
Horas de carga completa:	955,3 h



SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Generador FV 1

15 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	3	3	3
Módulos fotovoltaicos:	15	15	15
Potencia pico (de entrada):	13,50 kWp	13,50 kWp	13,50 kWp
Tensión de CC mín. INVERTOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 514 V	✓ 514 V	✓ 514 V
Tensión mín.:	474 V	474 V	474 V
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 733 V	✓ 733 V	✓ 733 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	ⓘ 24,6 A	ⓘ 24,6 A	ⓘ 24,6 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 26,5 A	✓ 26,5 A	✓ 26,5 A

	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1		
Módulos fotovoltaicos:	15		
Potencia pico (de entrada):	4,50 kWp	---	---
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	 514 V	---	---
Tensión mín.:	474 V	---	---
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	 733 V	---	---
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	 8,2 A	---	---
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	 8,8 A	---	---
Compatible con FV/inversor			

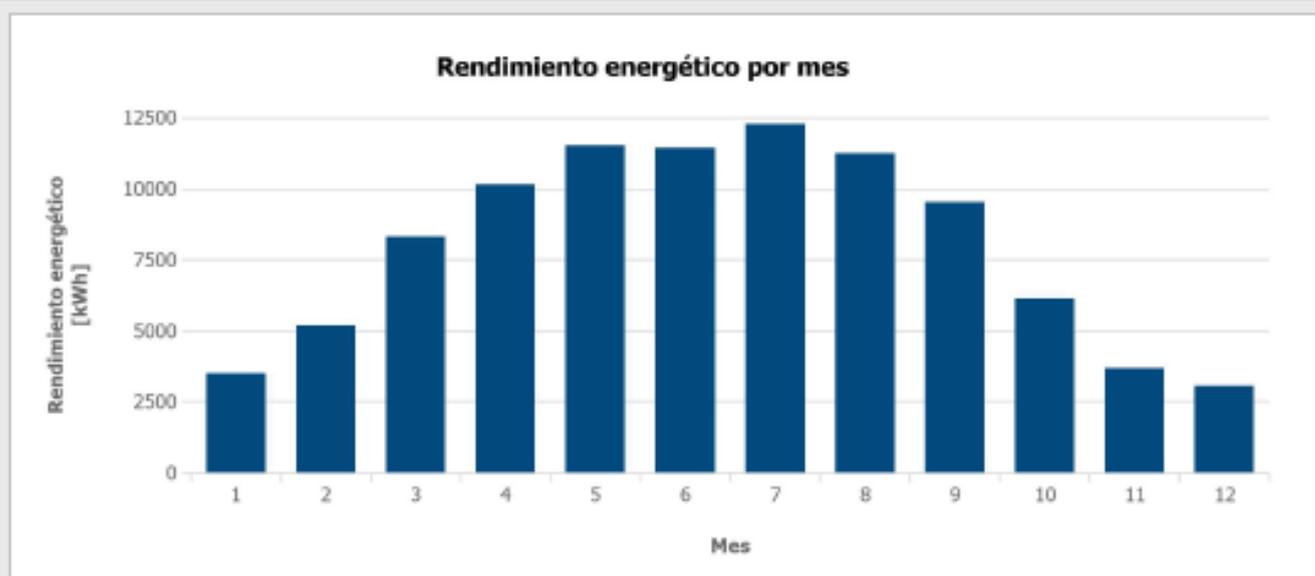
Valores mensuales

Proyecto: Proyecto nuevo

Emplazamiento: España / Oviedo

Número del proyecto:

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	3467 (3,6 %)	3432	35	4058
2	5156 (5,4 %)	4599	557	2294
3	8266 (8,7 %)	5906	2361	1794
4	10102 (10,6 %)	6386	3716	1079
5	11482 (12,0 %)	6924	4558	770
6	11403 (11,9 %)	6835	4568	599
7	12216 (12,8 %)	7233	4983	465
8	11191 (11,7 %)	7134	4057	606
9	9472 (9,9 %)	6171	3301	1280
10	6096 (6,4 %)	5013	1083	2602
11	3655 (3,8 %)	3595	60	3693
12	3027 (3,2 %)	3027	0	4435

Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	17.731 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	349.826 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	459.996 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	53.987 EUR
Tiempo de amortización estimado	5,9 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,090 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	17,30 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

24.360 EUR

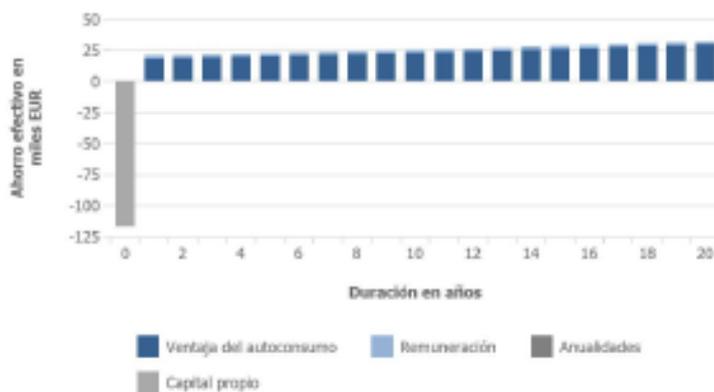
Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

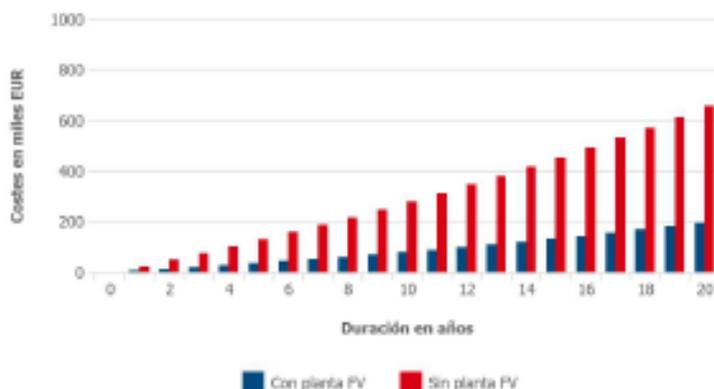
Con planta fotovoltaica el primer año

3.701 EUR

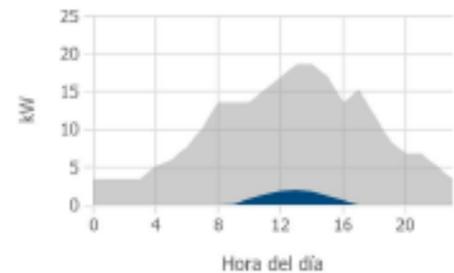
Ahorro efectivo



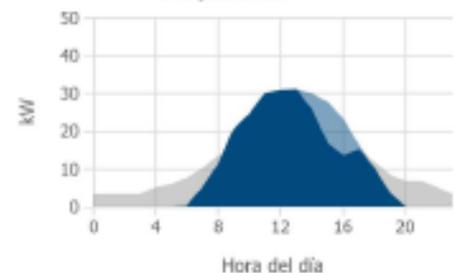
Comparación costes de energía acumulados



Día de menor rendimiento



Día promedio



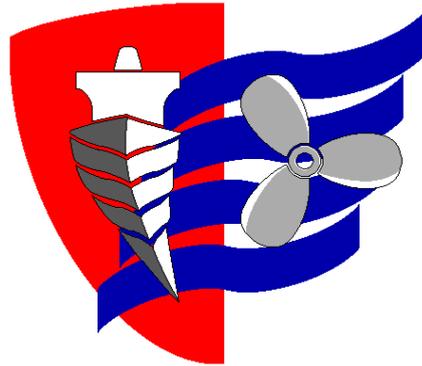
Día de mayor rendimiento



Consumo de energía
Energía fotovoltaica máx. disponible
Autoconsumo

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO II

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Any Company
Any Street 21
54321 Any Town

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-Mail: info@any-company.de
Internet: www.any-company.de

Proyecto: Proyecto nuevo
Número del proyecto: ---

Emplazamiento: Francia / Brest

Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema

300 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 90,00 kWp



2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	61.274 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68,8 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	67,5 %
Rendimiento energético anual*:	89.023 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	217
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	598 t
Rendimiento energético específico*:	989 kWh/kWp		

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Emplazamiento: Francia / Brest

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -4 °C

Temperatura de diseño: 18 °C

Temperatura máxima: 30 °C

Subproyecto Subproyecto 1

2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	90,00 kWp
Cantidad total de módulos:	300
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos φ = 1) máx.:	51,00 kW
Potencia activa máx. de CA (cos φ = 1):	50,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	113 %
Factor de dimensionamiento:	90 %
Factor de desfase cos φ :	1
Horas de carga completa:	890,2 h



SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Generador FV 1

15 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	3	3	3
Módulos fotovoltaicos:	15	15	15
Potencia pico (de entrada):	13,50 kWp	13,50 kWp	13,50 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✓ 514 V	✓ 514 V	✓ 514 V
Tensión mín.:	478 V	478 V	478 V
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✓ 739 V	✓ 739 V	✓ 739 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	ⓘ 24,6 A	ⓘ 24,6 A	ⓘ 24,6 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✓ 26,5 A	✓ 26,5 A	✓ 26,5 A

	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1		
Módulos fotovoltaicos:	15		
Potencia pico (de entrada):	4,50 kWp	---	---
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	 514 V	---	---
Tensión mín.:	478 V	---	---
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	 739 V	---	---
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	 8,2 A	---	---
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	 8,8 A	---	---

Compatible con FV/inversor

Valores mensuales

Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	16.453 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	313.958 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	426.937 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	51.178 EUR
Tiempo de amortización estimado	6,3 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,097 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	15,90 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

24.360 EUR

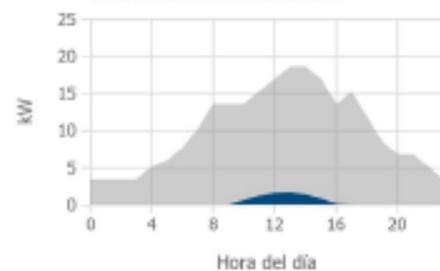
Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

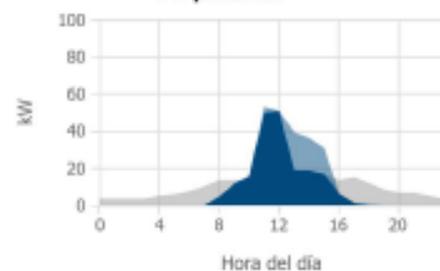
Con planta fotovoltaica el primer año

5.133 EUR

Día de menor rendimiento



Día promedio

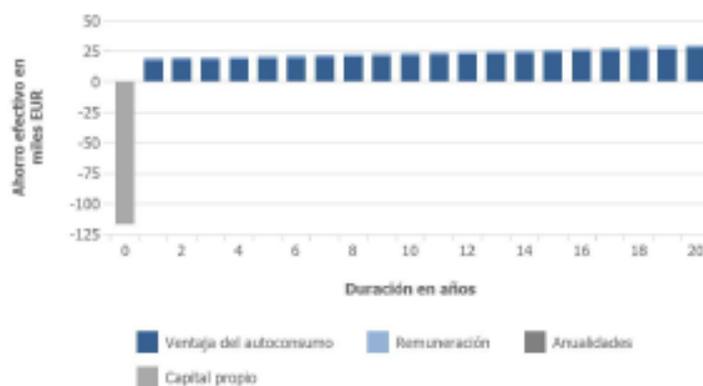


Día de mayor rendimiento

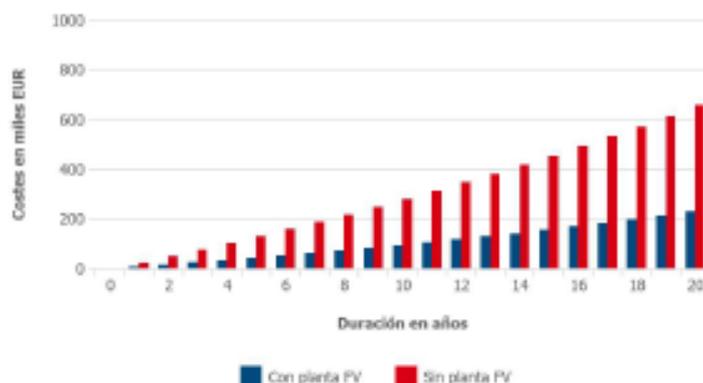


Consumo de energía
Energía fotovoltaica máx. disponible
Autoconsumo

Ahorro efectivo

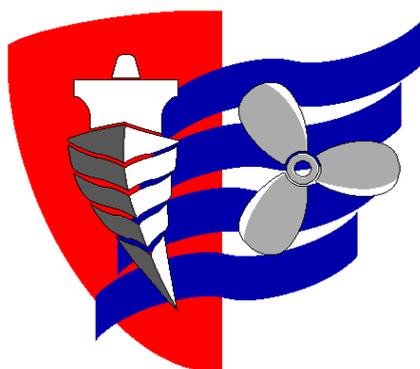


Comparación costes de energía acumulados



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO III

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Any Company
Any Street 21
54321 Any Town

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-Mail: info@any-company.de
Internet: www.any-company.de

Proyecto: Proyecto nuevo
Número del proyecto: ---

Emplazamiento: Bélgica / Brugge

Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema

300 x .SMA SMA Demo Poly 300W (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 90,00 kWp



2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	57.768 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	63,8 %
Rendimiento energético anual*:	84.995 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	194
Coefficiente de rendimiento*:	84,7 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	571 t
Rendimiento energético específico*:	944 kWh/kWp		

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Emplazamiento: Bélgica / Brugge

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -7 °C

Temperatura de diseño: 19 °C

Temperatura máxima: 29 °C

Subproyecto Subproyecto 1

2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	90,00 kWp
Cantidad total de módulos:	300
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos $\varphi = 1$) máx.:	51,00 kW
Potencia activa máx. de CA (cos $\varphi = 1$):	50,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	113 %
Factor de dimensionamiento:	90 %
Factor de desfase cos φ :	1
Horas de carga completa:	850,0 h



SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Generador FV 1

15 x .SMA SMA Demo Poly 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	3	3	3
Módulos fotovoltaicos:	15	15	15
Potencia pico (de entrada):	13,50 kWp	13,50 kWp	13,50 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✔ 512 V	✔ 512 V	✔ 512 V
Tensión mín.:	480 V	480 V	480 V
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✔ 745 V	✔ 745 V	✔ 745 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	ⓘ 23,9 A	ⓘ 23,9 A	ⓘ 23,9 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✔ 25,8 A	✔ 25,8 A	✔ 25,8 A

	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1		
Módulos fotovoltaicos:	15		
Potencia pico (de entrada):	4,50 kWp	---	---
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	 512 V	---	---
Tensión mín.:	480 V	---	---
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	 745 V	---	---
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	 8,0 A	---	---
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	 8,6 A	---	---

Compatible con FV/inversor

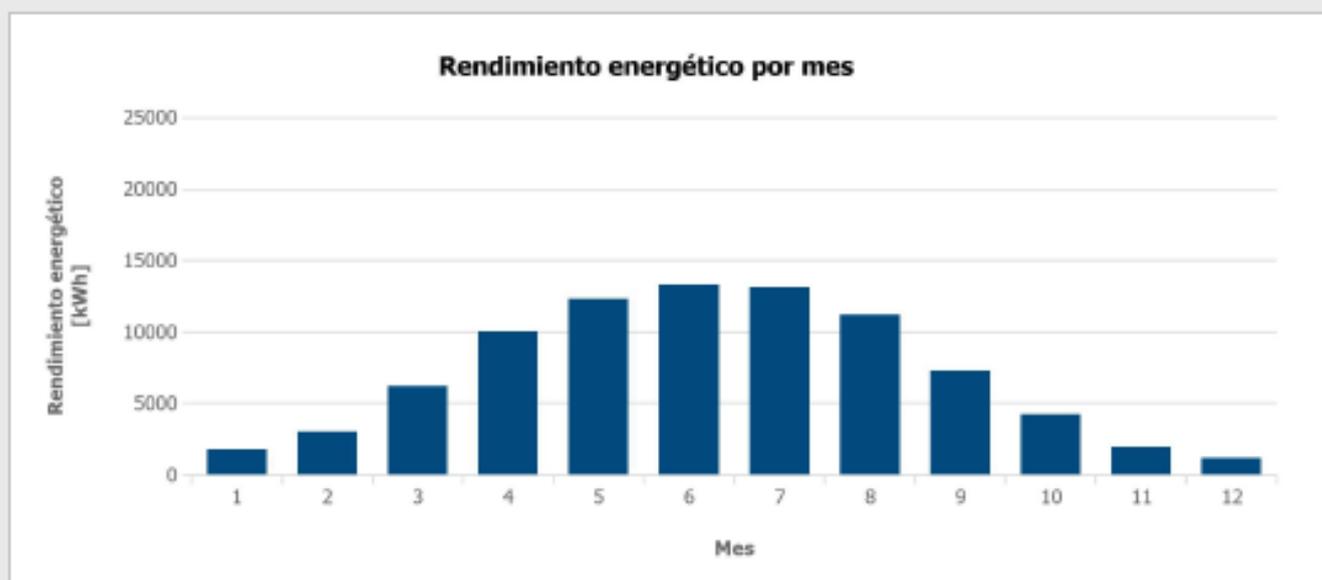
Valores mensuales

Proyecto: Proyecto nuevo

Emplazamiento: Bélgica / Brugge

Número del proyecto:

