



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica
de 30 kWp conectada a red sobre la cubierta de una nave
industrial dedicada al reciclaje de palets en el polígono de
Ribarroja (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de la Energía

AUTOR/A: Salvador Mañés, Jesús

Tutor/a: Montuori, Lina

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

RESUMEN

El objeto de este trabajo es el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica conectada a la red y el análisis de su viabilidad económica. La instalación se realizará sobre la cubierta de una nave industrial que se encuentra en el término municipal de Ribarroja (Valencia). Esta pertenece a una empresa que se dedica al tratamiento de residuos, en concreto al reciclaje de pallets. El diseño de la instalación incluirá la determinación de la potencia pico a instalar mediante el análisis de distintos casos de estudio, la selección de los paneles solares y del inversor, así como el dimensionado de las canalizaciones eléctricas y elementos de protección. Una vez diseñada la instalación, se realizará una simulación de la producción energética con el objetivo de comparar ésta con la demanda. En base a ello, se analizará el rendimiento energético de la instalación y se realizará un estudio económico para determinar su viabilidad.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

RESUM

L'objecte d'aquest treball és el dimensionament d'una instal·lació fotovoltaica connectada a la xarxa i l'anàlisi de la seua viabilitat econòmica. La instal·lació es realitzarà sobre la coberta d'una nau industrial que es troba en el terme municipal de Riba-roja de Túria (València). Aquesta pertany a una empresa que es dedica al tractament de residus, en concret al reciclatge de pallets. El disseny de la instal·lació inclourà la determinació de la potència pique a instal·lar mitjançant l'anàlisi de diferents casos d'estudi, la selecció dels panells solars i de l'inversor, així com el dimensionament de les canalitzacions elèctriques i elements de protecció. Una vegada dissenyada la instal·lació, es realitzarà una simulació de la producció energètica amb l'objectiu de comparar aquesta amb la demanda. Sobre la base d'això, s'analitzarà el rendiment energètic de la instal·lació i es realitzarà un estudi econòmic per a determinar la seua viabilitat.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

ABSTRACT

The purpose of this project is the sizing of a grid-connected photovoltaic system and the analysis of its economic viability. The PV system will be carried out on the roof of an industrial building located in Ribarroja (Valencia). This building belongs to a company dedicated to waste treatment, specifically to the recycling of pallets. The design of the system will include the determination of the optimum power to be installed through the analysis of different case studies, the selection of the solar panels and the inverter, as well as the sizing of the electrical wiring and protection elements. Once the PV system has been designed, a simulation of the energy production will be carried out in order to compare it with the demand. Based on this, the energy yield of the system will be analyzed and an economic study will be carried out to determine its viability.

ÍNDICE

Documento 1: Memoria	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. ANTECEDENTES	10
1.2. OBJETIVO	10
1.3. ALCANCE DEL TRABAJO	11
1.4. NORMATIVA	11
2. EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA	13
2.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	13
2.1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	13
2.2. CONTEXTO Y EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA	15
2.3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. COMPONENTES	16
2.3.1. Módulo fotovoltaico.....	16
2.3.2. Estructura.....	17
2.3.3. Inversor.....	18
2.3.4. Otros.....	18
2.4. TIPOLOGÍA DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	19
3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	22
3.1. HERRAMIENTAS DE APOYO EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS	23
4. CASO DE ESTUDIO	24
4.1. PALEPLAST S.L.....	24
4.2. LOCALIZACIÓN.....	24
4.2.1. RECURSO SOLAR DEL EMPLAZAMIENTO.....	25
4.2.2. ESTUDIO Y MODELADO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EMPRESA.....	26
5. DESARROLLO TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA.....	31
5.1. MODALIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	31
5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN	31
5.2.1. OPTIMIZACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR.....	31
5.3. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS COMPONENTES	37
5.3.1. MÓDULO O GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	37
5.3.2. INVERSOR	38
5.3.3. ESTRUCTURA	40
5.3.4. CABLEADO	44
5.3.5. PROTECCIONES.....	50
5.4. DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	51
5.4.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	51

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

5.4.2. STRINGS.....	51
6. ANÁLISIS ENERGÉTICO	57
6.1. ESTUDIO DE GENERACIÓN. SIMULACIÓN CON SYSTEM ADVISOR MODEL.....	57
6.1.1. AHORRO ENERGÉTICO.....	59
6.1.2. GENERACIÓN EXCEDENTE	60
7. ANÁLISIS ECONÓMICO. VIABILIDAD DE LA INVERSIÓN	62
7.1. AHORRO ECONÓMICO.	62
7.2. COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA DE EXCEDENTES.....	63
7.3. INDICADORES ECONÓMICOS	65
7.4. ANALISIS DE VIABILIDA ECONOMICA	66
8. CONCLUSIONES	69
9. BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXO 1: FICHAS TÉCNICAS	71
Documento 2: Presupuesto.....	82
1. INTRODUCCIÓN.....	83
2. PRESUPUESTO DETALLADO.....	83
3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	84
4. FUENTE DE INFORMACIÓN.....	84
Documento 3: Planos.....	86
5. PLANO DE LA CUBIERTA.....	87
6. ESQUEMA UNIFILAR.....	88

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: IDAE	16
Gráfica 2: Evolución anual de la irradiación solar. Elaboración propia. Fuente: PVGIS...	25
Gráfica 3: Evolución anual del consumo. Elaboración propia. Fuente: Iberdrola DE.	26
Gráfica 4: Evolución anual de la potencias máximas registradas. Elaboración propia. Fuente: Iberdrola DE.	27
Gráfica 5: Distribución del consumo anual en los periodos de la tarifa 3.0TD. Elaboración propia.	30
Gráfica 6: Niveles de generación energética de los distintos casos de estudio comparados con la demanda anual.	32
Gráfica 7: Proporción de demanda cubierta mediante autoconsumo para cada uno de los casos de estudio.	33
Gráfica 8: Relación Autoconsumo – Energía excedente	34
Gráfica 9: Evolución del ahorro económico para cada caso de estudio.....	35
Gráfica 10: Evolución anual de la generación. Elaboración propia.	57
Gráfica 11: Evolución de la demanda hora a hora	58
Gráfica 12: Evolución de la generación hora a hora.	58
Gráfica 13: Distribución de la generación anual en los periodos horarios. Elaboración propia.....	59
Gráfica 14: Evolución anual de la proporción de demanda cubierta por autoconsumo. 60	
Gráfica 15: Evolución anual de la producción de excedentes.....	61

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temporadas eléctricas en la península. Elaboración propia.	28
Tabla 2: Distribución de los periodos según temporada eléctrica en la península. Elaboración propia.	29
Tabla 3: Casos de estudio para el dimensionado de la instalación.	32
Tabla 4: Descuento real y ficticio según compensación simplificada de excedentes.	35
Tabla 5: Periodos de retorno estimados para cada uno de los casos de estudio.	36
Tabla 6: Resumen de ficha técnica del módulo solar JKM570M-7RL4-V.	38
Tabla 7: Resumen de ficha técnica del inversor trifásico SOLIS-25K-5G.	40
Tabla 8: Peso unitario de los componentes sobre cubierta.	42
Tabla 9: Voltajes de entrada al inversor SOLIS-25K-5G.	52
Tabla 10: Voc y Vmp del módulo JKM570M-7RL4-V.	52
Tabla 11: Coeficientes térmicos de corrección del módulo JKM570M-7RL4-V.	52
Tabla 12: Voc y Vmp corregidas del módulo JKM570M-7RL4-V.	54
Tabla 13: Corrientes de entrada y número de MPPT del inversor SOLIS-25K-5G.	54
Tabla 14: Corrientes del módulo JKM570M-7RL4-V.	55
Tabla 15: Precios medios de la energía por periodo de facturación.	62
Tabla 16: Ahorro económico mes a mes debido a autoconsumo.	63
Tabla 17: Precios medios para el descuento de excedentes por periodo de facturación.	64
Tabla 18: Ahorro económico mes a mes debido a compensación simplificada de excedentes.	64
Tabla 19: Flujos de caja anuales.	67
Tabla 20: Indicadores económicos.	67

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia
conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets
en el polígono de Ribarroja (Valencia)

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imágen 1: Tipologías de Sistemas fotovoltaicos.	21
Imágen 2: Imagen aérea del emplazamiento. Fuente: Google Earth.....	25
Imágen 3: Módulo solar JKM570M-7RL4-V.....	37
Imágen 4: Inversor trifásico SOLIS-25K-5G.....	39
Imágen 5: Disposición del soporte coplanar para cubiertas metálicas inclinadas.	41
Imágen 6: Microrail que constituye la estructura coplanar SUNFER 06H.....	42
Imágen 7: Valores característicos de las sobrecargas de uso. Fuente:DBSE-AE del CTE. 44	
Imágen 8: Tabla A.4 para factores de reducción por temperatura de operación distinta de 60°C. Fuente: UNE-EN 50618	47
Imágen 9: Tabla B.52.17 para factores de reducción por agrupación de cables.	47
Imágen 10: Tabla de intensidades máximas admisibles de los cables fotovoltaicos.	48

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Documento 1: Memoria

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Actualmente, uno de los retos más importantes de la humanidad es el aumento del consumo energético proveniente del crecimiento demográfico y del avance de la tecnología. Ante este crecimiento de la demanda energética, la sociedad debe plantear caminos que tengan la posibilidad de abastecer energéticamente a la humanidad dejando de recurrir y depender de la explotación de los recursos y reservas naturales como se ha hecho hasta la fecha.

Conforme se avanza en el tiempo, las previsiones tanto de crisis climática como de abastecimiento energético son cada vez más negativas. Por ello, desde 2015 la ONU impone el seguimiento de unos objetivos llamados de Desarrollo Sostenible. Este movimiento es seguido por un conjunto popular de países a nivel mundial con el objetivo de remediar los problemas medioambientales y energéticos que acechan a nivel global.

En particular, durante los últimos años, la Unión Europea y los países que la componen han implantado nuevas leyes y cambios en las ya existentes con el fin de lograr estos objetivos en materia de clima, energía y transporte. Estas iniciativas apoyan principalmente el uso de energías renovables como fuente de abastecimiento del sistema energético europeo y pilar de la transición energética. Con el Pacto Verde Europeo, la UE ha fijado el reto de lograr la neutralidad climática de aquí a 2050. Por el camino, ha establecido el objetivo intermedio de reducir las emisiones en al menos un 55 % antes de 2030.

1.2. OBJETIVO

El presente trabajo tiene el objeto de idear y diseñar una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a la red eléctrica en la cubierta de una nave industrial, la cual es propiedad de una empresa que se dedica al reciclaje y puesta a punto de pallets. Los objetivos principales que dan la razón al proyecto son los siguientes:

- Conseguir disminuir la dependencia de la red eléctrica y por consiguiente reducir el coste del término de energía en la factura eléctrica.
- Ahorro económico debido al vertido de excedentes de producción.
- Reducir en la medida de lo posible la emisión de gases de efecto invernadero y por consiguiente aportar un grano de arena a la lucha contra el cambio climático.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

1.3. ALCANCE DEL TRABAJO

Para lograr cumplir los objetivos descritos en el apartado anterior y diseñar la instalación fotovoltaica, el proyecto desarrollado en las siguientes líneas incluye el cálculo, diseño y estudio económico de la instalación fotovoltaica. Entre otros, se incluye:

- Descripción de la instalación ideada.
- Selección de la potencia óptima para la instalación.
- Selección de los equipos principales.
- Cálculo y dimensionamiento del generador fotovoltaico.
- Análisis económico de la instalación.

1.4. NORMATIVA

En las siguientes líneas se plasma la legislación vigente que rige la implementación de instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo. Se dividirá en legislación a nivel europeo y legislación a nivel nacional.

Legislación Europea vigente:

- Directiva (UE) 2018/2001 del parlamento Europeo y del consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

Legislación Nacional vigente:

- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- UNE-HD 60364-4-41:2018, de 4 de abril, de instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 4-41: protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.
- UNE-EN 50618:2015, de 18 de marzo, de cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

- Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Además, a nivel autonómico:

- Decreto-ley 14/2020, de 7 de agosto, del Consell, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables por la emergencia climática y la necesidad de la urgente reactivación económica.

2. EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA

En la Tierra, la energía proveniente del sol ha sido aprovechada por el ser humano desde antaño, habiendo sufrido un gran desarrollo a lo largo de la historia. Es sin duda la principal fuente de energía del planeta, la cual se estima que tiene una vida de miles de millones de años.

De toda la energía que desprende el sol en cada instante y que penetra en la atmosfera, un 30% vuelve fuera de ésta, el porcentaje restante es absorbido por las nubes, los océanos y la masa terrestre. La radiación recibida por la tierra varía dependiendo de las condiciones atmosféricas, del instante y del lugar en el que nos encontramos.

Se trata de una fuente de energía renovable que es aprovechada de distintas maneras. Es utilizada en forma de luz y calor, calentando e iluminando la tierra, así como también es un agente indirecto en el ciclo del agua o en las corrientes del aire que recorre la atmosfera.

Desde hace décadas se utilizan técnicas para convertir la energía de la radiación solar en una forma de energía que pueda ser controlada y utilizable para distintos propósitos. Entre las tecnologías más utilizadas se encuentra la energía solar fotovoltaica, la cual será la base del proyecto que se desarrolla en las siguientes páginas.

2.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que convierte la radiación solar directamente en energía eléctrica. Esta conversión se consigue gracias a un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Aglutinando células fotovoltaicas interconectadas y sumándoles una base estructural se consigue construir un módulo fotovoltaico, que no es más que un *sándwich* constituido por una capa de vidrio, una asociación de células fotovoltaicas encapsuladas entre dos capas de etileno-vinilo-acetato (EVA) y una última capa de un polímero termoplástico.

2.1.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Para entender lo que ocurre dentro de un módulo fotovoltaico que convierte la radiación solar en electricidad necesitamos repasar dos términos físicos, que son el llamado efecto fotoeléctrico y la unión de semiconductores del tipo P-N.

2.1.1.1. EL EFECTO FOTOELECTRICO

Mediante la incidencia de luz sobre la superficie de un metal se consigue expulsar los electrones que se encuentran en las últimas capas de valencia. Este fenómeno se denomina efecto fotoeléctrico o fotoemisión. Para que se produzca este proceso, las ondas de la luz deben de tener una frecuencia mayor a la umbral que viene dada por el

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

metal receptor. La energía con la que inciden los fotones se transmite a los electrones que orbitan cada átomo de material, provocando su desprendimiento de la órbita y originando huecos en ésta que serán ocupados por cargas positivas. Si este movimiento de cargas positivas y negativas se produce en un material conductor afectado por un campo eléctrico acaba traducándose en una diferencia de potencial, lo que ocasiona una corriente eléctrica al conectar el material a una carga.

2.1.1.2. LA UNIÓN P-N

Se llama unión P-N a la unión de un material semiconductor del tipo P y del tipo N. El material en cuestión podría ser silicio (Si). Se da que el silicio con naturaleza del tipo N tiene una concentración mayor de electrones, mientras que el silicio del tipo P es rico en huecos. Se puede entender también como que la versión del tipo N ha sido estimulada por átomos de mayor número de valencia y la del tipo P por átomos de menor número de valencia. De esta manera, los electrones tienden a transportarse de N a P y los huecos a la inversa. Si electrones y huecos no tuvieran carga, este movimiento no cesaría hasta llegar al equilibrio de electrones y huecos en ambas naturalezas. Las distintas naturalezas del semiconductor se consiguen mediante el “dopaje” con impurezas, generalmente de algún otro metal.

La unión P-N es comúnmente utilizada en variedad de componentes electrónicos, por ejemplo diodos o transistores, y es la base de la generación de electricidad mediante la energía solar fotovoltaica.

Se deben entender las dos naturalezas del material de la siguiente manera.

- Silicio extrínseco del tipo P

A diferencia de la variante intrínseca, un semiconductor del tipo P se caracteriza por estar dopado de un material de manera que se sustituyen átomos del silicio intrínseco por átomos de otro material que disponen de menor número de electrones de valencia, normalmente átomos trivalentes (Boro). Cuando se produce el dopaje los electrones menos adheridos a los átomos del semiconductor se liberan, lo que resulta en el aumento de huecos portadores de carga libres. En el caso del silicio, ser dopado mediante átomos trivalentes resultaría en un enlace covalente incompleto, provocando que un átomo vecino le ceda un electrón por difusión para completar los 4 enlaces, siendo el silicio tetravalente.

- Silicio extrínseco del tipo N

Un semiconductor de naturaleza N se consigue mediante un proceso de dopado. El dopaje consiste en la adición de un elemento con mayor número de electrones de valencia que el semiconductor intrínseco, generalmente se utilizan átomos pentavalentes. Cuando se suma material del elemento donante al semiconductor se consigue que los electrones menos adheridos a éste se traspasen a los átomos del semiconductor. En el caso del silicio, si un átomo de éste queda

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

sustituido por un átomo pentavalente (por ejemplo, fósforo) resultaría en que éste tendría los 4 enlaces covalentes que caracterizan la naturaleza intrínseca del silicio más un quinto electrón no enlazado, que quedaría libre.

Juntando ambos materiales se consigue un exceso de electrones en el material de tipo N, que provoca una tendencia a difundirse al lado P. De igual manera se consigue un exceso de huecos portadores de carga libres en el material P, que tenderán a difundirse hacia el material N. El movimiento de estas cargas resulta en la creación de un campo de electrones en la unión de ambos materiales, provocando un voltaje.

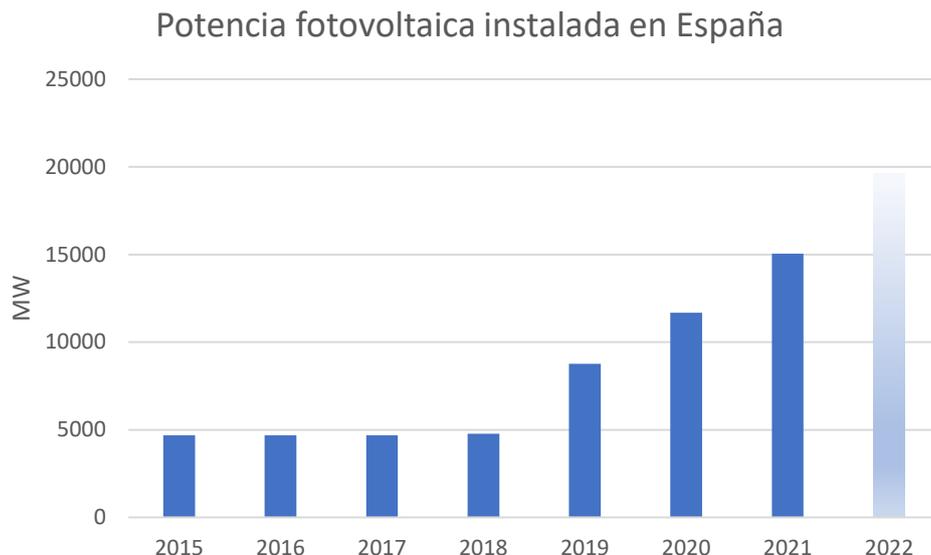
2.2. CONTEXTO Y EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

Actualmente se está viviendo un crecimiento exponencial del uso de la fotovoltaica en el contexto español, pero no siempre ha sido así. Introduciéndose en la década de 1990, apenas cogió fuerza hasta que se comenzaron a implantar incentivos para aquellos que comenzasen a darle uso. La utilización de esta tecnología comenzó a crecer y a desarrollarse, viviéndose el primer boom de la fotovoltaica en los años 2000. Este desarrollo se frenó coincidiendo con la crisis económica de 2008 cuando se impuso el denominado “impuesto al sol”, que obligaba al productor a pagar un 7% sobre el total de la energía generada.