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	1762 (2,1 %)	1762	0	5637
2	2950 (3,5 %)	2907	43	3850
3	6134 (7,2 %)	5440	694	2212
4	9991 (11,8 %)	6633	3358	851
5	12231 (14,4 %)	7145	5086	583
6	13244 (15,6 %)	6726	6518	668
7	13021 (15,3 %)	7288	5734	374
8	11154 (13,1 %)	7260	3894	436
9	7236 (8,5 %)	5483	1753	1888
10	4179 (4,9 %)	4031	148	3494
11	1927 (2,3 %)	1927	0	5241
12	1166 (1,4 %)	1166	0	6223

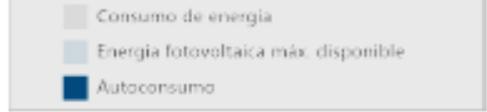
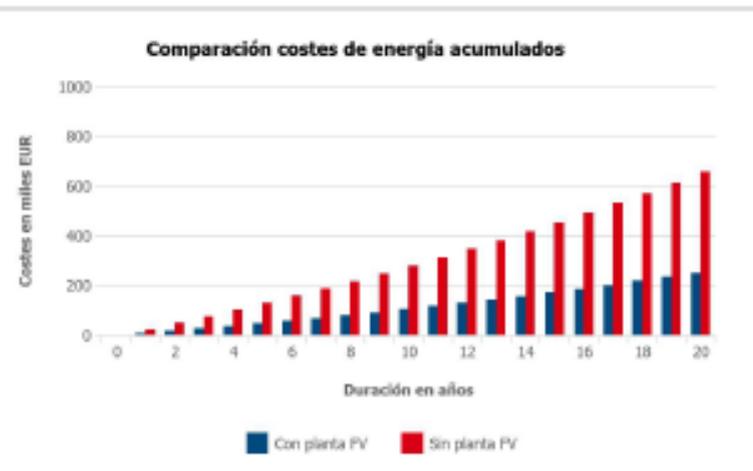
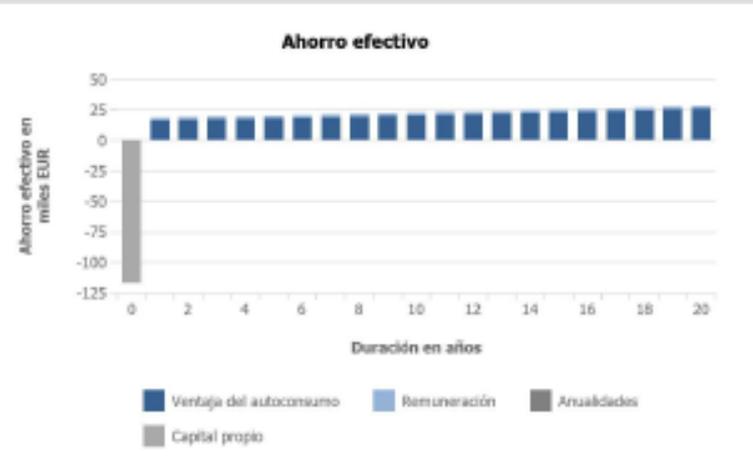
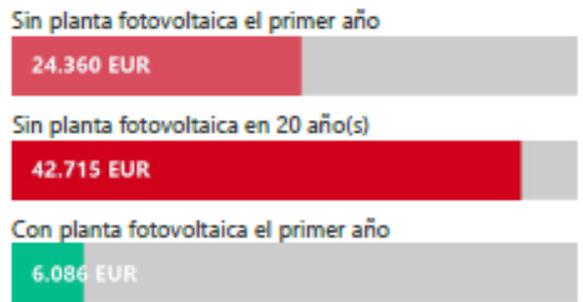
Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

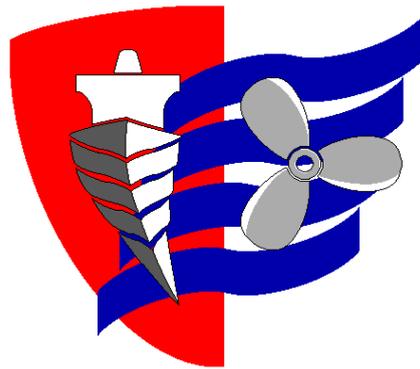
Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	15.552 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	289.809 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	403.729 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	50.237 EUR
Tiempo de amortización estimado	6,7 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,101 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	14,90 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Costes de la energía anuales



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO IV

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Any Company
Any Street 21
54321 Any Town

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-Mail: info@any-company.de
Internet: www.any-company.de

Proyecto: Proyecto nuevo
Número del proyecto: ---

Emplazamiento: Francia / Brest

Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema

300 x .SMA SMA Demo Mono 300W (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 90,00 kWp



2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	90,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	62.254 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	68,4 %
Relación de la potencia activa:	111,1 %	Cuota autárquica:	68,6 %
Rendimiento energético anual*:	90.951 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,3 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	221
Coefficiente de rendimiento*:	86,5 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	611 t
Rendimiento energético específico*:	1011 kWh/kWp		

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Emplazamiento: Francia / Brest

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -4 °C

Temperatura de diseño: 18 °C

Temperatura máxima: 30 °C

Subproyecto Subproyecto 1

2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	90,00 kWp
Cantidad total de módulos:	300
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos φ = 1) máx.:	51,00 kW
Potencia activa máx. de CA (cos φ = 1):	50,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	113 %
Factor de dimensionamiento:	90 %
Factor de desfase cos φ :	1
Horas de carga completa:	909,5 h



SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Mono 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Mono 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Mono 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Generador FV 1

15 x .SMA SMA Demo Mono 300W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	3	3	3
Módulos fotovoltaicos:	15	15	15
Potencia pico (de entrada):	13,50 kWp	13,50 kWp	13,50 kWp
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✔ 448 V	✔ 448 V	✔ 448 V
Tensión mín.:	415 V	415 V	415 V
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✔ 651 V	✔ 651 V	✔ 651 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	ⓘ 28,2 A	ⓘ 28,2 A	ⓘ 28,2 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✔ 29,4 A	✔ 29,4 A	✔ 29,4 A

	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1		
Módulos fotovoltaicos:	15		
Potencia pico (de entrada):	4,50 kWp	---	---
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	 448 V	---	---
Tensión mín.:	415 V	---	---
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	 651 V	---	---
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	 9,4 A	---	---
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	 9,8 A	---	---
Compatible con FV/inversor			

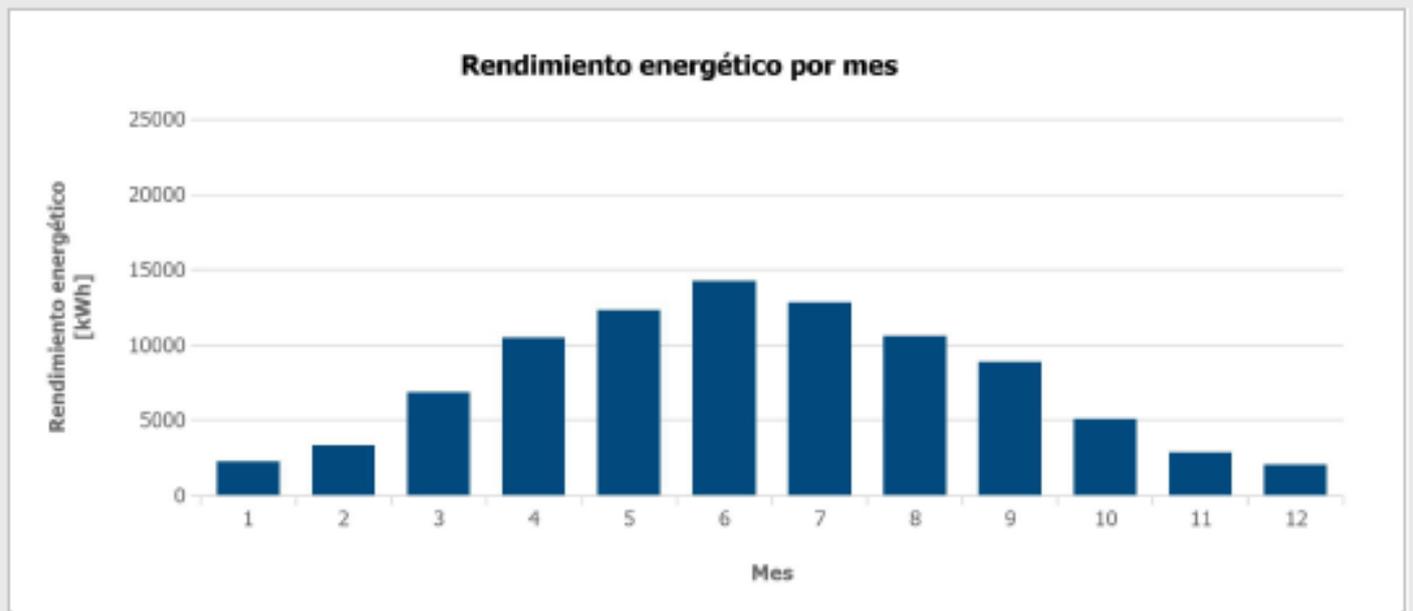
Valores mensuales

Proyecto: Proyecto nuevo

Emplazamiento: Francia / Brest

Número del proyecto:

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	2188 (2,4 %)	2188	0	5227
2	3302 (3,6 %)	3227	75	3535
3	6773 (7,4 %)	5473	1300	2190
4	10423 (11,5 %)	6712	3711	764
5	12220 (13,4 %)	7332	4888	388
6	14158 (15,6 %)	7289	6869	175
7	12752 (14,0 %)	7144	5608	504
8	10523 (11,6 %)	7235	3288	517
9	8796 (9,7 %)	6357	2439	1092
10	5017 (5,5 %)	4498	519	3091
11	2798 (3,1 %)	2798	0	4426
12	2000 (2,2 %)	2000	0	5401

Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	16.713 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	322.558 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	433.779 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	52.937 EUR
Tiempo de amortización estimado	6,2 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,095 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	16,30 %
Inversión total	117.000,00 EUR

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

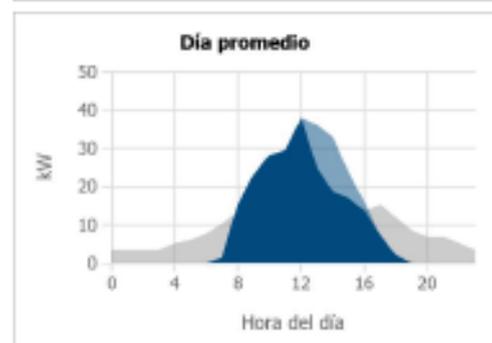
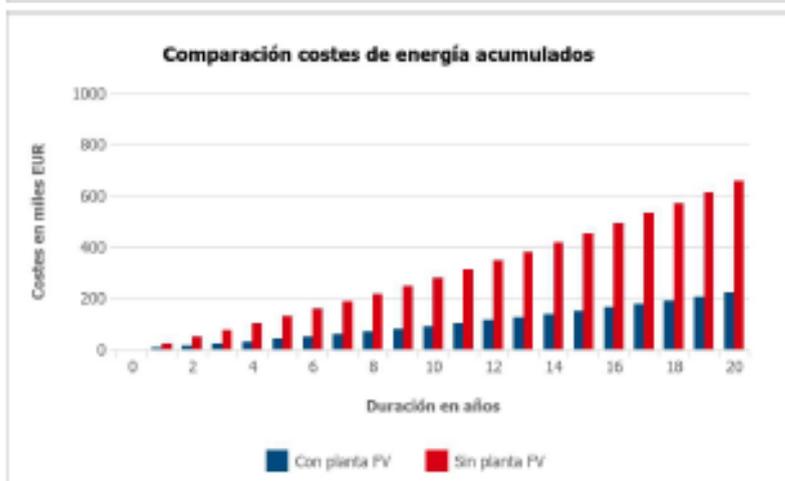
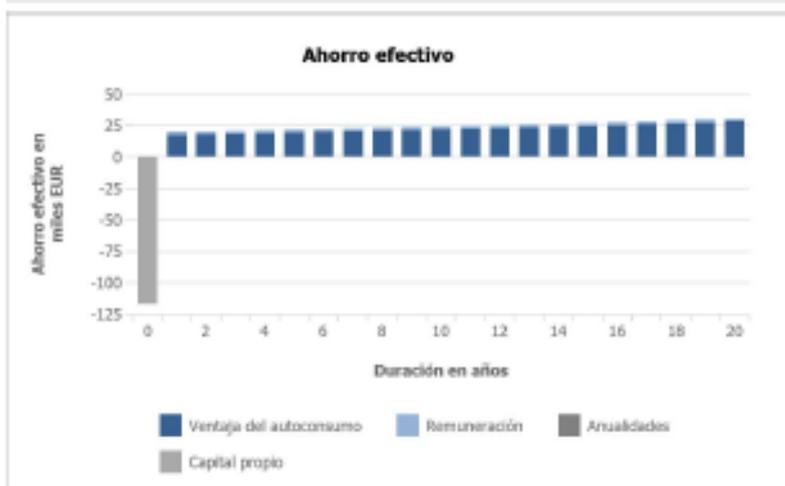
24.360 EUR

Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

Con planta fotovoltaica el primer año

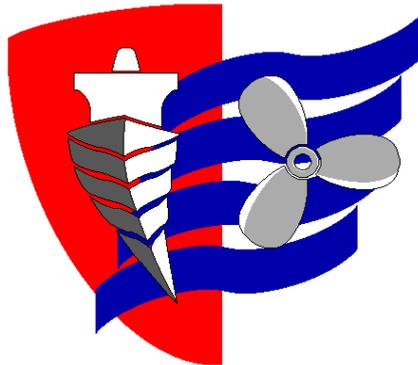
4.778 EUR



■ Consumo de energía
■ Energía fotovoltaica máx. disponible
■ Autoconsumo

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO V

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

Any Company
Any Street 21
54321 Any Town

Tel.: +49 123 456-0
Fax: +49 123 456-100
E-Mail: info@any-company.de
Internet: www.any-company.de

Proyecto: Proyecto nuevo
Número del proyecto: ---

Emplazamiento: Francia / Brest

Tensión de red: 230V (230V / 400V)

Vista general del sistema

300 x .SMA SMA Demo Poly 240W (Generador FV 1)

Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo, Potencia pico: 72,00 kWp



2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Cantidad total de módulos:	300	Pérdidas de línea (% de la energía):	---
Potencia pico:	72,00 kWp	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Número de inversores fotovoltaicos:	2	Consumo de energía anual:	87.000 kWh
Potencia nominal de CA de los inversores fotovoltaicos:	100,00 kW	Autoconsumo:	56.750 kWh
Potencia activa de CA:	100,00 kW	Cuota de autoconsumo:	78,2 %
Relación de la potencia activa:	138,9 %	Cuota autárquica:	62,9 %
Rendimiento energético anual*:	72.560 kWh	Capacidad nominal total:	67,00 kWh
Factor de aprovecham. de energía:	99,9 %	Flujos anuales de capacidad nominal de la batería:	185
Coefficiente de rendimiento*:	86,3 %	Reducción de CO ₂ al cabo de 20 año(s):	487 t
Rendimiento energético específico*:	1008 kWh/kWp		

Firma

*Importante: Los valores de rendimiento que se muestran constituyen solo una estimación y se generan de forma matemática. SMA Solar Technology AG no asume la responsabilidad del valor real del rendimiento, que puede diferir de los valores aquí mostrados debido a circunstancias externas como por ejemplo, módulos sucios o variaciones en su rendimiento.