Significando un derroche del potencial que tiene España para la producción de energía renovable mediante la fotovoltaica, el “impuesto al sol” fue eliminado a finales de la década de 2010. Desde entonces el uso e implementación de instalaciones fotovoltaicas no ha parado de crecer de manera exponencial, de tal manera que no ha conocido techo a día de hoy.

España cerró 2021 con casi un 30% más de potencia instalada que en el curso anterior, y hoy en 2022 sigue creciendo. El siguiente gráfico muestra la evolución de cantidad de potencia instalada en forma de energía fotovoltaica:

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)



Gráfica 1: Evolución de la potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: IDAE

Se aprecia un claro desbloqueo en 2018, año en el que fue suprimido el cargo transitorio por energía autoconsumida (RD 900/2015). Con este proyecto se pretende unir a Paleplast al conjunto de empresas que utilizan la energía solar fotovoltaica como fuente de energía.

2.3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. COMPONENTES

2.3.1. Módulo fotovoltaico.

Se trata de la pieza clave de una instalación fotovoltaica. Los módulos o paneles solares son los encargados de convertir la energía solar que reciben en energía eléctrica. Éstos se constituyen generalmente de células de silicio, material semiconductor que se distribuye de manera organizada a lo largo de una estructura interconectada eléctricamente, formando así los módulos fotovoltaicos. En éstos se produce el efecto fotoeléctrico.

Se pueden distinguir complejidades entre los distintos paneles solares. Estas categorías se pueden clasificar en diferentes grupos según potencia, tipo de célula u otros.

- Clasificación según potencia:
 - Pequeños: Módulos que presentan potencias entre 5 y 50 W.
 - Medianos: Módulos que presentan potencias entre 50 y 100 W.
 - Grandes: Módulos que presentan potencias mayores que 100 W.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

- Clasificación según tipo de célula:
 - Monocristalinos: Formados por células de silicio dispuestas de manera uniforme, orientadas todas en la misma dirección y sentido. Se caracterizan por la uniformidad que presentan, tener un color uniforme desde distintos ángulos y por las esquinas redondeadas que presentan las celdas. Están conformados por un único cristal de silicio. Presentan un mayor coste de producción que los de otras tipologías. Rendimiento mayor que el que ofrecen el resto de módulos.
 - Policristalinos: Conformados por células perfectamente cuadradas. Se encuentran compuestos de distintos cristales de silicio orientados en distintas direcciones, lo que hace que muestre distintos colores cuando se observa desde un determinado ángulo. Presentan una relación calidad-rendimiento/precio muy buena, teniendo un menor coste de fabricación.
 - Amorfos: Compuestos por silicio amorfo. Trabajan bien a bajas radiaciones, pero presentan rendimientos mucho más bajos que los anteriores.
- Otros:
 - Bifaciales: Ambas caras del panel están conformadas por células de silicio. La cara no vista se encarga de captar la radiación indirecta que refleja en el suelo para convertirla en energía eléctrica. Presentan un rango de rendimientos amplio, dependiendo del suelo y de cómo se comporta en cuanto a la reflexión de la radiación. Pueden presentar altos rendimientos comparables con los monofásicos, pero alcanzando costes mayores.
 - Célula partida: Se caracterizan por tener las células fotovoltaicas partidas por la mitad formando dos grupos con células en serie. Se consiguen reducir las pérdidas.

2.3.2. Estructura.

La parte visible de un sistema fotovoltaico es el conjunto de filas encadenadas que forman los módulos. Éstos se distribuyen de este modo y se posicionan con un ángulo determinado gracias a las estructuras que los mantienen. La estructura es la encargada de proporcionar esa robustez al módulo fotovoltaico, buscando el ángulo que optimice la recepción de irradiación solar a lo largo del periodo que se requiera.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

- Fijas: Consiste en una estructura que aporta la posición y el anclaje deseados para los módulos.
- Seguimiento: Aportando lo mismo que la anterior, ésta se caracteriza por poder cambiar la orientación de los módulos de manera que siempre incida la radiación con la mayor perpendicularidad posible en el captador.

2.3.3. Inversor.

El inversor es otra pieza fundamental en lo que engloba a una instalación fotovoltaica, siendo el responsable de convertir la corriente continua proveniente de los paneles (CC) en corriente alterna (CA). Es un componente indispensable en las instalaciones conectadas a la red eléctrica. En este tipo de instalaciones encontramos las siguientes tipologías de inversor.

- Inversor central: De mayor dimensión, se encarga de centralizar la energía producida por todos los paneles que componen la instalación y convertir la corriente que la conduce de continua a alterna.
- Inversor por string: Se caracteriza por tener menor dimensiones. Proporcionan mayor versatilidad y protección frente a fallos en la generación. Se trata de inversores particulares para cada string, proporcionando la posibilidad de que la instalación funcione de forma parcial ya que cada string sería independiente de los otros a la hora de verter a red.

En el caso de instalaciones aisladas nos encontraríamos con la necesidad de instalar también un inversor, el cual se encargaría de operar entre la generación, el consumo y el almacenamiento si existe.

2.3.4. Otros.

- Cableado
 - Cableado de corriente continua (DC): Se encarga de la unión entre módulos hasta el inversor.
 - Cableado de corriente alterna (AC): Se encarga de las conexiones entre la salida de los inversores y el cuadro general de baja tensión que presente el emplazamiento.
- Canalización del cableado: La función principal de este componente es guiar, proteger y revestir el cableado eléctrico que conecta la instalación.
- Protecciones frente a:
 - Sobretensiones
 - Cortocircuitos
 - Contactos directos e indirectos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

*Este apartado se desarrollará en mayor medida más adelante en el capítulo “Protecciones”.

- Sistema de monitorización: Permite tener información en tiempo real del funcionamiento de la instalación.
- Contador: Se encarga de contabilizar la energía eléctrica conducida en ambos sentidos, de la red al productor/consumidor y del productor/consumidor a la red.

2.4. TIPOLOGÍA DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

- Sistemas aislados o autónomos.

Son una tipología de sistema fotovoltaico que no opera conectado a la red eléctrica. Requiere de componentes de almacenamiento, como son las baterías. Útiles cuando se tiene que alimentar un sistema eléctrico que se encuentra distante de la red eléctrica común. Se trata de sistemas más caros si se compara con uno de la misma dimensión conectado a red. Este incremento en el precio se debe al sistema de almacenamiento.

- Centrales fotovoltaicas.

Las centrales fotovoltaicas son sistemas conectados a la red eléctrica, por lo que si no se requiere pueden prescindir de acumuladores para almacenar la energía producida. Es más, generalmente su propósito es el de únicamente verter a red la energía que producen y así percibir ganancias. Se optimizan de manera que las ganancias sean mayores a lo largo de toda la vida útil de la central.

- Autoconsumo.

Consiste en otra modalidad de instalación fotovoltaica conectada a red. Este tipo de instalación es utilizado por los consumidores para disminuir el consumo eléctrico proveniente de la red. Esto quiere decir que la función de este tipo de instalaciones es la de cubrir la mayor parte de la demanda eléctrica de los consumidores, pudiendo llegar a cubrir la totalidad de la demanda en determinado momento o incluso sobrepasarla. Dicho esto, se puede entender que dependiendo de la dimensión de la instalación y la magnitud de la demanda la normativa actual distingue entre los siguientes subgrupos dentro del autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedentes.

Esta modalidad se da cuando la instalación vierte electricidad únicamente al consumidor. Cuando con este vertido no se cumple la demanda, la red proporciona la cantidad de energía restante hasta cumplir. Se puede decir que el

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

propósito de la instalación es reducir la dependencia de la red, lo que conlleva un ahorro económico.

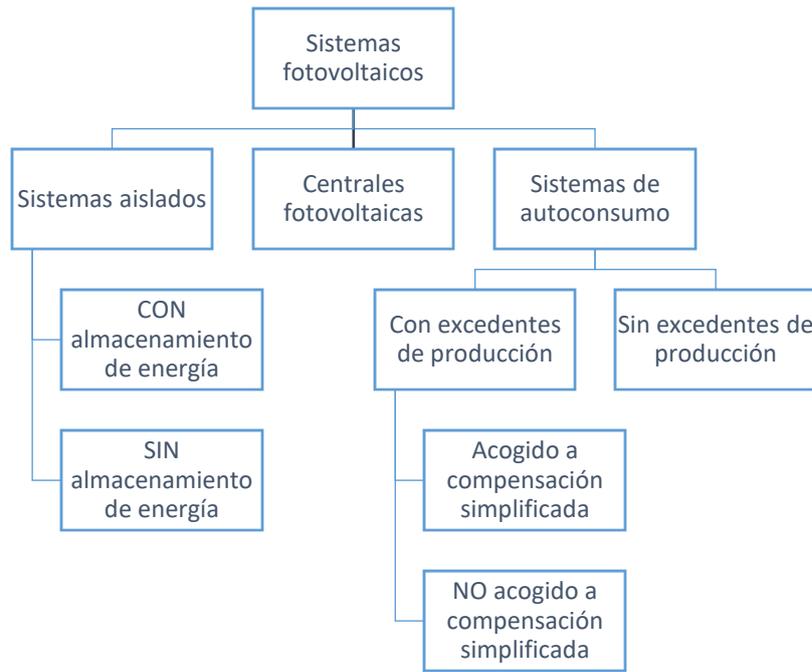
- Autoconsumo con excedentes.

Nos encontramos en este subgrupo cuando además de proveer de energía al consumidor, se vierte electricidad a la red. Se inyecta energía a la red cuando se está generando más de la que el consumidor necesita en un determinado momento. De esta manera, cuando se producen excedentes de energía eléctrica y los vertemos a red se puede obtener una compensación económica. Y en este punto se deben introducir dos modalidades, la diferencia de las cuales se basa en las características de la instalación:

- Instalaciones con excedentes que están acogidas a compensación económica, también denominada compensación simplificada. Esta categoría engloba aquellas instalaciones de potencia nominal menor a 100 kW. La compensación económica se verá reflejada en el término variable de la factura, suponiendo un ahorro en ésta. El precio por cada kWh vertido a red que se descuenta de la factura de la luz a final de mes vendrá definido por la comercializadora.
- Instalaciones con excedentes que NO se encuentran acogidas a compensación simplificada de excedentes. Los excedentes vertidos por este tipo de consumidores no significarán una reducción en la factura eléctrica de la comercializadora, sino que se venderán al precio de mercado definido en ese momento. Para esto es necesario darse de alta como productor, lo que conlleva una declaración fiscal y acaba suponiendo menor ahorro para pequeños consumidores.

Con motivo de asimilar esta clasificación, en el siguiente gráfico quedará plasmado de manera visual.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

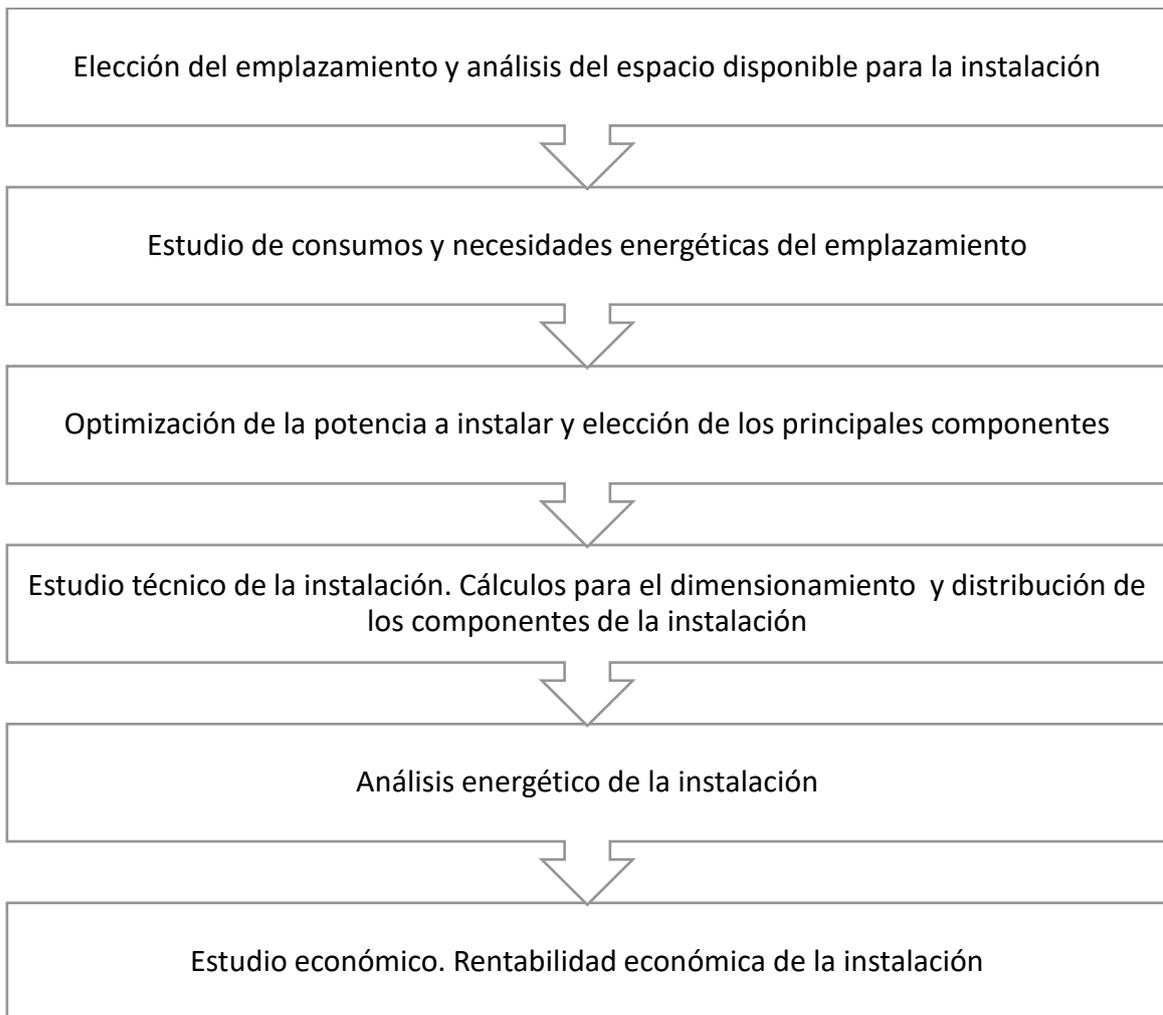


Imágen 1: Tipologías de Sistemas fotovoltaicos.

3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El presente trabajo estará conformado por una memoria que desarrollará los procesos de análisis y simulación de la planta fotovoltaica. Por análisis se contempla todo el proceso de contextualización, estudio energético de consumos, dimensionamiento de la instalación y su diseño, así como la elección de los componentes que la formarán. La simulación se realizará en paralelo con el software *System Advisor Model*, en el cual se tendrán que introducir los datos técnicos del emplazamiento, de los componentes y los requisitos generales de la instalación fotovoltaica. De manera anexa a la memoria se presentará una colección de fichas técnicas que muestran los distintos componentes.

De manera complementaria se presentará un segundo documento en el que se mostrará el presupuesto detallado de la instalación la colección de fichas técnicas que muestran los distintos componentes y el plano de la instalación. Además de este, se muestra un tercer documento en el que vienen descritos los planos de la instalación. El *flowchart* que se ha seguido para la elaboración del proyecto es el siguiente:



Para cerrar se desarrollarán unas conclusiones que repasarán cada uno de los procesos que se acaban de presentar.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

3.1. HERRAMIENTAS DE APOYO EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS

- Excel: Herramienta de Microsoft que permite un amplio abanico de posibilidades. Entre ellas, el uso de las hojas de cálculo para el estudio económico que se verá a continuación, así como la elaboración de tablas y/o gráficas a partir de datos introducidos.
- PVGIS: *Photovoltaic Geographical Information System*. Herramienta web elaborada por la comisión europea que permite hallar información sobre radiación y sistemas fotovoltaicos para una localización dada.
- SAM: *System Advisor Model*. Software tecno-económico libre desarrollado por el laboratorio nacional de energías renovables (NREL) del departamento de energía del gobierno estadounidense. Éste proporciona información para el desarrollo de proyectos de energías renovables, permitiendo la simulación de instalaciones de distintas naturalezas (solar térmica, fotovoltaica, baterías de almacenamiento, geotermia, biomasa,...).

4. CASO DE ESTUDIO

Las instalaciones fotovoltaicas son cada vez más popularmente demandadas por el sector industrial. Las naves donde las empresas del sector logístico e industrial generalmente se instalan son edificios que se prestan al acondicionamiento de una instalación fotovoltaica, y visto durante los últimos años que éstas suponen grandes beneficios para las empresas, su instalación no ha dejado de crecer y cada vez ocupan más tejados y cubiertas. El caso estudiado en estas páginas es un ejemplo de ello.

El lugar donde se proyecta la instalación es una nave industrial empleada para el almacenamiento, tratamiento y puesta a punto de todo tipo de pallets. La empresa que hace uso de la nave industrial y ejerce los ejercicios mencionados es Paleplast S.L.

Los consumos eléctricos que se pretenden cubrir mediante energía fotovoltaica son debidos principalmente al uso de maquinaria, herramientas eléctricas, iluminación y el uso eléctrico que ejercen las oficinas que se encuentran en el interior.

La empresa que ocupa la nave es una empresa valenciana que ejerce a nivel nacional, siendo responsable de la logística, la puesta a punto del material y de asegurar que éste llega en el estado correcto a los distintos clientes.

4.1. PALEPLAST S.L

Como anteriormente se ha nombrado, la instalación proyectada en las siguientes líneas se va a montar en la cubierta de una nave industrial ocupada por una empresa que se dedica al reciclaje y puesta a punto de pallets. Se trata de una empresa de unos 20 trabajadores que cubre los servicios de recogida, reciclaje y entrega de los pallets de sus clientes. Está localizada en Valencia y da servicios a nivel nacional.

Es indispensable conocer un mínimo el funcionamiento del proceso y sus consumos para proyectar adecuadamente la instalación fotovoltaica. En el siguiente apartado se abarca el análisis de los consumos y el contexto energético de la empresa.

4.2. LOCALIZACIÓN

La instalación proyectada se situará en la cubierta de una nave industrial que se encuentra en el polígono industrial de Riba-Roja de Turia. Dicha cubierta tiene una superficie de 3600 m^2 y está dividida en 4 superficies inclinadas de $11,25 \text{ m}$ de ancho y 80 m de largo. No se ve afectada por sombras derivadas de edificios u objetos colindantes a excepción del propio rótulo de la empresa que sombrea la parte inferior de la cubierta. La primera fila de módulos se colocará de tal manera que quedará fuera del alcance de esta sombra.