Diseños de los inversores

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Emplazamiento: Francia / Brest

Temperatura ambiente:

Temperatura mínima: -4 °C

Temperatura de diseño: 18 °C

Temperatura máxima: 30 °C

Subproyecto Subproyecto 1

2 x SMA STP 50-40/41 (CORE1) (Parte de la planta 1)

Potencia pico:	72,00 kWp
Cantidad total de módulos:	300
Número de inversores fotovoltaicos:	2
Potencia de CC (cos φ = 1) máx.:	51,00 kW
Potencia activa máx. de CA (cos φ = 1):	50,00 kW
Tensión de red:	230V (230V / 400V)
Ratio de potencia nominal:	142 %
Factor de dimensionamiento:	72 %
Factor de desfase cos φ :	1
Horas de carga completa:	725,6 h



SMA STP 50-40/41 (CORE1)

Datos de diseño fotovoltaicos

Entrada A: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 240W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada B: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 240W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada C: Generador FV 1

45 x .SMA SMA Demo Poly 240W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

Entrada D: Generador FV 1

15 x .SMA SMA Demo Poly 240W, Acimut: 0 °, Inclinación: 0 °, Tipo de montaje: Techo

	Entrada A:	Entrada B:	Entrada C:
Número de strings:	3	3	3
Módulos fotovoltaicos:	15	15	15
Potencia pico (de entrada):	10,80 kWp	10,80 kWp	10,80 kWp
Tensión de CC mín. INVERTOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	✔ 415 V	✔ 415 V	✔ 415 V
Tensión mín.:	384 V	384 V	384 V
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	✔ 604 V	✔ 604 V	✔ 604 V
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	ⓘ 24,3 A	ⓘ 24,3 A	ⓘ 24,3 A
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	✔ 25,4 A	✔ 25,4 A	✔ 25,4 A

	Entrada D:	Entrada E:	Entrada F:
Número de strings:	1		
Módulos fotovoltaicos:	15		
Potencia pico (de entrada):	3,60 kWp	---	---
Tensión de CC mín. INVERSOR (Tensión de red 230 V):	150 V	150 V	150 V
Tensión fotovoltaica normal:	 415 V	---	---
Tensión mín.:	384 V	---	---
Tensión de CC (Módulo fotovoltaico): máx.	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión fotovoltaica máx.	 604 V	---	---
Corriente de entrada máx. por entrada de regulación del MPP:	20 A	20 A	20 A
Corriente máx. del generador:	 8,1 A	---	---
Corriente de cortocircuito máx. por entrada de regulación del MPP:	30 A	30 A	30 A
Corriente máx. de cortocircuito FV	 8,5 A	---	---

Generador FV/inversor comp. bajo ciertas cond.

El generador y el tipo de inversor solo son compatibles en determinados casos, pues el inversor está sobredimensionado para esta combinación es (> 135 %).

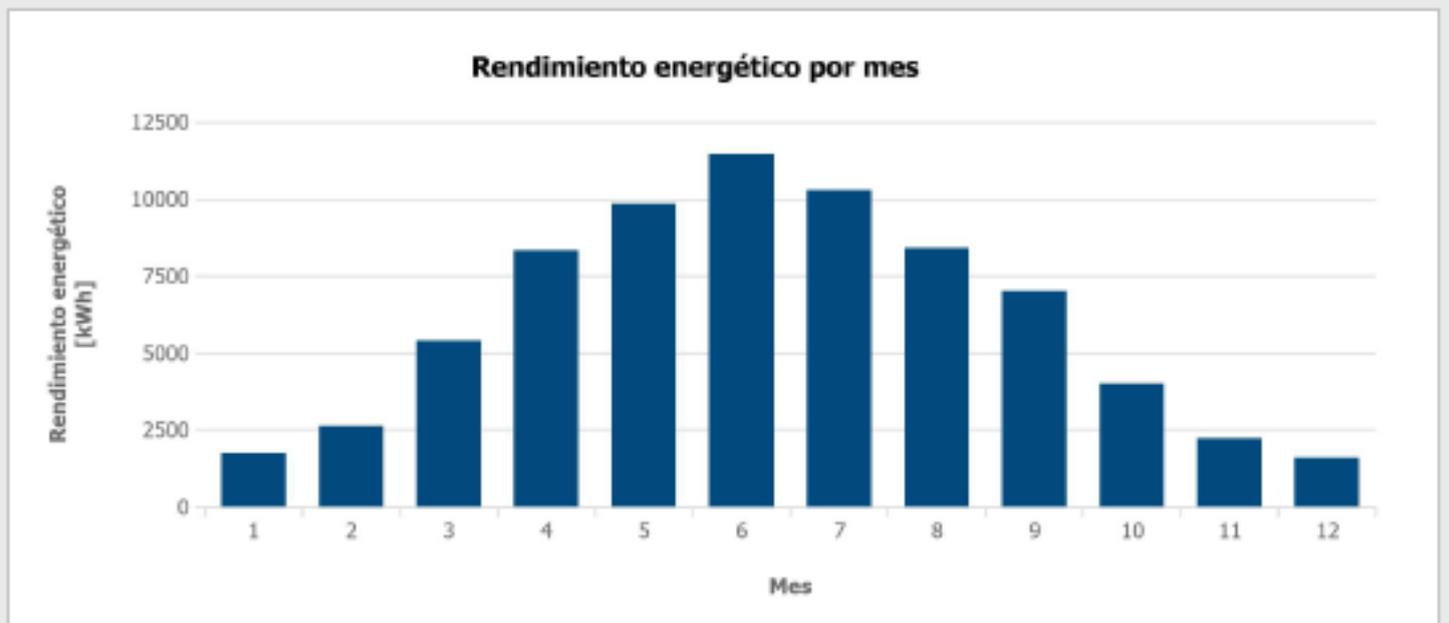
Valores mensuales

Proyecto: Proyecto nuevo

Emplazamiento: Francia / Brest

Número del proyecto:

Diagrama



Tabla

Mes	Rendimiento energético [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Inyección a la red [kWh]	Toma de red [kWh]
1	1723 (2,4 %)	1723	0	5672
2	2608 (3,6 %)	2608	0	4104
3	5366 (7,4 %)	4902	464	2686
4	8299 (11,4 %)	6229	2070	1181
5	9803 (13,5 %)	6972	2831	733
6	11414 (15,7 %)	7084	4330	358
7	10236 (14,1 %)	6911	3326	726
8	8376 (11,5 %)	6777	1598	923
9	6982 (9,6 %)	5923	1059	1464
10	3970 (5,5 %)	3838	132	3680
11	2208 (3,0 %)	2208	0	4970
12	1574 (2,2 %)	1574	0	5816

Análisis de la rentabilidad

Proyecto: Proyecto nuevo

Número del proyecto:

Detalles	
Costes de la energía ahorrados en el primer año	15.313 EUR
Ahorro total al cabo de 20 año(s)	292.980 EUR
Costes de la energía ahorrados pasados 20 año(s)	395.286 EUR
Remuneración al cabo de 20 año(s)	29.020 EUR
Tiempo de amortización estimado	5,7 a
Costes de producción de electricidad en 20 año(s)	0,095 EUR/kWh
Rentabilidad anual (TIR)	17,90 %
Inversión total	93.600,00 EUR

Costes de la energía anuales

Sin planta fotovoltaica el primer año

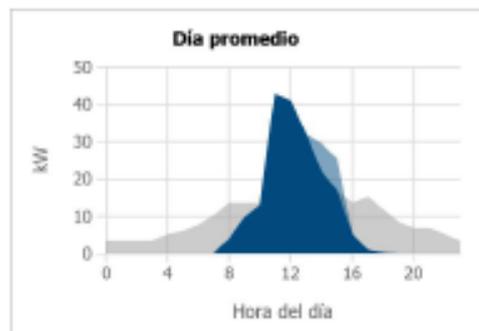
24.360 EUR

Sin planta fotovoltaica en 20 año(s)