La inclinación bifacial que presenta la cubierta tiene orientaciones ESTE y OESTE con una desviación de 5 grados positivos. Esta cubierta inclinada facilita el asentamiento de

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

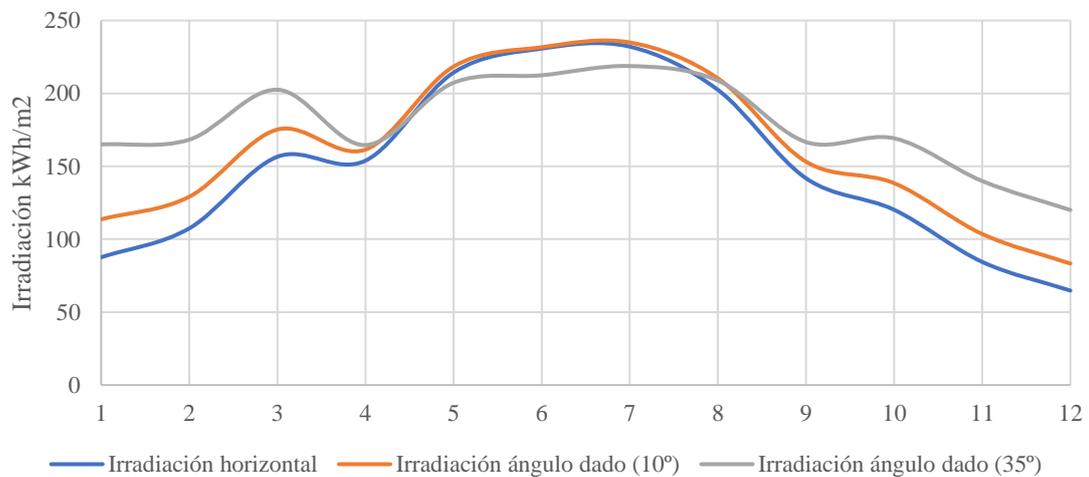
los paneles con una estructura coplanar adjunta a la cubierta. A continuación se muestra una imagen aérea de la cubierta.



Imágen 2: Imagen aérea del emplazamiento. Fuente: Google Earth.

4.2.1. RECURSO SOLAR DEL EMPLAZAMIENTO

Se puede apreciar el recurso solar en la localización descrita en la siguiente gráfica.



Gráfica 2: Evolución anual de la irradiación solar. Elaboración propia. Fuente: PVGIS

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

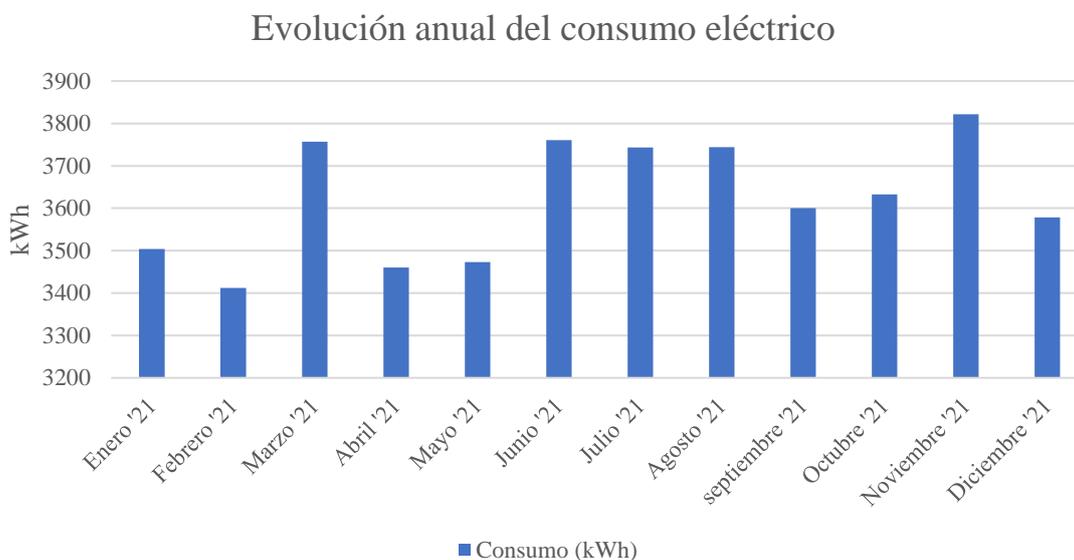
En la anterior figura queda descrito la evolución de la irradiación media recibida mes a mes. Ésta ha quedado representada para tres casos:

- Irradiación sobre plano horizontal: Suma de irradiación directa y difusa medias recibidas mes a mes.
- Irradiación sobre plano inclinado 35 grados y orientada al sur (azimut 0): Se trata de la suma de irradiación directa y difusa medias para cada mes. Esta vez sobre un plano inclinado 35 grados sobre la horizontal, de manera que recibe con mayor perpendicularidad la radiación solar.
- Irradiación sobre plano inclinado 10 grados y orientada al sur (azimut 0): Suma de irradiación directa y difusa medias para cada mes. Esta vez sobre un plano inclinado 10 grados sobre la horizontal.

Los anteriores datos han sido obtenidos mediante la herramienta PVGIS, web elaborada por la comisión europea con el propósito de dar información sobre radiación y sistemas fotovoltaicos para una localización dada. Con esta figura se pretende mostrar la diferencia que existe dependiendo de la perpendicularidad con la que incide la radiación solar.

4.2.2. ESTUDIO Y MODELADO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE LA EMPRESA

Para poder analizar la viabilidad de la instalación a desarrollar hay que conocer la situación energética en la que se encuentra la nave actualmente. Mediante el acceso web a la distribuidora se conoce el histórico de consumos energéticos. Para el análisis del proyecto haremos uso de los consumos a lo largo de un año. Elegiremos como base de análisis el año 2021, en el cual la empresa Paleplast ejerció de manera regular y se puede considerar representativo para años pasados y futuros. La evolución de los consumos a lo largo del año 2021 queda dispuesta en la siguiente gráfica



Gráfica 3: Evolución anual del consumo. Elaboración propia. Fuente: Iberdrola DE.

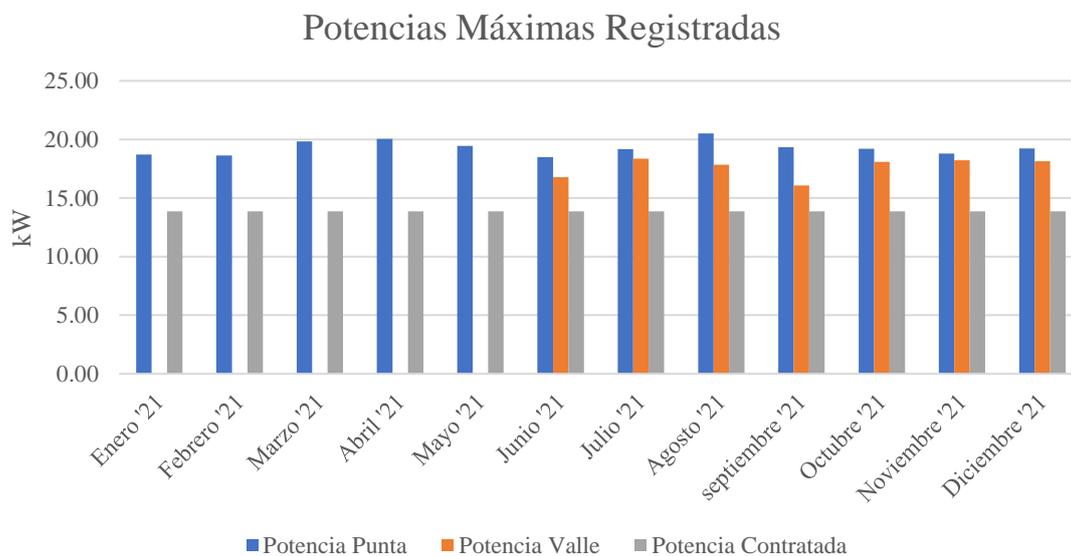
Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Se interpreta una evolución del consumo según carga de trabajo, ya que el uso de maquinaria, que supone la mayor parte de éste, crece y decrece de manera directamente proporcional a la cantidad de material a poner a punto. Como hemos dicho anteriormente, la empresa en cuestión se dedica al reciclaje y puesta en vigor de pallets usados. La carpeta de clientes de *Paleplast* es amplia, existiendo un cliente que es predominante. Dicho esto, se puede interpretar que cuando se produzca la entrada del material de este cliente será cuando la carga de trabajo aumente y con ella el consumo eléctrico.

El consumo total en el año 2021 fue de 43,49 MWh, apreciándose el pico de consumo durante el mes de noviembre, con aproximadamente 3822 kWh. El mes que presenta el menor consumo es febrero, con 3412 kWh.

En la actualidad la empresa tiene contratada una Tarifa del tipo 2.0 TD. Se acoge a esta debido a que la potencia que tienen contratada para ambos periodos facturables es de 13'86 kW, lo que está por debajo de las necesidades de la empresa. El motivo por el que hasta el momento la potencia contratada sea menor a la necesaria se desconoce. Tras contactar con la empresa, ésta declara que desconocía tener un contrato por debajo de sus necesidades.

Analizando los consumos a lo largo de 2021 salta a la vista que la potencia contratada es menor de lo necesario, por lo que éste será el primer cambio que se le recomienda a la empresa y el punto de partida de nuestro análisis. En la siguiente figura se muestra potencias máximas registradas a lo largo del año.



Gráfica 4: Evolución anual de la potencias máximas registradas. Elaboración propia. Fuente: Iberdrola DE.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Alcanzar ese consumo de potencia se debe al uso del sistema de iluminación, climatización y en mayor medida al uso de maquinaria necesaria para las labores de reciclaje y puesta a punto de pallets.

Se aprecia la entrada en vigor en Junio de la tarifa 2.0 TD, anteriormente dividida entre las tarifas 2.0 y 2.1. Este tipo de tarifa posibilita al cliente a contratar una potencia distinta para el periodo valle y para el periodo punta.

A la hora de proyectar la instalación fotovoltaica, se partirá desde la situación hipotética en la que la empresa ha realizado el cambio de contrato a una potencia mayor, que significará un cambio en el término fijo de la factura eléctrica, hasta ahora impredecible por su variabilidad al sobrepasar siempre la potencia contratada.

Como se ha nombrado anteriormente, en la actualidad la empresa tiene un peaje del tipo 2.0 TD, caracterizado por tener 3 periodos para el consumo y 2 periodos para potencia. El cambio de contrato que se va a efectuar por parte de la empresa la posiciona en el grupo de consumidores con una potencia contratada mayor a 15 kW, de manera que se pueda acoger a la tarifa 3.0 TD, caracterizada por establecer 6 periodos para el consumo y 6 periodos para la potencia.

Con el cambio de la tarifa 2.0 TD a la tarifa 3.0 TD también se observa un cambio en la facturación del término variable, el término de energía. Ahora se pasará a facturar con discriminación horaria dividida en 6 periodos, que en el territorio peninsular vendrán distribuidos según las tablas que se muestran a continuación.

Temporadas Eléctricas en la Península	
Enero	Alta
Febrero	Alta
Marzo	Media-Alta
Abril	Baja
Mayo	Baja
Junio	Media
Julio	Alta
Agosto	Media
Septiembre	Media
Octubre	Baja
Noviembre	Media-Alta
Diciembre	Alta

Tabla 1: Temporadas eléctricas en la península. Elaboración propia.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Traduciéndose en una distribución de los periodos según temporada de la siguiente manera:

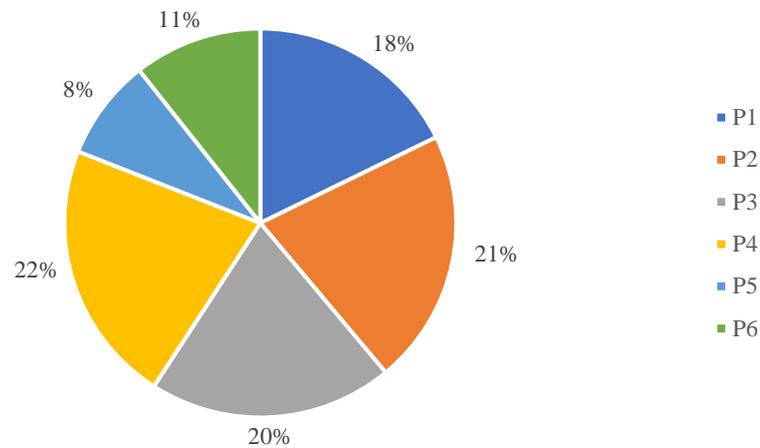
Alta	0-8h	P6
	8-9h	P2
	9-14h	P1
	14-18h	P2
	18-22h	P1
	22-0h	P2
Media-Alta	0-8h	P6
	8-9h	P3
	9-14h	P2
	14-18h	P3
	18-22h	P2
	22-0h	P3
Media	0-8h	P6
	8-9h	P4
	9-14h	P3
	14-18h	P4
	18-22h	P3
	22-0h	P4
Baja	0-8h	P6
	8-9h	P5
	9-14h	P4
	14-18h	P5
	18-22h	P4
	22-0h	P5
Sábado	0-24h	P6
Domingo	0-24h	P6
Festivos	0-24h	P6

Tabla 2: Distribución de los periodos según temporada eléctrica en la península. Elaboración propia.

Para tener una visión más detallada del tipo de demanda que presenta la empresa, en las siguientes figuras se muestra cómo se repartiría el consumo en los distintos periodos que establece la tarifa 3.0 TD a lo largo del año. Se recuerda que actualmente se tiene contratada la tarifa 2.0 TD, por lo que la siguiente distribución es ficticia y se utiliza para contextualizar el futuro impacto de la instalación fotovoltaica una vez el cambio de contrato eléctrico.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Distribución del consumo por periodos



Gráfica 5: Distribución del consumo anual en los periodos de la tarifa 3.0TD. Elaboración propia.

Se observa una distribución uniforme en los distintos periodos, presentando un descenso en P5, periodo que sólo participa en pequeñas ventanas de tiempo en la temporada “baja”, y en P6, que copa el periodo nocturno y los días no laborables. Como es de esperar, los periodos que cubren la mayor parte del consumo son los periodos 1, 2, 3 y 4, siendo los que ocupan la mayor parte del ejercicio laboral de la empresa a lo largo de todas las temporadas, desde la denominada “alta” hasta la “baja”.

Esta distribución es beneficiosa a la hora de decidirse por invertir en una instalación fotovoltaica como la que se proyecta en esta memoria. La gran parte del consumo se realiza en horas de sol, lo que da lugar a una mayor posibilidad de abastecerse de autoconsumo sin tener que hacer uso de almacenamiento. Por otro lado, las horas de sol durante los fines de semana aumentarán la cantidad de excedentes, punto analizado y optimizado en el capítulo siguiente

5. DESARROLLO TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA

Lo que constará en los siguientes apartados será la definición y desarrollo de los componentes de la instalación, su disposición y detalles técnicos. Para un correcto diseño de la instalación se necesita conocer los componentes que la conforman, así como entender y saber encajar los detalles técnicos que presentan.

5.1. MODALIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Una vez conocido el tipo de demanda que requiere la empresa y el emplazamiento de la instalación se decide proyectar una instalación fotovoltaica conectada a red. Se dimensionará de tal manera que cubra la mayor parte de demanda mediante autoconsumo y se llegará a un acuerdo con la comercializadora para que los excedentes generados se acojan a compensación simplificada.

En resumen, la instalación será de la modalidad Instalación fotovoltaica para autoconsumo conectada a red con excedentes acogidos a compensación simplificada.

A modo comparativo y para llevar a cabo una instalación del tamaño óptimo, se va a realizar el análisis de distintos casos de estudio en los que irá variando el dimensionado de la instalación, nunca saliéndose de los requisitos técnico-legales que están acogidos por la tipología de instalación seleccionada.

5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

El propósito de la instalación es el de reducir el consumo de la red, lo que lleva a un ahorro económico. Los criterios para la selección de la potencia a instalar serán la maximización del autoconsumo, la minimización de excedentes que no puedan acogerse a compensación y la viabilidad económica de la inversión. Como factores limitantes tendremos la superficie de la cubierta como factor físico y el límite de potencia de 100 kW como factor legal para poder acogerse a compensación simplificada de excedentes. Se decide dimensionar la instalación por debajo de los 100 kW porque de esta manera la empresa se comprometerá a una inversión menor, punto discutido con los gestores de Paleplast S.L.

5.2.1. OPTIMIZACIÓN DE LA POTENCIA A INSTALAR.

A la hora de diseñar la instalación, es necesario establecer la potencia que va a tener como punto de partida. Para ello se requiere de conocer el tipo de consumo que se demanda, la magnitud de éste y las prestaciones que tiene el emplazamiento en cuestión. Es necesario implementar un criterio de selección para no llevar a cabo una instalación infradimensionada, sobredimensionada o fuera de las posibilidades de la cubierta de la nave. Para el correcto dimensionado de la instalación se van a comparar los siguientes casos de estudio:

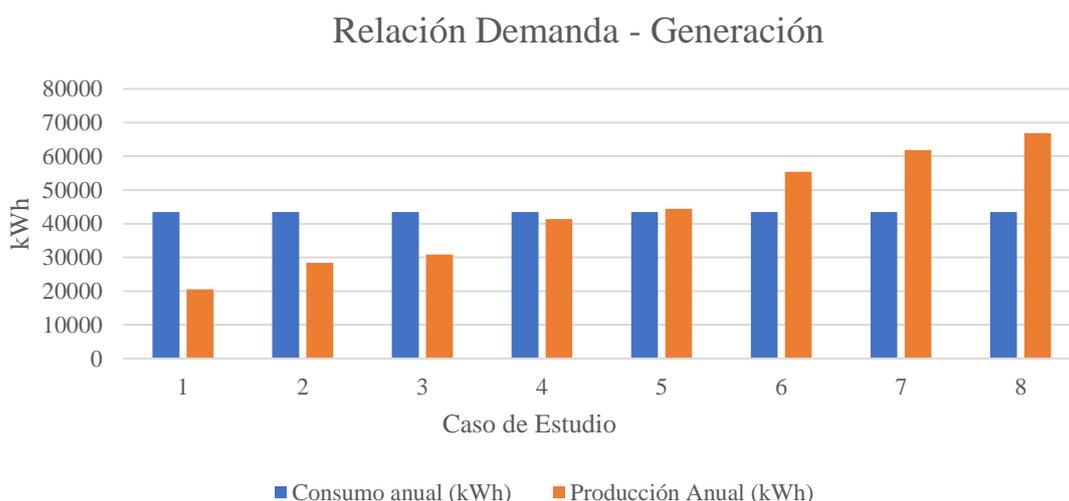
Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Caso	P-Nom DC máxima Instalada (kW)	P-Nom deseada (kW)	P-inversor AC (kW)	Ratio DC/AC	Strings	Módulos
1	14.82	15	12	1.24	2	26
2	20.52	20	15	1.37	3	36
3	22.23	25	17	1.31	3	39
4	29.64	30	25	1.19	4	52
5	31.92	35	30	1.06	4	56
6	39.90	40	30	1.33	5	70
7	44.46	45	36	1.24	6	78
8	47.88	50	40	1.20	6	84

Tabla 3: Casos de estudio para el dimensionado de la instalación.

Para el análisis en detalle de cada uno de los casos se ha hecho uso del software *System Advisor Model (SAM)*, el cual permite introducir los detalles técnicos de los componentes y el diseño de la instalación, dando como resultado una simulación realista de lo que sería la generación energética, las pérdidas del sistema y mucha más información adicional sobre el funcionamiento de la instalación.

El primer paso va a ser analizar cómo se comportan las distintas instalaciones una vez se tienen los resultados de la simulación. Tras cotejar los datos de la simulación hora a hora se consigue llegar a ciertas conclusiones. En la siguiente gráfica se puede observar cómo va variando la generación de energía anual para los distintos casos de estudio. Se compara con el consumo demandado anualmente.

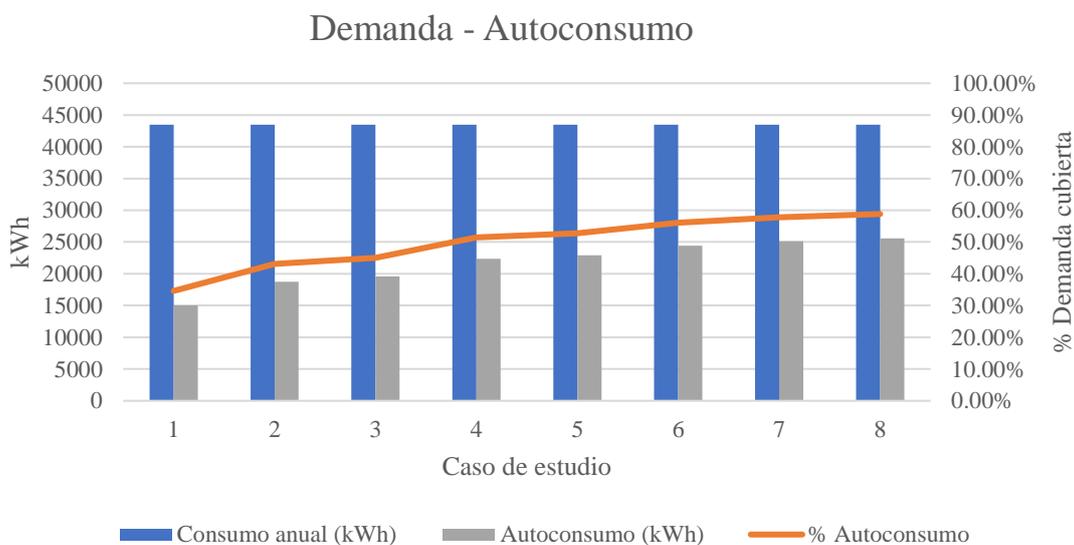


Gráfica 6: Niveles de generación energética de los distintos casos de estudio comparados con la demanda anual.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Hay que entender que la generación plasmada en la figura anterior no siempre se produce al mismo tiempo que el consumo demandado, pero esta gráfica deja ver que se comienza a producir a los mismos niveles que se consume con las instalaciones de potencias 30-35 kW (casos de estudio 4 y 5).

En la siguiente gráfica se expone la proporción de demanda que queda cubierta mediante energía producida por la instalación, es decir, la proporción de energía que se autoconsume en cada uno de los casos de estudio. Éstos resultados han sido consecuencia del cotejo de los datos horarios de generación y consumo, que posteriormente han sido traducidos a balances netos anuales.



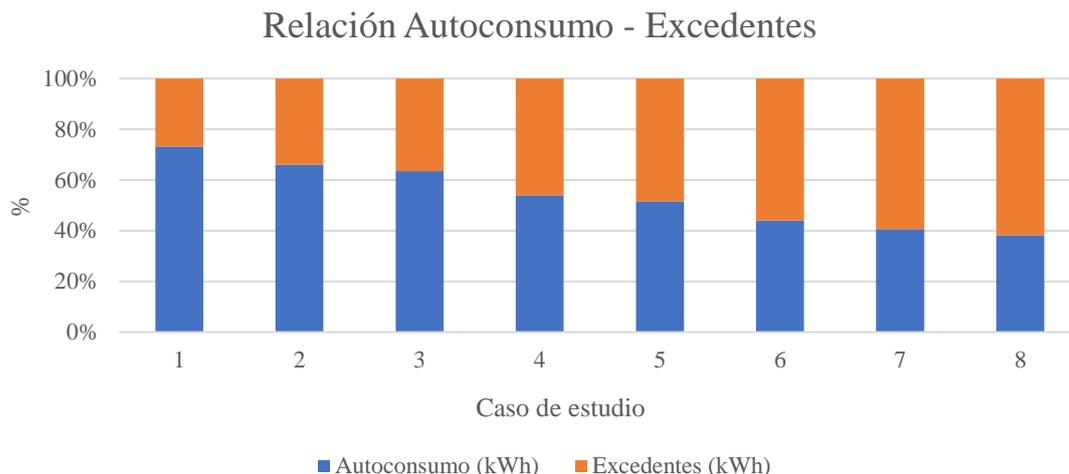
Gráfica 7: Proporción de demanda cubierta mediante autoconsumo para cada uno de los casos de estudio.

Se aprecia una clara evolución positiva conforme aumentamos la potencia instalada. Contra más potencia instalada más se autoconsume, llegando a cubrir con la instalación de 47,88 kWp un 58,82 % de la demanda.

También se puede observar que conforme se pasa de un caso de estudio a otro el crecimiento de la proporción de autoconsumo se atenúa, esto quiere decir que por mucho que se aumente la potencia instalada, si no se produce al mismo tiempo que se consume no aumentará del mismo modo el porcentaje de demanda cubierta. Esto lleva a tener que encontrar un equilibrio entre la magnitud de la instalación, la inversión que conlleva y el ahorro que supondrá.

Con la siguiente figura se pretende dar apoyo a los argumentos que se acaban de exponer. En ésta se aprecia la evolución de los porcentajes de autoconsumo y energía excedente para cada uno de los casos de estudio.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)



Gráfica 8: Relación Autoconsumo – Energía excedente

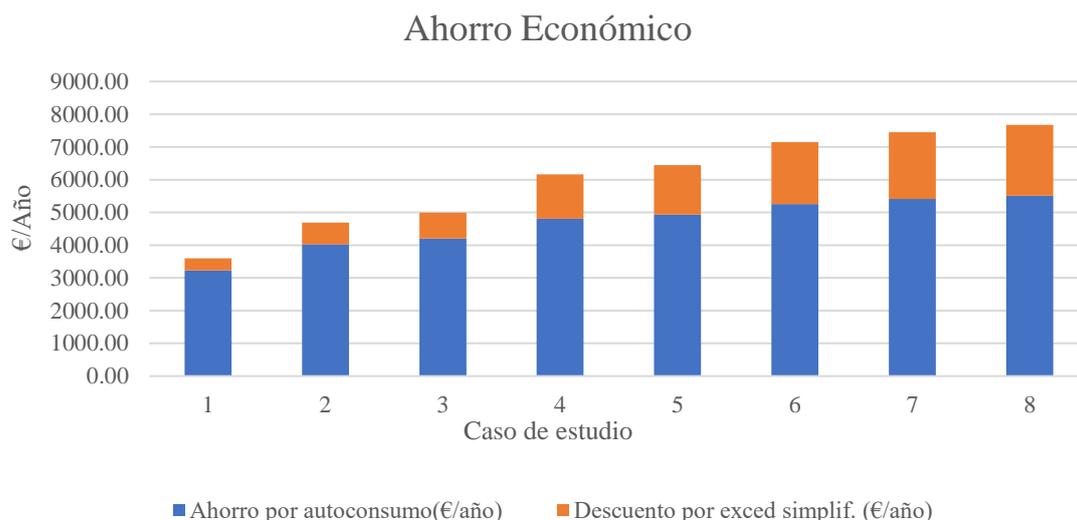
Como se puede apreciar a simple vista, la proporción de demanda cubierta por autoconsumo se frena y crece en su lugar la cantidad de energía excedente.

La producción de energía excedente no es negativa como tal, pero es positivo minimizarla y buscar el mayor porcentaje de autoconsumo. Se consigue mucho mayor ahorro mediante autoconsumo que mediante la compensación simplificada de excedentes.

Además, un punto importante a tener en cuenta es la no-producción de excedentes sobrantes, es decir, generar una cantidad de energía excedente tan grande que suponga un ahorro mayor del que se puede cubrir. Como se ha explicado anteriormente, la compensación simplificada de excedentes puede suponer un ahorro que como mucho cubra el término de consumo de la factura, el término variable que queda tras descontar el autoconsumo cada mes. En resumen, interesa generar tantos excedentes como para reducir a 0 € el coste del término de energía de la factura, no más. Si se reduce a 0 € el coste del consumo y aún se tienen más excedentes, éstos no serán acogidos a compensación, sino que quedarán a beneficio de la comercializadora. Interesa pues, no sobrepasar ese límite.

La evolución que sigue el ahorro económico, suma de ahorro por autoconsumo y compensación de excedentes, queda plasmada en la siguiente figura. Se vuelve a apreciar un aminoramiento en la evolución del ahorro.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)



Gráfica 9: Evolución del ahorro económico para cada caso de estudio.

Los valores de coste de la energía para cada uno de los periodos de facturación, así como el precio de compensación de excedentes en cada periodo se han estimado mediante el precio medio de la energía en el año 2021. Como fuente de información se ha acudido a la base de datos de la Red Eléctrica Española REE.

En la siguiente tabla se puede observar que tras analizar cada caso mes a mes, una vez se sobrepasan los 30 kWp instalados se deja de optar a la compensación de la totalidad de los excedentes. Eso quiere decir que en alguno de los periodos facturados hemos producido más excedentes de los que podemos compensar.

Caso	Descuento ficticio por excedentes (€/año)	Descuento real por compensación simplificada (€/año)
1	375.97	375.97
2	670.58	670.58
3	787.44	787.44
4	1348.98	1348.98
5	1526.70	1514.72
6	2217.80	1891.65
7	2636.15	2037.29
8	2970.66	2170.28

Tabla 4: Descuento real y ficticio según compensación simplificada de excedentes.

La segunda columna es la hipótesis real, ya que en la ficticia no se tiene en cuenta que el ahorro por excedentes sea mayor que el término de energía remanente tras el autoconsumo. El límite de compensación siempre será el equivalente al término de energía tras autoconsumo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Como último criterio para la selección de la potencia a instalar, se va a analizar la viabilidad de la inversión que significa cada uno de los casos de estudio. Para ello, antes de tener un presupuesto detallado, se hace uso de un baremo orientativo que viene dado en el Plan de Energías Renovables del IDAE. Tras cotejar cantidad de datos, éste defiende que los costes de inversión se encuentran en torno a 1,1-1,3 €/kW. Para la estimación que se necesita para seleccionar la potencia óptima a instalar se ha elegido un coste igual a 1,32 €/kW, de tal manera que los periodos de retorno de la inversión para los diferentes casos de estudio serán los siguientes:

Caso	P-Nom DC máxima Instalada (kW)	P-Nom deseada (kW)	INVERSIÓN (€)	PAYBACK (Años)
1	14.82	15	19562.40	5.99
2	20.52	20	27086.40	6.35
3	22.23	25	29343.60	6.54
4	29.64	30	39124.80	7.05
5	31.92	35	42134.40	7.30
6	39.90	40	52668.00	7.89
7	44.46	45	58687.20	8.20
8	47.88	50	63201.60	8.42

Tabla 5: Periodos de retorno estimados para cada uno de los casos de estudio.

En los cálculos anteriores se han tenido en cuenta los ahorros por autoconsumo y compensación de excedentes, así como unos gastos de mantenimiento estimados. Se aprecian unos periodos de retorno que oscilan entre los 6 y 9 años, estando dentro de los márgenes recomendados.

Teniendo en cuenta todo lo que se ha expuesto y siguiendo los criterios de selección nombrados anteriormente: maximización del autoconsumo, minimización de excedentes que no puedan acogerse a compensación y viabilidad económica de la inversión; se va a optar por desarrollar una instalación fotovoltaica para autoconsumo de 30 kW. Como se ha comentado antes, se buscará un acuerdo con la comercializadora para acogerse a compensación simplificada de excedentes.

La selección de una instalación de 30 kW se ha basado en que supera el 50% de demanda cubierta por autoconsumo, la cantidad de excedentes es tal que la totalidad de éstos es acogida por compensación simplificada y porque presenta un periodo de retorno muy aceptable teniendo en cuenta que la vida útil de una instalación fotovoltaica es de unos 25-30 años.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

5.3. ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS COMPONENTES

En las siguientes líneas se va a realizar una presentación de los componentes principales que conformarán la instalación. Es necesario conocer las características técnicas y prestaciones de cada uno de los componentes para entender la instalación como conjunto y su funcionamiento.

5.3.1. MÓDULO O GENERADOR FOTOVOLTAICO

El mercado de módulos fotovoltaicos no ha dejado de evolucionar. Hoy en día podemos encontrar paneles que presentan variedad de tamaños y potencias. Éstos ofrecen unos rendimientos que hace años eran inalcanzables, estando en márgenes que abarcan eficiencias de hasta el 24%.

Hoy en día hay un reducido grupo de fabricantes de módulos fotovoltaicos liderando el mercado. Entre los participantes de este grupo reducido destacan dos: LONGI y JINKO SOLAR. Éstos tienen actualmente dos modelos de módulo fotovoltaico monocristalino a la vanguardia, que son los módulos de las series HI-MO5 para LONGI y la serie TIGER PRO en el caso de JINKO SOLAR.

La elección para el proyecto desarrollado es el módulo fotovoltaico JKM570M-7RL4-V de la marca JINKO Solar. Éste, a diferencia de su competidor de la casa LONGI, se caracteriza por contar con una tecnología llamada *Tiling Ribbon* que consiste en eliminar el espacio entre células, aumentando así la eficiencia del módulo. A esto se le suma la técnica de partición de células comentada en el capítulo 2.3.1, que disminuye las pérdidas.



Imágen 3: Módulo solar JKM570M-7RL4-V.

En cuanto a rendimiento, ambos módulos tienen prestaciones similares, por lo que el factor económico ha sido el factor decisivo a la hora de realizar la selección.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

El modelo JKM570M-7RL4-V está compuesto por 156 células fotovoltaicas monocristalinas en una superficie de $2,73 \text{ m}^2$, ofreciendo una eficiencia del 20,85% y 570 Watios pico.

Se pueden ver algunas de las características eléctricas y físicas principales en el siguiente resumen, pudiéndose profundizar en detalle en la ficha técnica que se adjunta.

JKM570M-7RL4-V	
Dimensiones	
Longitud	2411 mm
Anchura	1134 mm
Espesor	35 mm
Peso	30,6 kg
Especificaciones eléctricas	
Potencia máxima (Pmax)	570 Wp
Tensión de máxima potencia (Vmp)	44,29 V
Corriente de máxima potencia (Imp)	12,87 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	53,74 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13,52 A
Eficiencia STC	20,85 %
Temperaturas de operación	-40°C~+85°C
Tolerancia de potencia	0~+3%
Coef. térmico de máxima potencia	-0.35%/°C
Coeficiente térmico de Voc	-0.28%/°C
Coeficiente térmico de Isc	0.048%/°C

Tabla 6: Resumen de ficha técnica del módulo solar JKM570M-7RL4-V.

Las características expuestas en la tabla anterior son referidas a las condiciones estándar STC de medida (Irradiación 1000 W/m^2 ; Temperatura de célula 25°C ; AM=1,5).

5.3.2. INVERSOR

Para llevar a cabo la selección del inversor se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Ratio potencia DC/AC.
- Eficiencia.
- Grandes márgenes de funcionamiento.
- Precio.

En la instalación proyectada se ha buscado que el ratio de conversión entre corriente continua y corriente alterna esté entre 1 y 1,3. Esto quiere decir que la potencia instalada en forma de módulos fotovoltaicos será entre 1 y 1,3 veces la potencia nominal del inversor para buscar una mayor rentabilidad.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

La instalación está dimensionada para 52 módulos de 570 Wp que suman una potencia total en el tramo de continua de 29,64 kWp. Para cumplir con el propósito de obtener una relación de potencias entre 1 y 1,3 deberemos seleccionar un inversor que presente una potencia ligeramente menor. La potencia del inversor la marcamos en 25 kW, de manera que nos queda un ratio DC/AC de 1,19.

En este rango de potencias nos encontramos los siguientes modelos líderes en el mercado nacional:

- SOLIS-25K-5G de la casa española SOLIS.
- FRONIUS ECO 25.0-3-S de la casa austriaca FRONIUS

La elección ha sido la de instalar el inversor trifásico centralizado de la marca SOLIS, concretamente el modelo SOLIS-25K-5G. Éste se caracteriza por presentar una eficiencia del 98,8 % en contraste con el 98,2% que presenta el modelo de FRONIUS, unos márgenes de tensión mucho más amplios que su competidor y por su seguridad y fiabilidad con nivel de protección IP65. Además, la tensión de salida de 400 V se adecúa a conectarse directamente con el CGBT.



Imágen 4: Inversor trifásico SOLIS-25K-5G.

Este modelo de inversor cuenta con 3 MPPT a diferencia del modelo de FRONIUS que tiene solamente 1, lo que da lugar a una mayor flexibilidad de diseño. Esta característica será primordial para el caso de nuestra instalación. A continuación se muestran algunas de las características principales del modelo seleccionado.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

SOLIS-25K-5G	
Entrada (CC)	
Potencia de entrada máxima recomendada	33 kW
Voltaje máximo de entrada	1100 V
Voltaje nominal	600 V
Voltaje de arranque	180 V
Rango de voltaje por MPPT	200 – 1000 V
Corriente máxima de entrada	26 A
Corriente máxima de cortocircuito	40 A
Número de MPPT	3
Número máximo de entradas	6
Salida (AC)	
Potencia nominal de salida	25 kW
Potencia máxima de salida	27,5 kW / 27,5 kVA
Frecuencia nominal de la red	50 Hz
Corriente nominal de salida	38 / 36,1 A
Corriente máxima de salida	41,8 A
THDi	< 3 %
Eficiencia	
Eficiencia máxima	98,8 %
Eficiencia EU	98,3 %

Tabla 7: Resumen de ficha técnica del inversor trifásico SOLIS-25K-5G.

5.3.3. ESTRUCTURA

El recubrimiento superior de la nave está compuesto por una cubierta de chapa metálica dispuesta de manera que da lugar a una geometría bifacial con una inclinación del 17,63%.

Las dos caras inclinadas de la cubierta que se pueden apreciar tienen orientaciones Este y Oeste con una desviación de en torno a 5 grados de Este a Sur o lo que es lo mismo, de Oeste a Norte. Los módulos se dispondrán sobre estas superficies inclinadas 10º, de manera que aprovecharán la geometría de la cubierta para acercarse a la perpendicularidad a la radiación solar. No se utilizarán estructuras inclinadas, los módulos se ensamblarán sobre una estructura coplanar, que a su vez se asentará sobre la cubierta metálica inclinada de la nave.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Una estructura coplanar para módulos fotovoltaicos está formada por los componentes citados a continuación:

- Guías: se trata del componente principal de una fijación coplanar. Consiste en varas metálicas dispuestas paralelamente sobre las que van colocados los paneles solares.
- Unión de guías: utilizadas para alinear distintos tramos de las guías.
- Tornillería: distinta tipología de tornilla para el asentamiento de la estructura y su unión a los módulos fotovoltaicos.
- Abrazaderas: se encargan de fijar los paneles a las guías.
- Grapas: su función es la de fijar los paneles que se encuentran en el comienzo y final de las distintas guías.

Esta modalidad de estructura fotovoltaica tiene la ventaja de aprovechar la inclinación propia de la cubierta, lo que abarata los costes y reduce los tiempos de obra en lo que a la estructura se refiere.