42.715 EUR

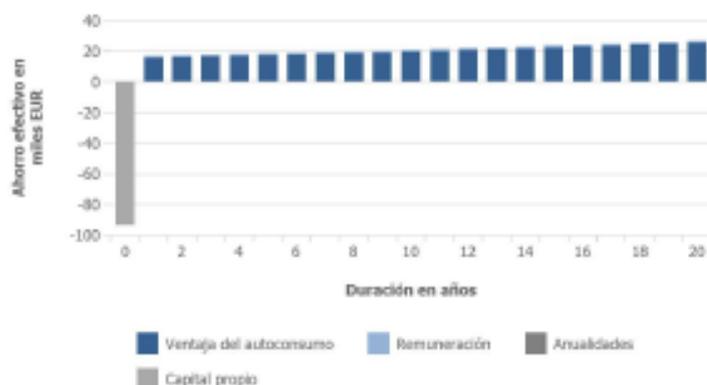
Con planta fotovoltaica el primer año

7.467 EUR

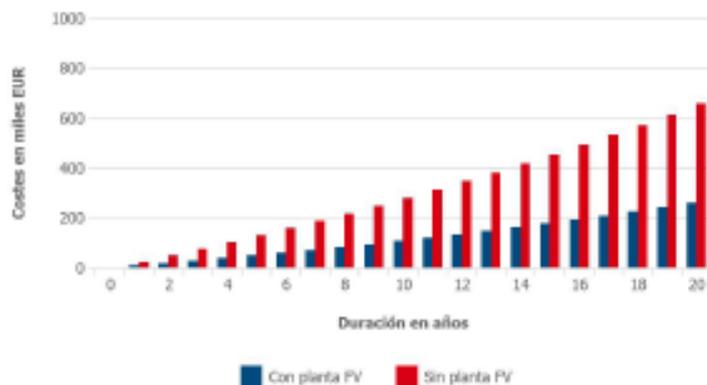


Consumo de energía
Energía fotovoltaica máx. disponible
Autoconsumo

Ahorro efectivo

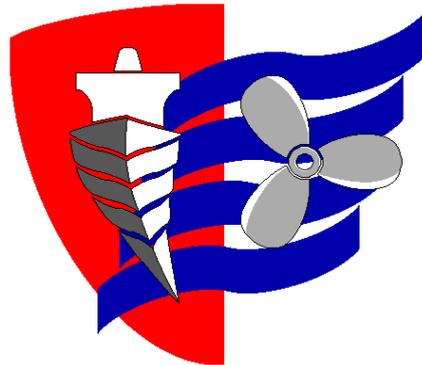


Comparación costes de energía acumulados



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO VI

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JULIO – 2021

SUNNY TRIPOWER CORE1

STP 50-40



STP 50-40



World's first free standing inverter

Up to 60 % faster installation for commercial PV systems

Cost-Effective

- Floor-mounted device easy to install
- No DC fuses required
- Integrated DC disconnect

Highly Integrated

- Integrated Wi-Fi access with any mobile device
- 12 direct string inputs reduce labor and material costs
- AC/DC overvoltage protection (optional)

Fastest Installation

- Fast grid connection due to easy inverter configuration and commissioning
- Completely accessible connection areas

Maximum Yields

- Up to 150% DC:AC ratio
- Yield increase without installation effort due to integrated shade management SMA ShadeFix

SUNNY TRIPOWER CORE1

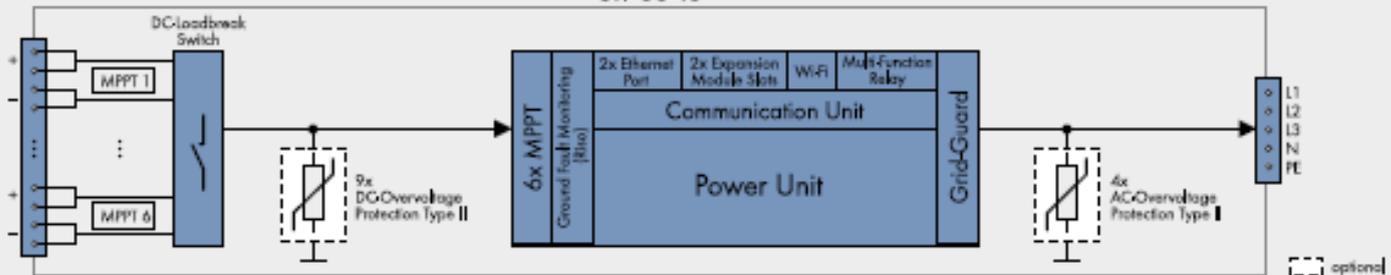
Stands on its own

The Sunny Tripower CORE1 is the world's first free-standing string inverter for decentralized rooftop and ground-based PV systems as well as covered parking spaces. The CORE1 is the third generation in the successful Sunny Tripower product family and is revolutionizing the world of commercial inverters with its innovative design. SMA engineers developed an inverter that combines a unique design with an innovative installation method to significantly reduce installation time and provide all target groups with a maximum return on investment.

From delivery and installation to operation, the Sunny Tripower CORE1 generates widespread savings in logistics, labor, materials and services. Commercial PV installations are now quicker and easier to complete than ever before.

BLOCK DIAGRAM

STP 50-40



Technical Data

Input (DC)

Max. generator power	75000 Wp STC
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	500 V to 800 V / 670 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V
Max. operating input current / per MPPT	120 A / 20 A
Max. short circuit current per MPPT / per string input	30A / 30A
Number of independent MPPT inputs / strings per MPP input	6 / 2

Output (AC)

Rated power (at 230 V, 50 Hz)	50000 W
Max. apparent AC power	50000 VA
AC nominal voltage	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V
AC voltage range	202 V to 305 V
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current / Rated output current	72.5 A / 72.5 A
Output phases / AC connection	3 / 3-(N)-PE
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0.0 leading to 0.0 lagging
THD	< 3%

Protective devices

Inputs-side disconnection device	•
Ground fault monitoring / grid monitoring	• / •
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	• / • / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	•
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	1 / AC: III; DC: II
AC/DC surge arrester (type 2, type 1/2)	○

Sunny Tripower CORE1

Technical Data

Efficiency

Max. efficiency / European efficiency	98.1% / 97.8%
---------------------------------------	---------------

General data

Dimensions (W/H/D) without feet or DC load break switch	569 mm / 733 mm / 621 mm (22.4 in / 28.8 in / 24.4 in)
Weight	84 kg (185 lb)
Operating temperature range	-25°C to +60°C [-13°F to +140°F]
Noise emission (typical)	< 65 dB(A)
Self-consumption (at night)	4.8 W
Topology / Cooling concept	Transformerless / OptiCool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%

Features / functions / accessories

DC connection / AC connection	SUNCLIX / screw terminal
Mounting feet	•
LED indicators (status / fault / communication)	•
LC display	○
Interface: Ethernet / WLAN / RS485	• (2 ports) / • / ○
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	• / • / •
Multi-Function relay / Expansion Module Slots	• / • (2 ports)
Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	• / • / •
Off-grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	• / •
Guarantee: 5/10/15/20 years	• / ○ / ○ / ○
Certificates and permits (more available on request)	•

* Does not apply to all national appendices of EN 50438

• Standard features ○ Optional - Not available
Data at nominal conditions - status: 02/2020

Type designation

Sunny Tripower CORE1

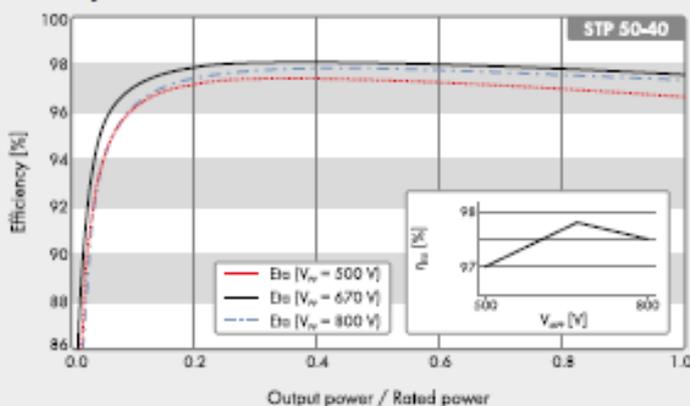
Max. efficiency / European efficiency	98.1% / 97.8%
Dimensions (W/H/D) without feet or DC load break switch	569 mm / 733 mm / 621 mm (22.4 in / 28.8 in / 24.4 in)
Weight	84 kg (185 lb)
Operating temperature range	-25°C to +60°C [-13°F to +140°F]
Noise emission (typical)	< 65 dB(A)
Self-consumption (at night)	4.8 W
Topology / Cooling concept	Transformerless / OptiCool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%

DC connection / AC connection	SUNCLIX / screw terminal
Mounting feet	•
LED indicators (status / fault / communication)	•
LC display	○
Interface: Ethernet / WLAN / RS485	• (2 ports) / • / ○
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	• / • / •
Multi-Function relay / Expansion Module Slots	• / • (2 ports)
Shade management SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	• / • / •
Off-grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	• / •
Guarantee: 5/10/15/20 years	• / ○ / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDFW 2008, C10/11-2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-3-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2016, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-3-1, PSA 2016, PFC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7-2013, SI4777, TOE D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2014, PO.12.3, NTC0-NTC05, OC 8.9/H, PR20, DEWA

Type designation

Efficiency Curve

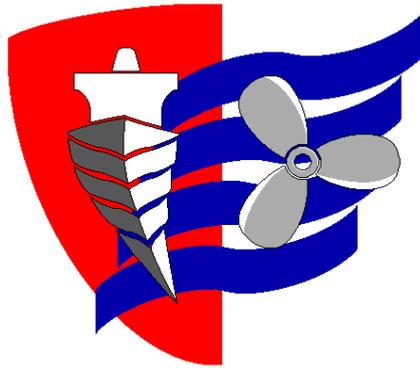


Accessories

	SMA Sensor Module MD.SEN-40		SMA IO-Module MD.IO-40
	SMA RS485 Module MD.485-40		Universal Mounting System UMS_KIT-10
	AC Surge Protection Module K3 type 2, type 1/2 AC_SPD_K31-10, AC_SPD_KIT2_T1T2		DC Surge Protection Module K3 type 2, type 1/2 DC_SPD_K34-10, DC_SPD_KIT5_T1T2