La estructura seleccionada para la instalación ha sido del tipo coplanar microrail con fijación para cubiertas metálicas. Es de la marca SUNFER y es válida para todo tipo de módulos con espesores entre 30 y 45 mm.

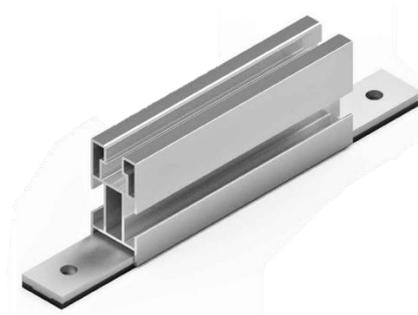
La estructura está diseñada para colocarse encima de la greca de la cubierta metálica. La marca dispone de kits preparados para soportar de 1 a 8 módulos y garantiza soportar rachas de viento de hasta 150 km/h. Los materiales que presenta son de alta calidad.

La estructura seleccionada quedará dispuesta sobre la cubierta de la siguiente manera.



Imágen 5: Disposición del soporte coplanar para cubiertas metálicas inclinadas.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)



Imágen 6: Microrail que constituye la estructura coplanar SUNFER 06H.

Se adjunta a esta memoria la ficha técnica de la estructura seleccionada. Los cálculos estructurales que justifican la viabilidad de esta estructura se podrán ver en detalle en el capítulo que se desarrolla a continuación.

5.3.3.1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

En este apartado analizaremos si es posible ensamblar sobre la cubierta los módulos y la estructura que los sostiene. Es necesario comprobar si es viable primordialmente por motivos de seguridad, pero también para conocer la resistencia y estabilidad que proporcionará. Para ello se calcula la sobrecarga que significará el conjunto que forman la estructura y los módulos, tal como manda el código técnico de la edificación. El peso unitario de cada componente que se colocará sobre la cubierta viene dado en la siguiente tabla:

Componente	Peso
Estructura	10 kg/m
Módulo	30,60 kg

Tabla 8: Peso unitario de los componentes sobre cubierta.

La instalación estará compuesta por 52 módulos que necesitarán un total de 120 fijaciones microrail, lo que suma un total de 24 metros de guía microrail. A esto se le tiene que añadir distintos componentes como tornillería, cableado y auxiliares a la fijación.

La carga principal vendrá dada por los módulos más fijaciones y se deduce de la siguiente expresión:

$$P_p = (m_m \cdot n_m + m_e \cdot n_e) \cdot g \quad (kN)$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

$$P_d = \frac{P_p}{A} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Siendo:

P_p : carga peso puntual (N)

P_d : carga peso distribuida en toda la superficie de la cubierta (N)

A : Superficie de cubierta ocupada por módulos que es independiente estructuralmente (m^2)

m_m : peso unitario en masa del módulo (kg)

m_e : peso unitario en masa de la estructura ($\frac{kg}{m^2}$)

n_m : número de módulos dispuestos sobre la cubierta

n_e : número de metros utilizados para fijar los módulos sobre la cubierta

La nave industrial está dividida en 4 habitáculos iguales en superficie por muros de contención. Los módulos y estructuras se van a colocar de tal manera que queden dentro del área de cubierta que cubre uno de los habitáculos; es decir, irán dispuestos sobre una superficie de 900 m² de cubierta como se aprecia en el plano adjunto. Por lo tanto, para calcular la carga distribuida se tomará un área de 900 m².

Introduciendo los datos conocidos, llegamos a:

$$P_p = (30,60 \cdot 52 + 10 \cdot 24) \cdot 9,81 = 17964,072 \text{ N} = 17,964 \text{ kN}$$
$$P_d = \frac{17,964 \text{ kN}}{900} = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

El requisito mínimo de solidez estructural que marca el código técnico de la edificación se puede observar en la tabla 3.1 “Valores característicos de las sobrecargas de uso” el DB SE-AE (“Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la edificación”). La categoría de uso en la que se encuentra acogida la instalación proyectada es la G, subcategoría G-1.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme	Carga concentrada
				[kN/m ²]	[kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Imágen 7: Valores característicos de las sobrecargas de uso. Fuente:DBSE-AE del CTE.

En la tabla se puede ver que las cubierta accesibles únicamente para conservación inclinadas menos de 20 grados deben estar diseñadas de tal manera que soporten un esfuerzo distribuido de 1 kN/m^2 . En el caso de la instalación proyectada, a esta sobrecarga se le añade la sobrecarga inducida por el conjunto de módulos y estructuras, que contemplándola en $0,02 \text{ kN/m}^2$ significa un 2 % de sobrecarga distribuida añadida.

Se entiende que la estructura de la nave fue dimensionada para no sólo soportar un esfuerzo distribuido de 1 kN/m^2 por motivos de conservación y mantenimiento, y que por tanto un 2 % de sobrecarga añadida es permisible.

5.3.4. CABLEADO

La selección del cableado se va hacer de tal manera que las distintas conexiones cumplan lo descrito en el BOE 326 para el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

- Cableado de corriente continua.

Este consistirá en el cableado que proporciona la conexión entre strings e inversor, así como la conexión entre módulos.

La marca TECSUN es popularmente utilizada y su modelo H1Z2Z2-K es específico para instalaciones fotovoltaicas. Cuenta con la certificación TÜV, VDE y EN50618. Presenta las siguientes características:

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

- Metal: Cobre.
 - Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
 - Temperatura máxima en el conductor: 120 °C (2000 h); 90 °C (30 años); 250°C en cortocircuito.
 - Material aislante: Compuesto reticulado EPR. Doble aislamiento (clase II).
- Cableado de corriente alterna.

Este tramo de conexiones se encargará de la conexión entre el inversor y el cuadro general de baja tensión. Se ha elegido el cable HARMONY XZ1. Sus características son las siguientes:

- Metal: Aluminio.
- Aislante: XLPE
- Cubierta exterior: PVC

Ambas fichas técnicas se adjuntan para más detalle.

5.3.4.1. *DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO*

Para el dimensionamiento y selección del cableado de la instalación se ha seguido lo descrito en el Reglamento electrotécnico para Baja Tensión, REBT_ITC-BT-40. Este, en su apéndice II, define dos criterios para la selección del diámetro del cableado de conexión: criterio térmico y criterio de caída de tensión. El criterio térmico, marcando una corriente máxima admisible, comprueba que la emisión de calor por parte del conductor sea siempre menor a la soportada por el material aislante del cable. El criterio de caída de tensión marca una caída de tensión máxima admisible. Cogiendo como referencia el ITC-BT-40 del REBT, se marca la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la RED de distribución pública o a la instalación interior en 1,5% para la intensidad nominal. Por otro lado, el IDAE marca la caída de tensión máxima del cableado de corriente continua en un 1,5% entre la caída de tensión en el cableado de string y el cableado que conecta el cuadro de strings con el inversor. En cuanto al cableado de corriente alterna, la caída de tensión máxima está marcada en 1,5%.

Se analizarán los dos criterios y se elegirá el más restrictivo; es decir, el que mayor diámetro requiera. Esto se realizará tanto para el tramo de continua como para el tramo de alterna.

Por otro lado, como material de apoyo se ha hecho uso de las normas UNE-HD 60364-5-52 (instalaciones eléctricas de baja tensión) y UNE-EN 50618 (Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos).

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

5.3.4.1.1. CABLEADO DE CONTINUA

- Criterio térmico.

La intensidad máxima admisible vendrá dada por una corriente de referencia que posteriormente se corregirá. Esta corriente de referencia viene marcada como el 125% de la corriente máxima del generador; o lo que es lo mismo, la corriente máxima de string. Para su posterior corrección se hará uso de la siguiente expresión:

$$I_{m\acute{a}x.adm} > \frac{I_B}{K_A K_B} = \frac{1,25 * I_{max.str}}{K_A K_B}$$

Siendo:

$I_{m\acute{a}x.adm}$: Intensidad máxima admisible por el cableado.

I_B : Intensidad de referencia. $I_B = 1,25 * I_{max.str}$

K_A : Coeficiente de reducción por agrupación de cables.

Fuente: UNE – HD 60364 – 5 – 52

K_B : Coeficiente de reducción por temperatura de operación distinta a 60°C.

Fuente: UNE – HD 60364 – 5 – 52

K_A será 0,65 según tabla B.52.17 de la norma UNE-HF 60364-5-52 ya que se cuenta con cuatro cables multipolares en el tramo final de la conexión de continua.

K_B será 0,75 para una temperatura máxima de conductor de 90°C según la tabla A.4 de la norma UNE-EN 50618. Dicho esto:

$$I_{m\acute{a}x.adm} > \frac{I_B}{K_A K_B} = \frac{1,25 * 13,38}{0,65 * 0,75} = 34,31 A$$

Expuesto esto, se sabe que la intensidad máxima que admita el cable debe de estar por encima de este valor de referencia.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Tabla A.4 – Factores de conversión de la intensidad admisible para las diferentes temperaturas ambiente

Temperatura ambiente °C	Factor de conversión
Hasta 60	1,00
70	0,92
80	0,84
90	0,75

Imágen 8: Tabla A.4 para factores de reducción por temperatura de operación distinta de 60°C. Fuente: UNE-EN 50618

Tabla B.52.17 – Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar para usarse con las corrientes admisibles de las tablas B.52.2 a B.52.13.

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares												Para usarse con las corrientes admisibles, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F

Imágen 9: Tabla B.52.17 para factores de reducción por agrupación de cables.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Tabla A.3 – Intensidad máxima admisible de los cables fotovoltaicos

Sección nominal mm ²	Intensidad máxima admisible de acuerdo con el método de instalación		
	Un único cable al aire libre A	Un único cable sobre una superficie A	Dos cables cargados en contacto, sobre una superficie A
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620

Temperatura ambiente: 60 °C (Para otras temperaturas ambiente véase tabla A.4).
Temperatura máxima del conductor: 120 °C.

NOTA El periodo de utilización previsto a una temperatura máxima del conductor de 120 °C y una temperatura ambiente máxima de 90 °C es de 20 000 h.

Imágen 10: Tabla de intensidades máximas admisibles de los cables fotovoltaicos.

- Criterio de caída de tensión.

Se debe garantizar una caída de tensión menor al 1,5%. Para su comprobación se debe analizar el caso más desfavorable.

$$S_{string} = \frac{2 * L_{string} * I_{max.str}}{\frac{\varepsilon}{100} V_{string} * \sigma_{T.max}}$$

Siendo:

$I_{max.str}$: Intensidad máxima de string. 13,38 A

L_{string} : Longitud del cableado de string. Medida en plano resulta 45 m

V_{string} : Suma de tensiones de máxima potencia de cada módulo por string. 44,29 V
* 13 = 575,77 V

ε : Caída de tensión máxima. 1,5%

$\sigma_{T.max}$: Conductividad del cobre en condiciones de temperatura máxima. $44 \Omega^{-1} * m/mm^2$

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Con esto:

$$S_{string} = \frac{2 * 45 * 13,38}{\frac{1,5}{100} * 575,77 * 44} = 3,16 \text{ mm}^2$$

El caso más crítico lo marca el criterio de caída de tensión. Acudiendo a la tabla A.3 de la norma UNE-EN 50618 se lleva a cabo la selección de 4 mm² para la sección del cable de corriente continua, que tendrá una intensidad máxima admisible de 52 A.

5.3.4.1.2. CABLEADO DE ALTERNA

De la misma manera, se procede a realizar los cálculos para el tramo de corriente alterna.

- Criterio térmico.

En este caso, la corriente de referencia vendrá deducida de la corriente máxima de salida del inversor (41,8 A).

$$I_B = 1,25 * I_{max.inv} = 1,25 * 41,8 = 52,25 \text{ A}$$

Siendo:

$I_{max.inv}$: Corriente máxima de salida del inversor. 41,8 A

- Criterio de caída de tensión.

En el caso de alterna trifásica, la expresión que deduce la sección mínima es la siguiente:

$$S_{alterna} = \frac{\sqrt{3} * L_{alterna} * I_{max.inv}}{\frac{\epsilon}{100} * V_n * \sigma_{T.max}} = 15,93 \text{ mm}^2$$

Siendo:

$L_{alterna}$: Longitud del cable que conecta la salida del inversor con el CGBT.
Estimada sobre plano en 40 metros

$I_{max.inv}$: Intensidad máxima de salida del inversor. 41.8 A

V_n : Tensión del sistema. 400 V

$\sigma_{T.max}$: Conductividad del aluminio en condiciones de temperatura máxima.

$$30,3 \text{ } \Omega^{-1} * \text{m} / \text{mm}^2$$

Observando la ficha técnica del cable seleccionado, ambos criterios llevan a escoger una sección de 16 mm².

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

5.3.5. PROTECCIONES

Durante el funcionamiento de cualquier instalación eléctrica se pueden dar casos en los que por motivo de una avería o mal funcionamiento aparezcan intensidades y tensiones mayores que las nominales para las que se ha diseñado la instalación. Por este motivo, se deben de añadir a las instalaciones en cuestión equipos de protección que identifiquen las anomalías en el funcionamiento y actúen ante ellas. Estas protecciones son herramientas para la protección de los usuarios así como para la protección de las partes de la instalación afectadas.

En el proyecto aquí desarrollado se han seleccionado las protecciones en base a lo descrito en el BOE-326 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como se ha hecho uso de material descrito en las normas UNE-HD 60364 de Instalaciones eléctricas de baja tensión, capítulo 4-41 de protección para garantizar la seguridad.

- Protección frente a contactos directos e indirectos

Existen unos requisitos que las instalaciones eléctricas de baja tensión tienen que cumplir para garantizar la seguridad de los usuarios. Para proteger a los usuarios en el caso de un contacto directo la instalación cuenta con:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Según desarrolla el REBT, para proteger a los usuarios en el caso de un contacto indirecto la instalación debe contar con:

- Esquema IT para la protección por corte automático de la alimentación.
- Protección por empleo de equipos de clase II o por aislamiento equivalente.

Se va a hacer uso de un interruptor automático diferencial que se encargará de proteger a los usuarios de contactos indirectos.

- Protección frente a sobretensiones.

Según el REBT, es preciso distinguir entre dos tipos de sobretensiones: las producidas como consecuencia de la descarga directa del rayo y las debidas a la influencia de la descarga lejana del rayo, conmutaciones de la red, defectos de la red, efectos inductivos, capacitivos, etc.

En el caso de la instalación proyectada, el inversor cuenta con un descargador de sobretensiones de tipo II tanto para el tramo de continua como para el de alterna.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

- Protección frente a sobreintensidades.

Las sobreintensidades pueden ser inducidas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento.
- Cortocircuitos
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Para proteger la instalación en los casos citados se va a hacer uso de un interruptor magnetotérmico, cuya función es desconectar automáticamente la instalación cuando se den casos de corrientes superiores a las de cortocircuito por parte de la distribución.

Para cada string se empleará un fusible de 15 A, suficiente para proteger ante una corriente máxima de string de 13,38 A. En el lado de alterna, la corriente de salida del inversor es 36,1 A, por lo que se emplearán un interruptor automático diferencial de 63 A y un interruptor magnetotérmico de 50 A.

5.4. DISPOSICIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

5.4.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.

Como se ha introducido en el capítulo 5.3.3., se van a disponer los módulos de tal manera que irán colocados sobre la cubierta metálica de la nave. Para ello se hará uso de una estructura del tipo coplanar que no les proporcionará mayor inclinación que la que la que presenta la cubierta por su construcción.

En cuanto a la orientación de los módulos, al estar dispuestos sobre la cubierta y sin inclinación añadida, éstos quedarán orientados por un lado de la cubierta en dirección OESTE y por otro en dirección ESTE. Con una desviación de 5 grados de ESTE a SUR, o lo que es lo mismo, de OESTE a NORTE.

5.4.2. STRINGS

Una parte fundamental en el diseño de una instalación fotovoltaica es conseguir que se trabaje en puntos de funcionamiento correctos. La tensión y corriente del punto de funcionamiento de la instalación van a estar condicionadas por el diseño que se lleve a cabo. Para entender el siguiente capítulo es necesario conocer el concepto de string. Un string se da cuando se lleva a cabo la disposición de módulos fotovoltaicos conectados en serie.

La tensión del generador fotovoltaico será la suma de tensiones de los módulos que se conecten en serie formando un string. La corriente de entrada al inversor será la suma de las corrientes que convergen desde los distintos strings que forman el generador fotovoltaico. Esto es así ya que un conjunto de strings conectados en paralelo presentan una misma tensión y una corriente igual a la suma de las corrientes de salida de cada string.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Se puede definir el tamaño y cuantía de strings conociendo las características eléctricas del inversor generalizado donde van a converger. Se sabe que el inversor trifásico central elegido tiene las siguientes condiciones de entrada.

SOLIS-25K-5G	
Entrada (CC)	
Voltaje máximo de entrada	1100 V
Voltaje nominal	600 V
Voltaje de arranque	180 V
Rango de voltaje por MPPT	200 – 1000 V

Tabla 9: Voltajes de entrada al inversor SOLIS-25K-5G.

Para el correcto funcionamiento de la instalación, y en concreto del inversor, se debe mantener la tensión del generador fotovoltaico dentro del margen establecido en la ficha técnica del inversor. Por lo tanto, se debe definir cada string de manera que la tensión de salida de éstos este entre 200 y 1000 V, siendo este el rango de funcionamiento óptimo.

Se tiene, por tanto, que conocer los datos técnicos que presenta el módulo fotovoltaico seleccionado para el proyecto. Al valor máximo de tensión que presenta el módulo se le denomina tensión de circuito abierto V_{oc} . Por otro lado, hay que tener en cuenta la tensión de máxima potencia que presenta el módulo fotovoltaico V_{mp} .

JKM570M-7RL4-V	
Tensión de máxima potencia (V_{mp})	44,29 V
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	53,74 V

Tabla 10: V_{oc} y V_{mp} del módulo JKM570M-7RL4-V.

Estos valores son datos medidos a condiciones estándar STC, a 25°C y una irradiación igual a 1000 W/m². Estas condiciones no son las que se van a dar realmente, por lo que existen métodos para corregir los datos técnicos a unas condiciones dadas. Para ello se hace uso de los coeficientes de corrección que data la ficha técnica del módulo elegido. En el caso del módulo JKM570M-7RL4-V se tienen los siguientes coeficientes de corrección para potencia, tensión y corriente.

JKM570M-7RL4-V	
Coef. térmico de máxima potencia	-0.35%/°C
Coeficiente térmico de V_{oc}	-0.28%/°C
Coeficiente térmico de I_{sc}	0.048%/°C

Tabla 11: Coeficientes térmicos de corrección del módulo JKM570M-7RL4-V.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

La expresión de la que haremos uso para corregir la tensión será la siguiente:

$$V = V(STC) + coef \cdot (Tc - 25)$$

Siendo:

V: tensión corregida (V).

V(STC): Tensión medida a condiciones estándar (25°C, 1000 W/m²) (V)

Coef: coeficiente térmico de Voc (%/°C)

Tc: Temperatura de operación de la célula fotovoltaica.

La temperatura de célula para condiciones dadas vendrá definida por la siguiente expresión:

$$T_c = T_{amb} + \frac{(NOCT - 20)}{800} \times irradiancia$$

Siendo:

Tamb: Temperatura ambiente.

NOCT: Temperatura de la célula en condiciones normales (800 W/m² y 20°C)

irradiancia: irradiación incidente media (kWh/m²)

Una vez expuesto esto, la temperatura de operación de la célula para la localización dada es:

$$T_c = 17,15 + \frac{(45 - 20)}{800} \times 157,53 = 22,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Los valores de Irradiación media y temperatura ambiente media se han obtenido del software PVGIS, desarrollado por la comisión europea.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Desarrollando la ecuación para corregir la tensión se llega a las siguientes tensiones corregidas:

JKM570M-7RL4-V	
Tensión de máxima potencia (Vmp)	45,11 V
Tensión de circuito abierto (Voc)	54,56 V

Tabla 12: Voc y Vmp corregidas del módulo JKM570M-7RL4-V.

Una vez corregidas las tensiones, el número de módulos que se pueden conectar en serie vendrá dado por los siguientes límites.

$$N^{\circ} \text{ módulos en serie} \leq \frac{1000 \text{ V}}{54,56 \text{ V}} = 18,33 \approx 18 \text{ módulos}$$

$$N^{\circ} \text{ módulos en serie} \geq \frac{200 \text{ V}}{45,11 \text{ V}} = 4,43 \approx 5 \text{ módulos}$$

Por tanto, se sabe que los strings estarán formados por cadenas de entre 5 y 18 módulos conectados en serie.

Para definir el número exacto de módulos que formarán cada string se debe de tener en cuenta el tamaño de la instalación, lo que lleva al número de módulos necesarios para formar el generador fotovoltaico. La instalación proyectada se compone de 52 módulos fotovoltaicos, el siguiente paso es definir como irán distribuidos. Se conoce gracias a los cálculos anteriores que los strings se pueden comprender de entre 5 y 18 módulos. Lo que se debe de analizar ahora es el número de strings que compondrán el generador fotovoltaico, de esa manera sabremos cuantos módulos formarán cada uno. Para ello se hace uso de las siguientes características de entrada del inversor y salida del módulo:

SOLIS-25K-5G	
Entrada (CC)	
Corriente máxima de entrada por MPPT	26 A
Corriente máxima de cortocircuito	40 A
Número de MPPT	3
Número máximo de entradas	6

Tabla 13: Corrientes de entrada y número de MPPT del inversor SOLIS-25K-5G.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

De la corriente máxima por MPPT se deduce la corriente máxima de entrada al inversor:

$$Corriente\ máxima = 26\ A \times 3 = 78\ A$$

De esta manera, el número límite de strings se puede deducir de la desigualdad siguiente:

$$N^{\circ}\ strings \times I_{max.str} \leq 78\ A$$

Siendo:

$N^{\circ}\ strings$: Número límite de strings que soporta el inversor.

$I_{max.str}$: Corriente máxima de salida de string.

La corriente máxima de salida de un string será la corriente máxima de salida de cada uno de los módulos que lo componen. Estos es así ya que en módulos conectados en serie la corriente es la misma.

La corriente máxima del módulo viene dada en la ficha técnica como corriente de cortocircuito I_{sc} .

JKM570M-7RL4-V	
Corriente de máxima potencia (I_{mp})	12,87 A
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	13,52 A

Tabla 14: Corrientes del módulo JKM570M-7RL4-V.

Estos datos, al igual que ocurre con las tensiones, son referenciados a unas condiciones estándar STC. Para su corrección se hará uso de la siguiente expresión:

$$I_{max.str} = I_{sc} + coef \cdot (T_c - 25^{\circ}C)$$

Siendo:

$coef$: Coeficiente de corrección de I_{sc} . 0,048 %/ $^{\circ}C$

T_c : Temperatura de célula. Calculada anteriormente.

$$I_{max.str} = 13,52 + 0,048 \cdot (22,07 - 25^{\circ}C) = 13,38\ A$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Una vez corregida la corriente máxima de string se puede deducir la cantidad de strings que compondrán el generador fotovoltaico.

$$N^{\circ} \text{ strings} \leq \frac{78 \text{ A}}{13,38 \text{ A}} = 5,83 \approx 5 \text{ strings}$$

Se demuestra entonces que el número total de strings que deben de componer el generador tiene que ser menor que 5.

La instalación diseñada se va a componer de 4 strings como ya se había introducido en el capítulo de optimización de la potencia a instalar. Cada uno de los strings estarán formado por 13 módulos fotovoltaicos.

$$N^{\circ} \text{ strings} = 4 \text{ strings}$$

$$N^{\circ} \text{ módulos por string} = 13 \text{ módulos}$$

5.4.2.1. CONEXIÓN DE LOS STRING

Como se ha nombrado anteriormente, la instalación se compondrá de dos grupos de módulos. Uno de los grupos de módulos tendrá orientación ESTE y el otro OESTE. Esto se ha definido de esta manera porque se ha interpretado una curva de consumo regular a lo largo de toda la jornada laboral, que va de 8 de la mañana a 17 de la tarde. Este hecho lleva a pensar en la necesidad de cubrir demanda durante todo ese horario. Para ello, dispondremos de una cantidad de strings con orientación ESTE y otros con orientación OESTE.

Ahora bien, si se conectaran los 4 strings con orientaciones distintas a la misma entrada MPPT del inversor se darían notables diferencias de potencia entre los strings con una orientación y con la otra. Por este motivo, lo que se ha definido para buscar el mayor rendimiento a lo largo de toda la jornada laboral es conectar 2 strings con orientación ESTE a una entrada MPPT y 2 strings con orientación OESTE a otra entrada MPPT distinta. De lo contrario el inversor trabajaría siempre en la situación más desfavorable, lo que significaría una pérdida de rendimiento muy importante.

6. ANÁLISIS ENERGÉTICO

Una vez definidos la potencia de la instalación, su diseño y los componentes que la compondrán se puede dar paso al análisis energético de ésta.

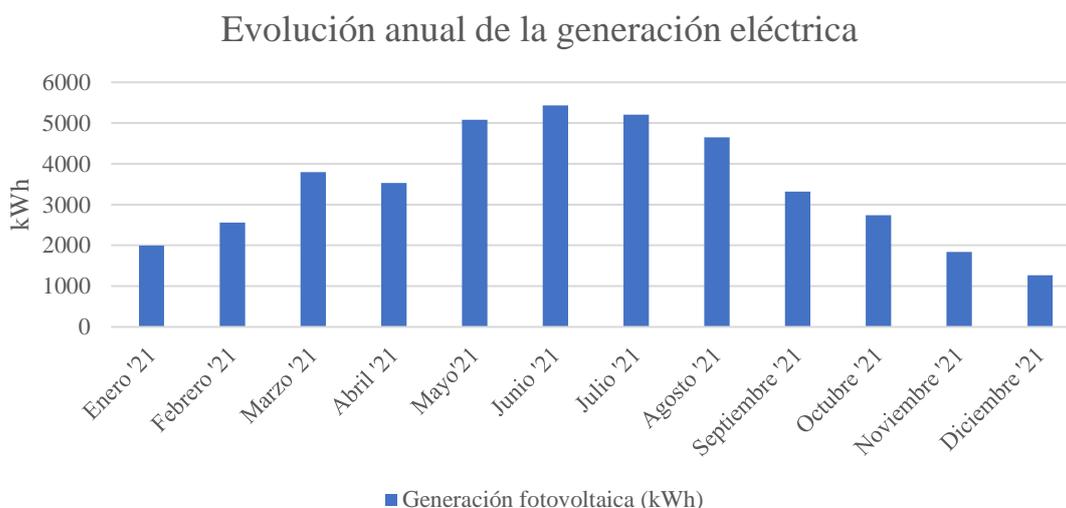
6.1. ESTUDIO DE GENERACIÓN. SIMULACIÓN CON SYSTEM ADVISOR MODEL

En el capítulo 4.2.2. se ha hecho una breve introducción al perfil de consumo que muestra Paleplast. Conociendo el perfil de consumos se ha podido tener una visión de las necesidades de la empresa y con esta visión se ha llevado a cabo el diseño de la instalación.

Para poder tener datos representativos y realista sobre la generación de energía de la instalación proyectada se ha hecho uso del software SAM. Para llevar a cabo la simulación de forma eficaz se han de introducir todos los datos técnicos de los componentes, así como definir el número de strings, su tamaño, la orientación de los módulos y las prestaciones del inversor. En el caso de este proyecto no se ha hecho uso de un estudio de sombras porque el emplazamiento carece de ninguna.

Una vez introducida toda la información necesaria se procede a la simulación. Como resultado se obtienen un perfil de generación fotovoltaica por horas a lo largo de un año, así como una estimación de pérdidas eléctricas y de otras naturalezas, y variedad de información añadida sobre el funcionamiento del sistema.

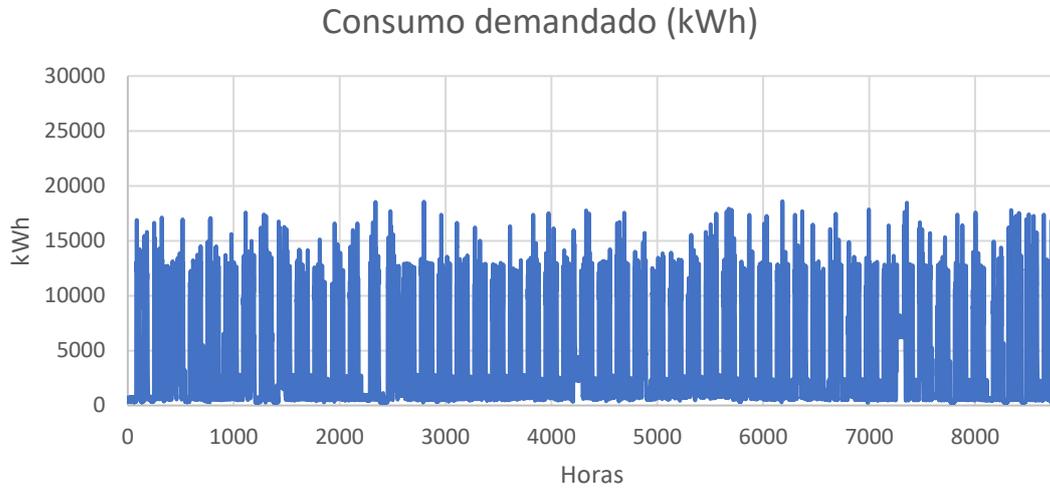
En la siguientes líneas se procede a analizar el perfil de generación energética que se ha obtenido mediante el software System Advisor Model. En la figura a continuación se aprecia los balances netos de generación a lo largo de una año.



Gráfica 10: Evolución anual de la generación. Elaboración propia.

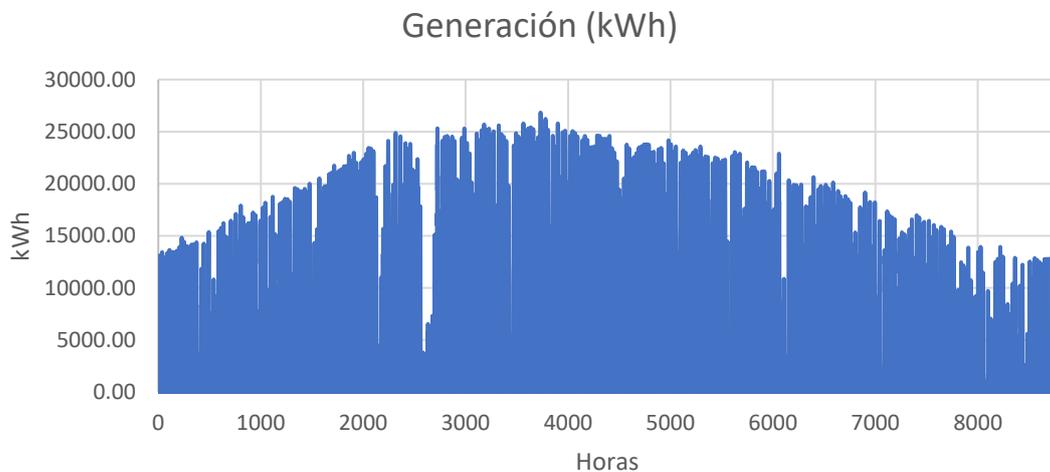
Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Para tener una visión temporal que sirva de apoyo al cotejo de datos entre demanda y generación, a continuación se muestran dos gráficas en las que vienen representados los consumos demandados hora a hora, así como la energía producida hora a hora.



Gráfica 11: Evolución de la demanda hora a hora

A continuación, de la misma manera se representa la energía producida hora a hora, resultado de la simulación del software SAM.



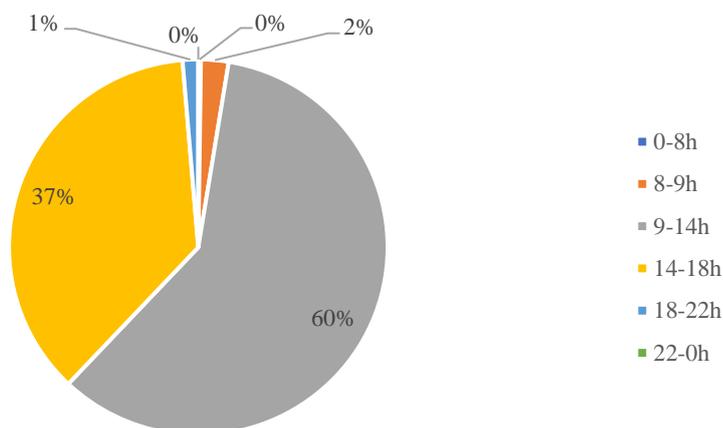
Gráfica 12: Evolución de la generación hora a hora.

La generación total alcanza los 41,41 MWh. Se observa a simple vista que la generación fotovoltaica aumenta conforme nos acercamos al ecuador del año, siendo cuando el sol tiene una altura mayor y los rayos del sol inciden con mayor perpendicularidad. A este hecho se le suma la poca inclinación de los módulos (10°). El rango medio de generación se asemeja al de consumo, cosa que se pretendía a la hora de dimensionar la instalación. Esto lleva a aumentar el porcentaje de autoconsumo, así como mantener la cantidad de excedentes dentro de los límites acogidos a compensación simplificada de excedentes.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

En la figura que se muestra a continuación se puede observar cómo se distribuye la generación a lo largo de un día medio. Se expone la generación por periodos horarios, de manera similar a como se ha mostrado en el capítulo 4.2.2. la distribución del consumo. Para mostrar una distribución que sea representativa se ha realizado el cotejo de todos los datos anuales hora a hora. La distribución queda:

Distribución por periodos de la generación anual



Gráfica 13: Distribución de la generación anual en los periodos horarios. Elaboración propia.

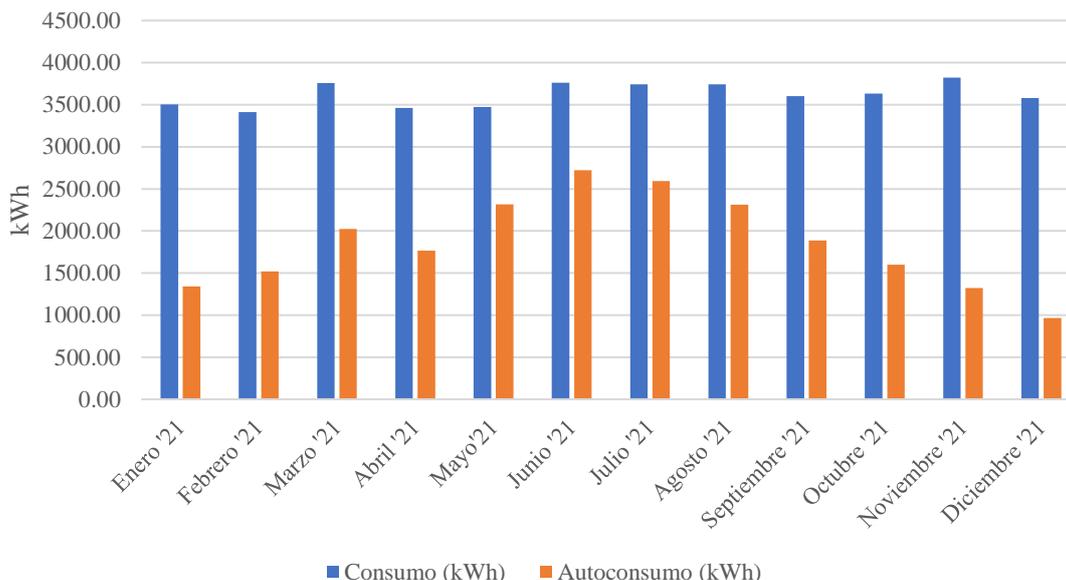
La figura anterior es de fácil interpretación. Como es de esperar, toda la generación fotovoltaica se realiza durante las horas de sol, principalmente entre las 9 de la mañana y las 6 de la tarde. Este perfil de generación se adecua en gran medida al perfil de consumo analizado en capítulos anteriores.

6.1.1. AHORRO ENERGÉTICO

Como ya se ha comentado previamente, la mayor parte del ahorro vendrá proporcionada por la proporción de demanda que se autoconsume de la propia energía producida. Para analizar el nivel de autoconsumo que se alcanza se han cotejado los datos horarios de consumo y generación, de tal manera que se tiene una visión precisa del alcance de la instalación. En la siguiente gráfica se puede apreciar la proporción de consumo que queda cubierta por generación fotovoltaica y que por tanto, se ahorra en cada factura.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Relación Demanda - Autoconsumo



Gráfica 14: Evolución anual de la proporción de demanda cubierta por autoconsumo.

Habiéndose comparado hora a hora, el porcentaje de consumo que es abastecido por la instalación proyectada alcanza el valor de 51,45%. En otras palabras, si la producción anual es de 41,41 MWh, el 54 % de ésta se destina a cubrir la demanda eléctrica de la nave industrial.

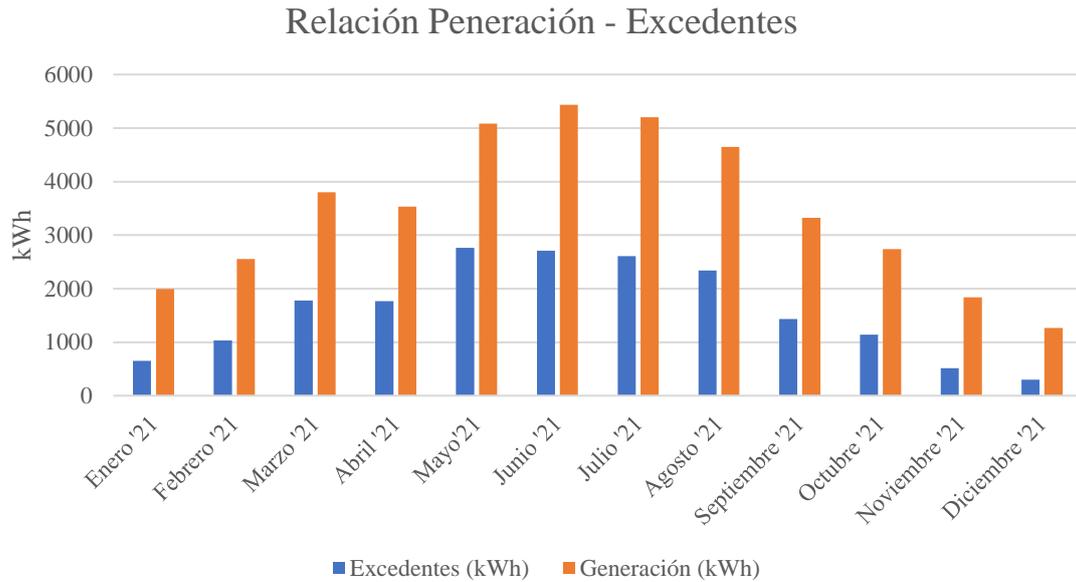
Todo esto supone un ahorro económico muy importante que se analizará en detalle durante el análisis de ahorros y viabilidad económica.