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

ANEXO VII

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021

SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0H / 8.0H

PARA APLICACIONES CONECTADAS A RED Y PARA SISTEMAS AISLADOS



S14.4M-12 / S16.0H-12 / S18.0H-12



Ahora con comunicación
WLAN incluida

Comunicativo

- Comunicación mediante ethernet y WLAN
- Webconnect
- Registro de datos optimizado

Fiable

- 10 años de garantía
- Una gran capacidad de sobrecarga
- IP54 para un funcionamiento fiable en condiciones extremas

Flexible

- Para sistemas de autoconsumo, sistemas eléctricos de repuesto y sistemas aislados
- Integrable y ampliable de forma modular en sistemas monofásicos y trifásicos

- Compatible con todas las las baterías de plomo y más de 20 baterías de iones de litio diferentes

SUNNY ISLAND 4.4M / 6.0H / 8.0H

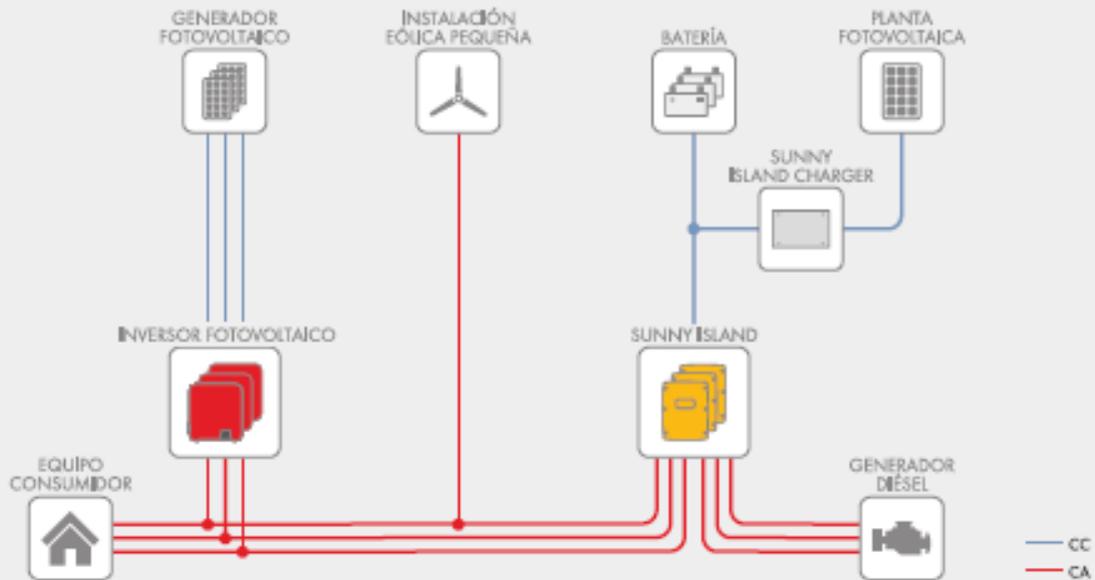
La solución más fiable para todas las necesidades: más sencillo que nunca

En regiones alejadas de la red o en la red pública en propiedades privadas: el inversor de batería Sunny Island es la mejor solución tanto en instalaciones conectadas a la red como aisladas. Los usuarios se benefician de la experiencia de los más de 70.000 Sunny Island instalados en todo el mundo. Gracias a la interfaz web integrada y a las interfaces estándar WLAN y ethernet, el Sunny Island 4.4M/6.0H/8.0H puede configurarse y monitorizarse fácilmente a través de Smartphone o de tablet. Como elemento clave del SMA Flexible Storage System, el Sunny Island almacena temporalmente la corriente auto-generada y permite utilizar la corriente fotovoltaica en cualquier momento del día.

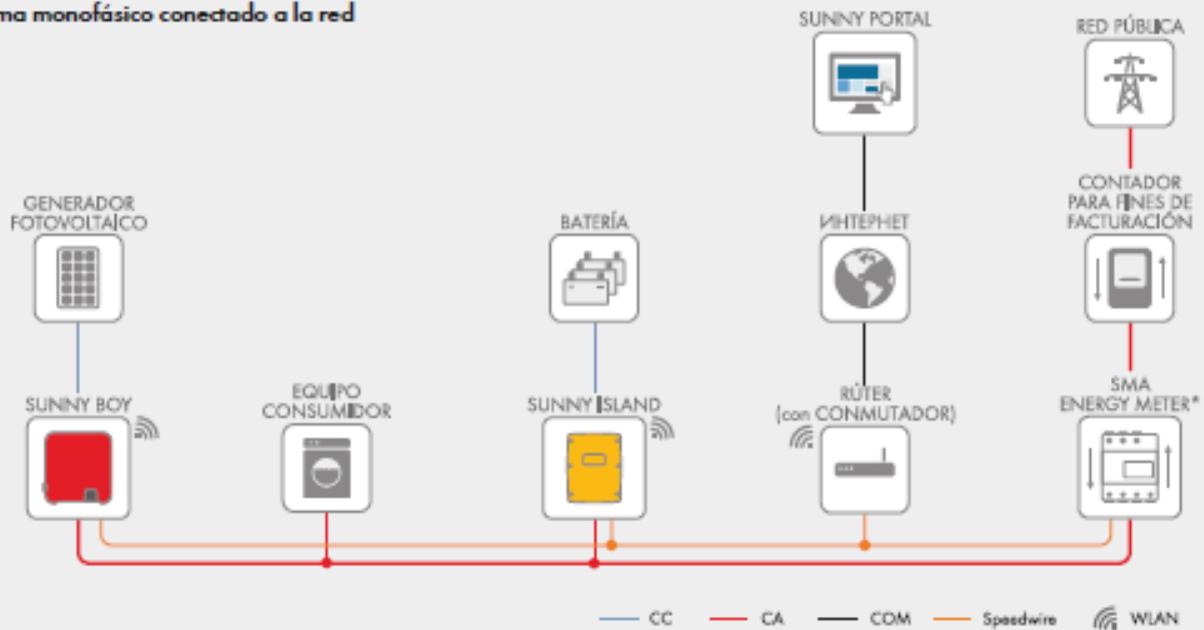
Su alta clase de protección, su amplia gama de temperaturas y su excepcional capacidad de sobrecarga garantizan siempre la seguridad necesaria. La gestión inteligente de la carga y de la energía asegura el funcionamiento también en situaciones críticas.

El Sunny Island es la solución más fiable y fácil para todas las necesidades e incluye una garantía de 10 años.

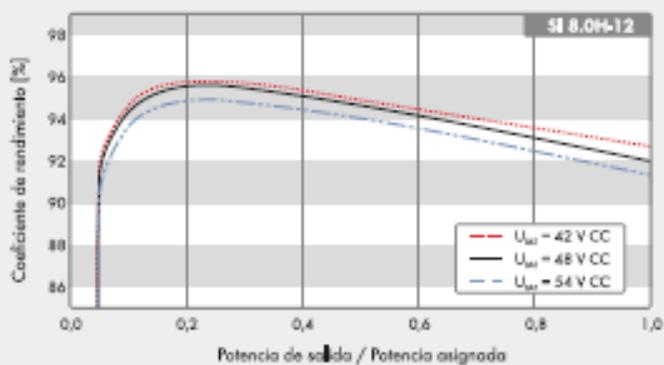
Sistema aislado trifásico



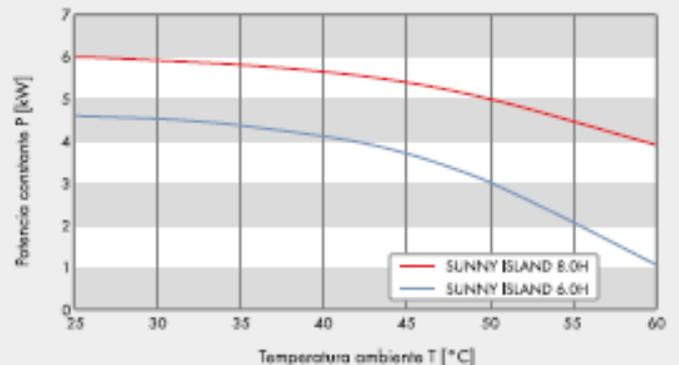
Sistema monofásico conectado a la red



Curva de rendimiento



Curva característica potencia/temperatura

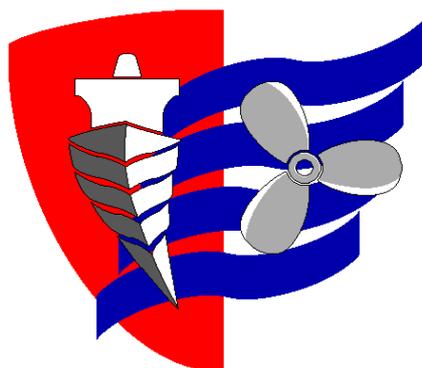


Datos técnicos	Sunny Island 4.4M	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
Funcionamiento en la red pública o generador fotovoltaico			
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/De 172,5 V a 264,5 V		
Frecuencia asignada de red/Rango de frecuencia admisible	50 Hz/De 40 Hz a 70 Hz		
Corriente alterna máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	14,5 A	20 A	26 A
Potencia de CA máx. para optimizar el autoconsumo (funcionamiento de red)	3,3 kVA	4,6 kVA	6 kVA
Corriente máxima de entrada de CA	50 A	50 A	50 A
Potencia máxima de entrada CA	11 500 W	11 500 W	11 500 W
Funcionamiento en red aislada o como sistema de respaldo			
Tensión asignada de red/Rango de tensión de CA	230 V/De 202 V a 253 V		
Frecuencia nominal/Rango de frecuencia (ajustable)	50 Hz/De 45 Hz a 65 Hz		
Potencia asignada (a Unom, fnom/25 °C/cos φ = 1)	3300 W	4600 W	6000 W
Potencia de CA a 25 °C durante 30 min/5 min/3 s	4400 W/4600 W/5500 W	6000 W/6800 W/11 000 W	8000 W/9100 W/11 000 W
Potencia de CA a 45 °C	3000 W	3700 W	5430 W
Corriente asignada/Corriente de salida máxima (pico)	14,5 A/60 A	20 A/120 A	26 A/120 A
Coefficiente de distorsión de la tensión de salida/Factor de potencia con potencia asignada	<5 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -1 a +1	<1,5 % /De -1 a +1
Batería de entrada de CC			
Tensión asignada de entrada/Rango de tensión CC	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V	48 V/De 41 V a 63 V
Corriente de carga máx. de la batería/de carga asignada de CC/de descarga asignada de CC	75 A/63 A/75 A	110 A/90 A/103 A	140 A/115 A/130 A
Tipo de batería/Capacidad de la batería (rango)	Iones litio ¹⁾ , FLA, VRLA/ De 100 Ah a 10000 Ah (plomo) De 50 Ah a 10000 Ah (iones litio)		
Regulación de carga	Procedimiento de carga IUoU con carga completa y de compensación automáticas		
Rendimiento/Autoconsumo del equipo			
Rendimiento máximo	95,5 %	95,8 %	95,8 %
Consumo sin carga/En espera	18 W/6,8 W	25,8 W/6,5 W	25,8 W/6,5 W
Dispositivo de protección (equipo)			
Cortocircuito de CA/Sobrecarga de CA	● / ●		
Protección contra polarización inversa de CC/Fusible de CC	- / -		
Sobretemperatura/Descarga total de la batería	● / ●		
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III		
Datos generales			
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	467 mm/612 mm/242 mm (18,4 inch/21,1 inch/9,5 inch)		
Peso	44 kg (97 lb)	63 kg (138,9 lb)	63 kg (138,9 lb)
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)		
Clase de protección según IEC 62103	I		
Clase climática según IEC 60721	3K6		
Tipo de protección según IEC 60529	IP54		

Equipamiento/Función			
WLAN, Speedwire/Webconnect/SI-SYSCAN (multiclúster)	● / ● / -	● / ● / ○	● / ● / ○
Tarjeta de almacenamiento micro SD para un registro de datos ampliado		○	
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil/Relé multifunción		● / 2	
Sistemas trifásicos (con campo giratorio)/Función de alimentación de repuesto		● / ●	
Cálculo del nivel de carga/Carga completa/Carga de compensación		● / ● / ●	
Sensor de temperatura de la batería/Cables de datos		○ / ●	
Certificados y autorizaciones		www.SMA-Solar.com	
Color de la cubierta amarillo/aluminio blanco		○ / ○	
Garantía 5/10 años		● / ● ³⁾	
Para sistemas aislados			
Detección automática de campo giratorio/Asistencia de generador		● / ●	
Conexión en paralelo/Multiclúster	- / -	● / ●	● / ●
Arranque suave integrado		●	
Accesorios			
Para sistemas aislados			
Fusible de batería ²⁾		○	
Sunny Island Charger SIC50-MPT ²⁾ / SMA Cluster Controller		○ / ○	
Para aplicaciones conectadas a la red			
Sunny Home Manager/SMA Energy Meter/Equipo de conmutación para corriente de repuesto ²⁾		○ / ○ / ○	
<p>● Equipamiento de serie ○ Opcional - No disponible</p> <p>1) Consulte la "Lista de baterías de iones de litio homologadas" en www.SMA-Solar.com</p> <p>2) De proveedor externo</p> <p>3) Si se registra a través de la ficha informativa adjunta</p> <p>Todas las especificaciones actualizadas a julio de 2017</p>			
Modelo comercial	SI4.4M-12	SI6.0H-12	SI8.0H-12

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CAPITULO VI: REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS**

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARÍTIMA

JUNIO – 2021



11.0.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11.1. Páginas Web

[1] Autosolar (30 de marzo al 17 de abril de 2021). Online. Disponible en: www.autosolar.com

[2] Ieeeexplore (17 de mayo de 2021) *Photovoltaic system*. Online. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/>

[3] Atersa (10 de mayo de 2021) *Elecnor*. Online. Disponible en: www.atersa.shop

[4] SMA (20 de mayo de 2021) Manual STPD50-40-DS. Papel

[5] Asme (29 de marzo de 2021) *American Society of Mechanical Engineers*. Online. Disponible en: www.asme.org

[6] Suministros del sol (18 de mayo al 22 de mayo de 2021) Tienda de energía solar. Online. Disponible en: www.suministrodelsol.com

[7] Ucrea. (17 de marzo al 27 de mayo de 2021) Repositorio unican. Online. Disponible en: www.ucrea.com

[8] Sunceco (15 de mayo al 20 de mayo de 2021) Manual inversor. Online. Disponible en: www.sunceco.com

[9] Nrel (17 de marzo al 23 de marzo de 2021) *National Renewable Energy Laboratory*. Online. Disponible en: www.nrel.gov

[10] Energy gov (15 de abril al 18 de abril de 2021) *Creating Clean Energy Union Jobs*. Online. Disponible en: www.energy.gov



[11] Marine traffic (20 de abril de 2021) *Autosun vessel*. Online. Disponible en: www.marinetraffic.com

[12] Science direct (24 de abril al 17 de mayo de 2021) *Engineering photovoltaic solar panel*. Online. Disponible en: www.sciencedirect.com

[13] Science NASA (23 de marzo al 1 de abril de 2021) *Science news solarcells*. Online. Disponible en: <https://science.nasa.gov>

[14] The conversation (30 de marzo al 5 de abril de 2021) *Photovoltaic solar energy*. Online. Disponible en: <https://theconversation.com>

[15] Solar guide (3 de abril al 14 de abril de 2021) Online. Disponible en: <https://www.solarguide.co.uk/solar-pv>

[16] Energy saving trust (15 de abril al 22 de abril de 2021) Online. Disponible en: <https://energysavingtrust.org.uk/advice/solar-panels>

[17] Solar energy technology (22 de abril al 24 de abril de 2021) *Photovoltaic panel*. Online. Disponible en: www.solar-energy.technology.com

[18] SOLAS, consolidated edition 2014: consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates. London International Maritime Organization. Papel

[19] Editorial: Volodymyr Vasylyv. *Energía Solar Autónoma*. Autor: Fred Connor. Papel

[20] *Solar Electricity Handbook*. Autor: Michael Boxwell. Papel

[21] *Solar Photovoltaic Power Generation*. Autor: Jinhuan Yang. Papel



[22] Sunny design. SMA. (28 de abril al 27 de mayo de 2021) Online. Disponible en: www.sma.de

[23] Google Maps. (27 de abril de 2021) Online. Disponible en: www.googlemaps.es

11.2. Software

Software Microsoft Visio

Software Microsoft Excel

Software Microsoft Word

Software AutoCad 2015

Sunny Design

PVGIS



AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.