6.1.2. GENERACIÓN EXCEDENTE

Al ahorro económico que supone el autoconsumo se le suma el ahorro provenientes de los excedentes vertidos a red. Como se ha explicado anteriormente, la compensación simplificada de excedentes consiste en llegar a un acuerdo con la comercializadora para que descuenta del coste remanente en la factura tras autoconsumo los excedentes de producción a un precio acordado. Este ahorro puede llegar como máximo a anular el coste del consumo eléctrico, o lo que es lo mismo, llevar a 0 el coste del término de la energía en la factura.

Para tener una visión de la producción de excedentes a lo largo del año se hace uso de la siguiente gráfica. En ella se muestra la cantidad de excedentes producidos mes a mes y la proporción que representan de la generación total.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)



Gráfica 15: Evolución anual de la producción de excedentes.

Como se verá más adelante en el capítulo de ahorro y análisis económico, se ha diseñado la instalación de tal manera que la totalidad de los excedentes se acojan a compensación, no vertiendo a red excedentes que no se compensen económicamente y por tanto queden a beneficio de la comercializadora.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO. VIABILIDAD DE LA INVERSIÓN

7.1. AHORRO ECONÓMICO.

El propósito principal de la instalación es el ahorro económico. Éste vendrá inducido por la demanda cubierta por autoconsumo y por la compensación económica de la generación excedente.

En el capítulo anterior se ha hecho una presentación de los resultados de la simulación obtenida con SAM. Para convertir esta información en datos económicos se va a hacer uso de los precios medios del término de energía que se tuvieron en 2021, año elegido como representativo para el ejercicio de consumos de la empresa.

El precio medio de la electricidad que se presentó en 2021 fue de 217,30 €/MWh. Cotejando los datos del precio de la energía de manera horaria, se puede hallar el precio medio de la energía por periodos de facturación. Como se ha nombrado anteriormente, el análisis se va a efectuar en referencia a la tarifa 3.0TD, aunque Paleplast actualmente tenga contratada la 2.0TD. Esto es porque con el aumento de la potencia contratada indicado en el capítulo “contexto energético de la empresa”.

Dicho esto, los precios medios para el término de energía en cada uno de los periodos es el siguiente:

Periodo de facturación	Precio Te (€/kWh)
P1	0,2341
P2	0,2270
P3	0,2128
P4	0,2064
P5	0,2008
P6	0,1934

Tabla 15: Precios medios de la energía por periodo de facturación.

Ahora, comparando generación y consumo hora a hora, mes a mes, se llega al siguiente balances de autoconsumo a lo largo del año. En la siguiente tabla queda expuesto el ahorro económico mensual debido al autoconsumo a lo largo de todo 2021.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Mes	Ahorro debido a autoconsumo (€)	Término de energía remanente tras autoconsumo (€)
Enero '21	304,87	478,60
Febrero '21	348,81	429,02
Marzo '21	444,92	377,56
Abril '21	359,17	343,11
Mayo '21	471,97	233,43
Junio '21	569,65	214,12
Julio '21	595,64	256,43
Agosto '21	484,00	296,45
Septiembre '21	394,76	356,87
Octubre '21	324,68	410,85
Noviembre '21	291,52	543,31
Diciembre '21	221,20	595,11
TOTAL	4811,22	4543,85

Tabla 16: Ahorro económico mes a mes debido a autoconsumo.

En la primera columna se expone la cantidad ahorrada mes a mes gracias a la energía autoconsumida. En la segunda tabla se presentan los términos de energía remanentes tras autoconsumo, los cuales se verán descontados por los excedentes compensados.

Destacar que si el coste del término de energía anual de Paleplast fue de 9355.07 €, el ahorro total anual de 4811,22 € por autoconsumo supone un 51,40 % de ahorro anual, tal como se ha comentado en términos de energía en el apartado anterior.

7.2. COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA DE EXCEDENTES

Otra parte fundamental del ahorro económico vendrá inducida por la nombrada compensación de excedentes, que tras llegar a un acuerdo con la comercializadora significarán un descuento en el coste del término de energía que queda remanente en las facturas de cada mes. Para convertir esta generación excedente en un valor económico que se pueda cotejar, se ha hecho uso de unos precios estimados para cada uno de los periodos de facturación de la tarifa 3.0TD.

Hay que entender que el precio al que se descuentan los excedentes no es el mismo que al que se paga el kWh en la factura, sino que son precios de venta acordados con la comercializadora en cuestión. Unos precios ajustados a la realidad para realizar una estimación son los siguientes, aproximadamente un tercio del precio de la energía medio del año. Se estima en un tercio debido a que se tiene que eliminar la parte proporcional que se paga en forma de peaje a la distribuidora y después aún se ve más reducido porque la comercializadora no lo descuenta al mismo precio que lo cobra, sino que lo hace a un valor menor. Por tanto, se han cogido como referencia los expuestos en el capítulo anterior y se han reducido a un tercio de estos, quedando:

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Periodo de facturación	Precio descuento Excedentes (€/kWh)
P1	0,08194
P2	0,07945
P3	0,07448
P4	0,07224
P5	0,07028
P6	0,06769

Tabla 17: Precios medios para el descuento de excedentes por periodo de facturación.

Partiendo de estos precios, habiendo cotejado los valores horarios de excedentes mes a mes y haciendo la conversión llegamos a los siguientes ahorros mensuales por compensación simplificada de excedentes:

Mes	Ahorro debido a compensación simplificada de excedentes (€)
Enero '21	47,14
Febrero '21	74,30
Marzo '21	128,05
Abril '21	122,93
Mayo '21	191,48
Junio '21	191,35
Julio '21	191,64
Agosto '21	164,32
Septiembre '21	100,73
Octubre '21	78,61
Noviembre '21	36,56
Diciembre '21	21,87
TOTAL	1348,98

Tabla 18: Ahorro económico mes a mes debido a compensación simplificada de excedentes.

Puntualizar que para llegar a los valores reales de ahorro económico debido a excedentes se ha tenido en cuenta que nunca sobrepasen el coste del término de energía remanente tras autoconsumo, puesto que este valor es el máximo compensable. Es decir, el máximo descuento se alcanza cuando anulas el coste del término de energía de la factura.

Si se le suma al ahorro de 4811,22 € proveniente del consumo la cifra de 1348,98 € compensados por vertido de excedentes, se llega a un ahorro anual de 6160,20 €, lo que representa casi un 65,85 % del coste del término de energía anual, anteriormente 9355,07 €.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

7.3. INDICADORES ECONÓMICOS

Para analizar la viabilidad económica de la inversión necesaria para llevar a cabo la instalación se va a hacer uso de los siguientes indicadores económicos.

- Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un parámetro que representa el valor actual de las ganancias o pérdidas obtenidas de una inversión inicial. Tiene en cuenta los flujos de caja a lo largo de un periodo de tiempo dado y les aplica un tipo de interés.

Si el VAN es mayor que cero se habla de una inversión rentable. Si por lo contrario es negativo, se trata de una inversión no rentable.

Para el cálculo del VAN se hará uso de la siguiente expresión:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Siendo:

I_o : Inversión inicial (€).

F_t : Flujo de caja anual para el año t (€).

k : tipo de interés.

t : tiempo de vida de la instalación

Para el caso dado se ha fijado el tipo de interés en un 3 % y la vida útil de la instalación en 25 años.

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es el tipo de interés que debe aplicarse como mínimo para que una inversión sea rentable. El TIR por tanto, es el tipo de interés que haría 0 el VAN descrito anteriormente. Se calcula:

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

A diferencia del VAN, que se trata como un indicador de beneficio/pérdida, el valor del TIR es un porcentaje referenciado al tipo de interés lo que indica la rentabilidad.

- Periodo de retorno de la inversión

El periodo de retorno de una inversión es en definitiva el tiempo que se tarde en recuperar la inversión. Para este cálculo se hace uso de los flujos de caja anuales como balance económico de cada año.

Éste es 0 cuando el flujo de caja acumulado es 0; es decir, pasa de ser negativo a positivo.

7.4. ANALISIS DE VIABILIDA ECONOMICA

Para realizar los cálculos de los indicadores económicos expuestos anteriormente se necesita definir cuáles serán los ingresos y los gastos.

- Ingresos o flujos positivos:

Se va a tomar como flujo positivo el ahorro proveniente del autoconsumo y del vertido de excedentes. Los valores de estos se han calculado en el capítulo "Ahorro económico".

- Gastos o flujos negativos:

En primer lugar se tendrá el desembolso inicial. Del *documento 2* en el que se desglosa el presupuesto del proyecto al detalle se obtiene que la inversión inicial es de 35560,80 €. En segundo lugar, se tienen que tener en cuenta los gastos de limpieza, operación y mantenimiento, estimados en 480 €.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Con esta información, se da que los flujos de caja para los 25 años de vida estimada de la instalación son:

Año	Ingresos	Gastos	Flujo caja	Flujo caja acumulado
0	0.00	35560.80	-35560.80	-35560.80
1	6160.20	480.00	5680.20	-29880.60
2	6141.72	480.00	5661.72	-24218.88
3	6123.29	480.00	5643.29	-18575.59
4	6104.92	480.00	5624.92	-12950.66
5	6086.61	480.00	5606.61	-7344.05
6	6068.35	480.00	5588.35	-1755.70
7	6050.14	480.00	5570.14	3814.44
8	6031.99	480.00	5551.99	9366.44
9	6013.90	480.00	5533.90	14900.33
10	5995.86	480.00	5515.86	20416.19
11	5977.87	480.00	5497.87	25914.06
12	5959.94	480.00	5479.94	31394.00
13	5942.06	480.00	5462.06	36856.05
14	5924.23	480.00	5444.23	42300.28
15	5906.46	480.00	5426.46	47726.74
16	5888.74	480.00	5408.74	53135.47
17	5871.07	480.00	5391.07	58526.55
18	5853.46	480.00	5373.46	63900.00
19	5835.90	480.00	5355.90	69255.90
20	5818.39	480.00	5338.39	74594.29
21	5800.93	480.00	5320.93	79915.23
22	5783.53	480.00	5303.53	85218.76
23	5766.18	480.00	5286.18	90504.94
24	5748.88	480.00	5268.88	95773.82
25	5731.64	480.00	5251.64	101025.46

Tabla 19: Flujos de caja anuales.

Para dar con unos cálculos más ajustados, se ha estimado una pérdida de producción anual del 0,3% debida a deterioro y baja de eficiencia del generador fotovoltaico.

De estos flujos de caja se deducen los siguientes resultados:

VAN	60049,10 €
TIR	15,22 %
Periodo de Retorno	6,32 años
Ahorro	101025,46 €

Tabla 20: Indicadores económicos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Con estos resultados se deduce que la inversión será recuperada en un periodo aproximado de 6 años y 4 meses, y que con una inversión de 35560,80 € se consigue un ahorro de 101025,46 € a lo largo de los 25 años de vida útil estimada.

8. CONCLUSIONES

El objeto del trabajo era el de diseñar una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red sobre una nave industrial en Ribarroja, Valencia. Tras analizar distintos casos de estudio, se ha optado por dimensionar la instalación en 29,64 kWp. Ésta está compuesta por 52 módulos de 570 W y un inversor de 25 kW nominales.

La modalidad de la instalación fotovoltaica es la de autoconsumo con excedentes acogidos a compensación simplificada. El criterio fundamental para el dimensionado de la potencia instalada ha sido no superar la cantidad de excedentes de producción que puedan ser acogidos a compensación simplificada, para así no verter energía a beneficio de la comercializadora.

Como herramienta de simulación de la producción anual se ha hecho uso del software *System Advisor Model*. La simulación ha dado como resultado una curva de producción anual, que comparándola con la curva de demanda se llevado a cabo un análisis exhaustivo hora a hora para observar el comportamiento de la instalación y su rendimiento. Una vez se ha analizado el rendimiento de cada uno de los casos de estudio y se ha seleccionado el caso óptimo, se han seleccionado y dimensionado los elementos principales que compondrían la instalación.

Conociendo los datos provenientes de la simulación de producción y la demanda requerida, se ha llevado a cabo un análisis energético. Éste ha concluido en un ahorro energético anual gracias al autoconsumo del 51,45%, o lo que es lo mismo, 22371,94 kWh menos consumidos de la red al año. Este dato equivale a un ahorro económico anual de 4811€, así como a una cantidad de 7,83 toneladas de CO₂ que se dejan de emitir al año.

Por otro lado, la cantidad de excedentes vertidos anualmente a la red es de 19042, 93 kWh, que supone un ahorro económico de 1349 €/año además de contribuir a reducir en 6,67 toneladas las emisiones de efecto invernadero.

Por último, se ha realizado un análisis económico para estudiar la viabilidad y rentabilidad de la inversión. Mediante una inversión de 35560,80€ se consigue un ahorro de 101025€ a lo largo de toda la vida útil de la instalación, estimada en 25 años. El periodo de retorno de la inversión es aproximadamente de 6 años y 4 meses.

Todo esto indica que las garantías de la energía solar fotovoltaica son grandiosas y que, mediante la ejecución de instalaciones pequeñas y medianas, se puede llevar a cabo una gran aportación a la transición energética que lucha contra el avance del cambio climático, así como generar ahorro y reducir la dependencia de la red eléctrica.

9. BIBLIOGRAFÍA

- IDAE y ENERAGEN. (2022). *Guía profesional de tramitación del autoconsumo v.4.1*, Instituto para la Diversificación de la Energía (IDAE) y Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (ENERAGEN), Madrid.
- IDAE. (2011). *Plan de Energías Renovables 2011-2020*. Instituto para la Diversificación de la Energía (IDEA), Madrid.
- Roger Folch, J; Riera Guasp, M; Roldán Porta, C. (2015). *Tecnología Eléctrica*. Editorial SINTESIS, Madrid.
- MITECO. (2019). *La Energía en España*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España.
- IDAE. (2011). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- MITECO. (2022). *Factores de emisión. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España.
- Comisión Europea. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Red Eléctrica de España (REE) 2022. <https://www.ree.es/en>

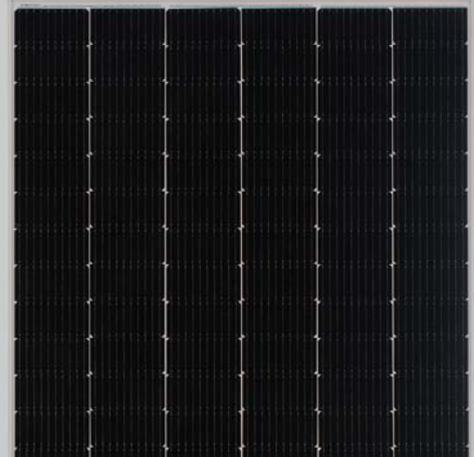
ANEXO 1: FICHAS TÉCNICAS

TR 78M 555-575 Watt Mono-facial

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

TIGER Pro



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.40%)



MBB instead of 5BB

MBB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2% first year degradation,
0.55% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



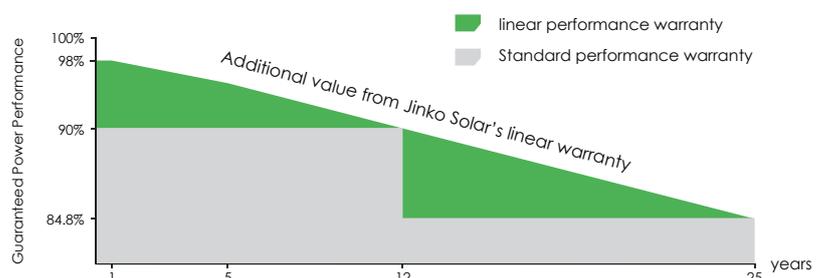
Strengthened Mechanical Support

5400 Pa snow load, 2400 Pa wind load



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

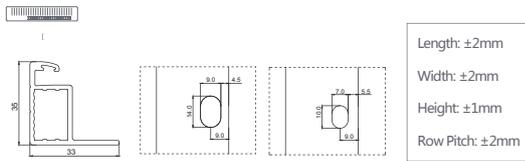
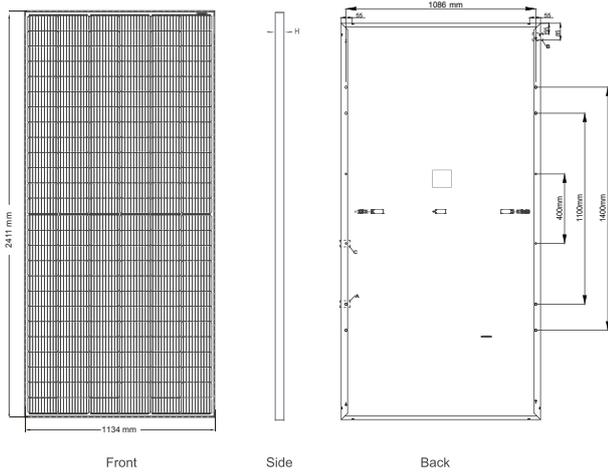
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory

IEC61215(2016), IEC61730(2016) certified product

Engineering Drawings

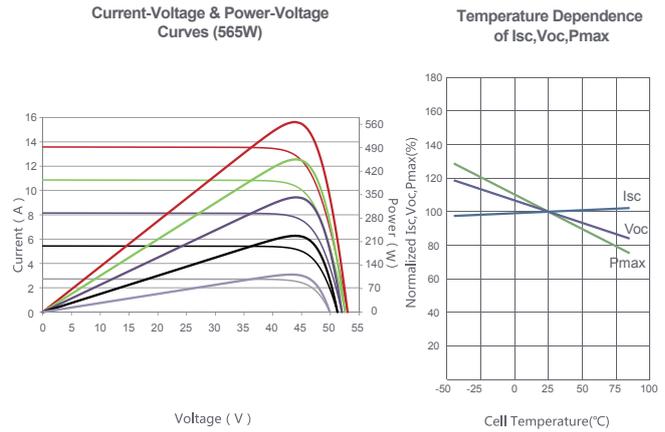


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 496pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2411×1134×35mm (94.92×44.65×1.38 inch)
Weight	30.6 kg (67.5 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM555M-7RL4-V		JKM560M-7RL4-V		JKM565M-7RL4-V		JKM570M-7RL4-V		JKM575M-7RL4-V	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	555Wp	413Wp	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp	570Wp	424Wp	575Wp	428Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.95V	40.96V	44.06V	41.05V	44.18V	41.13V	44.29V	41.25V	44.40V	41.33V
Maximum Power Current (Imp)	12.63A	10.08A	12.71A	10.15A	12.79A	10.22A	12.87A	10.28A	12.95A	10.35A
Open-circuit Voltage (Voc)	53.44V	50.44V	53.54V	50.54V	53.64V	50.63V	53.74V	50.72V	53.84V	50.82V
Short-circuit Current (Isc)	13.26A	10.71A	13.35A	10.78A	13.44A	10.86A	13.52A	10.92A	13.61A	10.99A
Module Efficiency STC (%)	20.30%		20.48%		20.67%		20.85%		21.03%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

Solis-(25-50)K-5G

Inversores Solis trifásicos



360 grados

Características:

- ▶ 98.8% de eficiencia máxima
- ▶ Rango de voltaje ultra amplio, voltaje de arranque ultra bajo
- ▶ Diseño de 3/4 MPPT con algoritmo preciso
- ▶ THDi <3% baja distorsión armónica
- ▶ Antirresonancia, compatible con más de 6 MW en paralelo en un transformador
- ▶ Solución perfecta de monitoreo de sitios comerciales
- ▶ 130% de sobrecarga de CC, 13A de entrada para cada cadena fotovoltaica
- ▶ Monitorización inteligente de strings. Exploración inteligente de curvas I-V
- ▶ Diseño sin fusibles para evitar riesgos de incendio
- ▶ Descargador de sobretensiones tipo II para CC y CA
- ▶ Convección natural, diseño sin ventilador, vida útil más larga
- ▶ Tecnología de supresión de fuga de corriente
- ▶ Modo de trabajo voltio-vatio integrado
- ▶ Alarma de retroceso de entrada CC
- ▶ Administrador de energía de exportación integrado (EPM)



Modelo:

- 400V:** Solis-25K-5G Solis-30K-5G
 Solis-33K-5G Solis-36K-5G
 Solis-40K-5G
- 480V:** Solis-40K-HV-5G Solis-50K-HV-5G

Tabla de datos

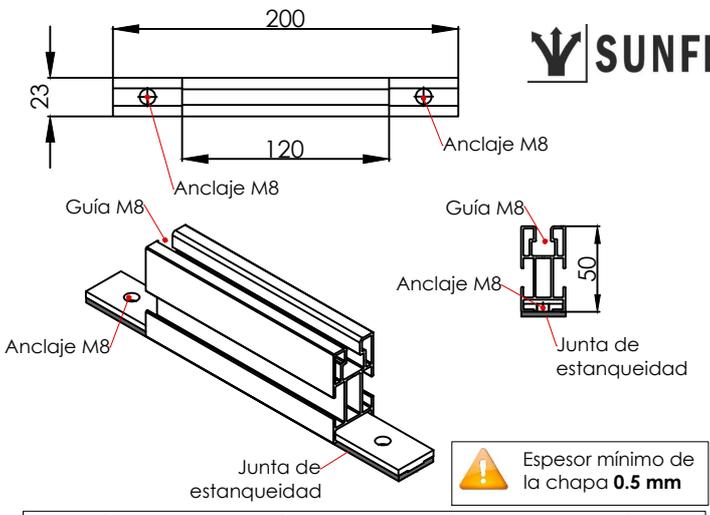
Modelo	Solis-25K-5G	Solis-30K-5G	Solis-33K-5G	Solis-36K-5G	Solis-40K-5G	Solis-40K-HV-5G	Solis-50K-HV-5G
Entrada (CC)							
Potencia de entrada máxima recomendada	33 kW	39 kW	43 kW	47 kW	52 kW	52 kW	65 kW
Voltaje máxima de entrada	1100 V						
Voltaje de nominal	600 V						
Voltaje de arranque	180 V						
Rango de voltaje MPPT	200-1000 V						
Corriente máxima de entrada	26 A / 26 A / 26 A			4*26 A			
Corriente máxima de cortocircuito	40 A / 40 A / 40 A			4*40 A			
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	3/6			4/8			
Salida (CA)							
Potencia nominal de salida	25 kW	30 kW	33 kW	36 kW	40 kW	40 kW	50 kW
Potencia máxima de salida aparente	27.5 kVA	33 kVA	36.3 kVA	39.6 kVA	44 kVA	44 kVA	55 kVA
Potencia máxima de salida	27.5 kW	33 kW	36.3 kW	39.6 kW	44 kW	44 kW	55 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V					3/PE, 480 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz						
Corriente nominal de salida de red	38.0 A / 36.1 A	45.6 A / 43.3 A	50.1 A / 47.6 A	54.7 A / 52.0 A	60.8 A / 57.7 A	48.1 A	60.1 A
Corriente máxima de salida	41.8 A	50.2 A	55.1 A	60.2 A	66.9 A	53.0 A	66.2 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)						
THDi	<3%						
Eficiencia							
Eficiencia máxima	98.8%						
Eficiencia EU	98.3%						
Protección							
Protección contra polaridad inversa DC	Sí						
Protección contra cortocircuito	Sí						
Protección de sobrecorriente de salida	Sí						
Protección contra sobretensiones	Tipo II CC/ Tipo II CA						
Monitoreo de red	Sí						
Detección Anti-isla	Sí						
Protección de temperatura	Sí						
Monitoreo de cadenas	Sí						
Escaneo de curvas I/V	Sí						
Función anti-PID	Opcional						
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí*						
Interruptor de CC integrado	Opcional						
Datos generales							
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	647*629*252 mm						
Peso	45 kg						
Topología	Sin Transformador						
Consumo propio (noche)	<1 W						
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C						
Humedad relativa	0-100%						
Nivel de protección	IP65						
Enfriamiento	Convección natural						
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m						
Estándar de conexión de red	G98 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530						
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4						
Características							
Conexión de CC	Conector MC4						
Conexión de CA	Terminal OT						
Pantalla	LCD						
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS						

* Activación necesaria.

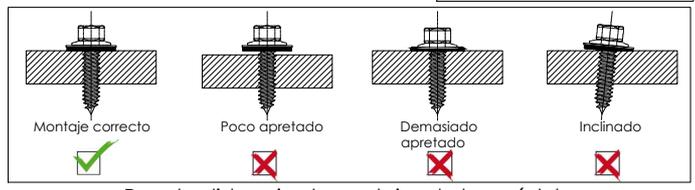
Ficha técnica

Soporte coplanar microrail para cubierta metálica

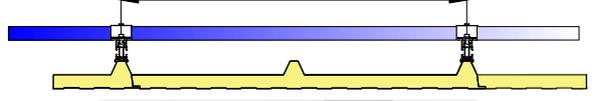
06H



- Válido para cubiertas metálicas.
- Soporte coplanar para anclaje a chapa, en la parte superior de la greca.
- La fijación incluye junta de estanqueidad y tornillos de anclaje autotaladrante con arandela de sellado sin necesidad de pretaladro.
- Valido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm
- Kits diponibles de 1 a 8 módulos.



Para la distancia de anclajes de los módulos consultar ficha técnica del módulo



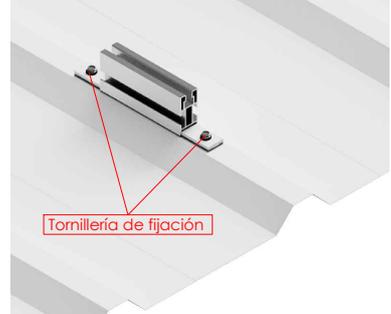
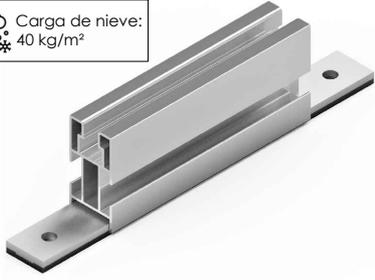
Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)

Materiales: Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería presores: Acero inoxidable A2-70
Tornillería fijación: S42 Cincado autotaladrante

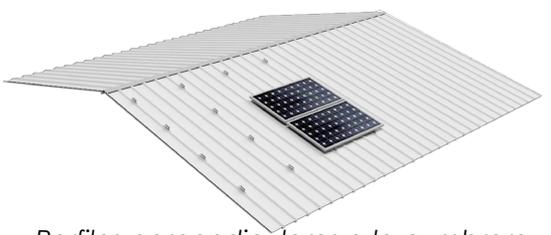
*Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.
Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.*

Para todos los módulos - **Sistema Kit**

Carga de nieve: 40 kg/m²



El perfil se fija a la chapa mediante 2 tornillos S42.



Perfiles perpendiculares a la cumbrera



Marcado ES19/86524 CE

Par de apriete:
Tornillo Presor 7 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm



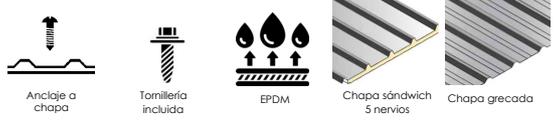
Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.



Velocidades de viento

Soporte coplanar microrail para cubierta metálica

06H
Sistema kit

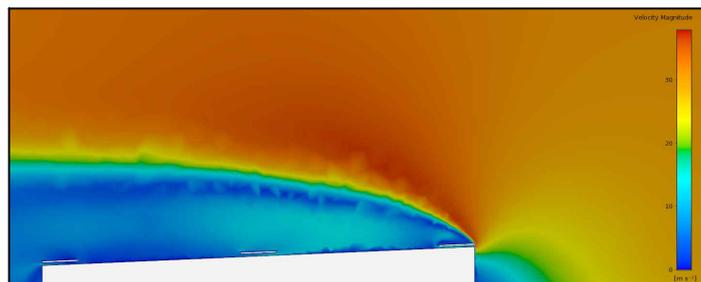


- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

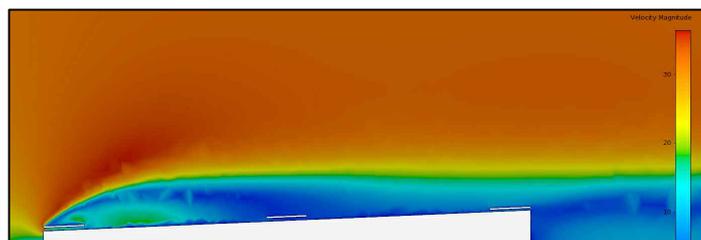
 Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento							
 Para todos los módulos	1	2	3	4	5	6	nº de módulos
		150	150	150	150	150	150

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Application

PRYSMIAN Solar cables TECSUN (PV) H1Z2Z2-K acc. to EN 50618, are intended for use in Photovoltaic Power Supply Systems at nominal voltage rate up to 1,5/1,5kV DC. They are suitable for applications indoor and/or outdoor, in industrial and agriculture fields, in/at equipment with protective insulation (Protecting Class II), in explosion hazard areas (PRYSMIAN Internal Testing). They may be installed fixed, freely suspended or free movable, in cable trays, conduits, on and in walls. TECSUN(PV) H1Z2Z2-K cables are suitable for direct burial (PRYSMIAN Internal Testing), where the corresponding guidelines for direct burial shall be considered.

Global data

Brand	TECSUN(PV)
Type designation	H1Z2Z2-K
Standard	DIN EN 50618
Certifications / Approvals	VDE Approval Mark (<VDE>); TÜV-Certificate nr. 60103637

Notes on installation

Notes on installation	Thanks to more than 10 years of positive experience with direct burial, not only according to the internal tests performed, but also to the successful installation in PV plants worldwide, the TECSUN(PV) cables are suitable for direct burial in ground (PRYSMIAN Internal Testing). The corresponding installation guidelines shall be taken in consideration.
-----------------------	--

Design features

Conductor	Electrolytic tinned copper, finely stranded class 5 in accordance with IEC 60228
Insulation	Cross-linked HEPR 120°C
Outer sheath	Cross-linked EVA rubber 120°C. Insulation and sheath are solidly bonded (Two-layer-insulation)
Outer Sheath Colour	Black, blue, red
Protective Braid Screen	TECSUN(PV) (C) with additional braid made of tinned copper wires (surface coverage > 80%), as a protective element against rodents or impact

Electrical parameters

Rated voltage	DC: 1,5/1,5 kV AC: 1,0/1,0 kV
Max. permissible operating voltage AC	1.2/1.2 kV
Max. permissible operating voltage DC	1.8/1.8 kV
Test voltage	AC: 6,5 kV / DC: 15 kV (5 Min.)
Current Carrying Capacity description	According to EN 50618, Table A-3
Electrical Tests	Acc. to EN 50618, Table 2: <ul style="list-style-type: none"> • Conductor Resistance; • Voltage Test on completed cable (AC and DC); • Spark Test on insulation; Insulation Resistance (at 20°C and 90°C in water); • Insulation Long-Term Resistance to DC (10 days, in 85°C water, 1,8 kV DC); • Surface Resistance of Sheath. PRYSMIAN internal test: <ul style="list-style-type: none"> • Dielectric Strength; • Insulation Resistance at 120°C in air.

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Chemical parameters

Reaction to fire	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Single Cable Flame Test per EN 60332-1-2; • Low Smoke Emission per EN 61034-2 (Light Transmittance > 70%); • Halogen-free per EN 50525-1, Annex B. <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiple Cable Flame Test per EN 50305-9; • Low Toxicity per EN 50305 (ITC < 3).
Resistance to oil	<p>PRYSMIAN internal test, on sheath:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24h, 100°C (meets VDE 0473-811-404, EN 60811-404).
Weather resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex E and Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UV Resistance on sheath: tensile strength and elongation at break after 720h (360 Cycles) of exposure to UV lights acc. to EN 50289-4-17, Method A; • Ozone resistance: per Test Type B (DIN EN 50396). <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water Absorption (Gravimetric) per DIN EN 60811-402.
Acid and alkaline resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 days, 23°C (N-Oxalic Acid, N-Sodium Hydroxide) acc. to EN 60811-404.
Ammonia Resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 days in Saturated Ammonia Atmosphere.
Environmentally Friendly	<p>TECSUN(PV) cables comply with the RoHS directive 2011/65/EU of the European Union.</p>

Thermal parameters

Max. operating temperature of the conductor	<p>Max. 90°C at conductor (lifetime acc. to Arrhenius-Diagram TECSUN = 30 years). 20.000 hours of operation at conductor temperature of 120°C (and 90°C ambient temperature) are permitted.</p>
Max. short circuit temperature of the conductor	<p>250 °C (5 s.)</p>
Ambient temperature (for fixed and flexible installation)	<p>Installation and handling: -25°C up to 60°C In operation: -40°C up to +90°C</p>
Resistance to cold	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cold Bending Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-504; • Cold Elongation Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-505; • Cold Impact Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-506 and EN 50618 Annex C.
Damp-Heat Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.000h at 90°C and 85% humidity (test acc. to EN 60068-2-78).

Mechanical parameters

Max. tensile load	<p>15 N/mm² in operation, 50 N/mm² during installation</p>
Min. bending radius	<p>Acc. to EN 50565-1</p>
Abrasion resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acc. to DIN ISO 4649 against abrasive paper; • Sheath against sheath; • Sheath against metal; • Sheath against plastics.
Shrinkage Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximum Shrinkage <2% (test acc. to EN 60811-503).
Pressure Test at High Temperature	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <50% acc. to EN 60811-508.
Dynamic Penetration Test	<p>Acc. to EN 50618, Annex D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meets requirements of EN 50618.
Shore-Hardness	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type A: 85 acc. to DIN EN ISO 868
Durability of Print	<p>Acc. to EN 50618:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Test acc. to EN 50396.
Rodent resistance	<p>Safety can be optimized by utilizing protective hoses, or protective element, such as a metallic screen braid.</p>

Number of cores x cross section	Colour	Part number	Conductor diameter max. mm	Outer diameter min. mm	Outer diameter max. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Permissible tensile force max. N	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	Current carrying capacity for single cable free in air (60°C ambient temp.) A	Current carrying capacity for single cable on a surface (60°C ambient temp.) A	Short Circuit Current (1s. from 90°C to 250°C) kA
1x1,5	black	20154830	1.6	4.4	5	15	35	23	13.7	30	29	0.21
1x2,5	black	20154650	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	red	20167176	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	blue	20167177	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x4	black	20149014	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	red	20165491	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	blue	20165492	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x6	black	20149015	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	red	20165493	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	blue	20165494	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x10	black	20149016	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	red	20165495	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	blue	20165496	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x16	black	20154857	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	red	20167178	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	blue	20167179	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x25	black	20154858	6.4	10.3	11.2	34	290	375	0.795	176	167	3.58
1x35	black	20154859	7.5	11.7	12.5	50	400	525	0.565	218	207	5.01
1x50	black	20154860	9	13.5	14.5	58	560	750	0.393	276	262	7.15
1x70	black	20156711	10.8	15.5	16.5	66	750	1050	0.277	347	330	10.01
1x95	black	20156712	12.6	17.7	18.7	75	970	1425	0.21	416	395	13.59
1x120	black	20156713	14.2	19.2	20.4	82	1220	1800	0.164	488	464	17.16
1x150	black	20156714	15.8	21.4	22.6	91	1500	2250	0.132	566	538	21.45
1x185	black	20153870	17.4	23.7	25.1	101	1840	2775	0.108	644	612	26.46
1x240	black	20157001	20.4	27.1	28.5	114	2400	3600	0.082	775	736	34.32
TECSUN(PV) (C) H1Z2Z2-K												
1x4 (C)	black		2.4	6	6.6	26.4	90		5.09	55	52	0.57
1x6 (C)	black		2.9	6.5	7.1	28.4	110		3.39	70	67	0.86

Standard delivery length is 500mt. Other lengths are available on request.
All cross sections are also available in red and blue colors.

NORMAS:

CONSTRUCCIÓN

HD 603-5X

REACCIÓN AL FUEGO

IEC 60332-1-2	IEC 60754-2
EN 60332-1-2	EN 60754-2
IEC 60754-1	IEC 61034
EN 60754-1	EN 61034



CONSTRUCCIÓN:

1. CONDUCTOR

Aluminio, clase 2 según IEC 60228.

2. AISLAMIENTO

Polietileno reticulado, tipo XLPE.

3. CUBIERTA EXTERIOR

Poliolefina termoplástica libre de halógenos.

APLICACIONES:

Cables de distribución de energía de baja tensión especialmente concebido para instalaciones interiores, exteriores, entubadas y/o directamente enterradas. Cable de seguridad con características de no propagación de la llama, libre de halógenos, baja acidez y corrosividad de los gases y baja opacidad de los humos emitidos durante la combustión.

Resistencia a la intemperie, al desgarró y a la abrasión.

Resistencia a la entrada de agua por adherencia de la cubierta al aislamiento.

Temperatura máxima del conductor: +90 °C



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Código de General Cable	Sección (mm ²)	Diámetro nominal exterior (mm)	Peso nominal (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Intensidad máx. admisible al aire 30 °C *	Intensidad máx. admisible enterrad. 20°C **	Caída de tensión cos $\mu= 0,8$ (V/A.km)
1690111	1x16	8,5	90	35	100	75	3,498
1690112	1x25	10,1	130	40	135	96	2,234
1690113	1x35	11,4	165	45	169	115	1,639
1690114	1x50	12,3	205	50	207	135	1,233
1690115	1x70	13,8	270	55	268	167	0,876
1690116	1x95	15,7	355	65	328	197	0,654
1690117	1x120	17,6	435	70	383	223	0,534
1690118	1x150	19,2	530	80	444	251	0,449
1690119	1x185	21,1	655	85	510	281	0,373
1690120	1x240	24,1	840	100	607	324	0,303
1690121	1x300	26,5	1.025	135	703	365	0,257
1690122	1x400	29,6	1.325	150	823	-	0,217

* Intensidades admisibles de acuerdo con IEC 60364-5-52, tabla B.52.12, método de instalación E.

** Intensidades admisibles de acuerdo con IEC 60364-5-52, tabla B.52.5, método de instalación D1.

Valores nominales sujetos a variación en función de la tolerancia de fabricación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets en el polígono de Ribarroja (Valencia)

Documento 2: Presupuesto

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia
conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets
en el polígono de Ribarroja (Valencia)

INTRODUCCIÓN

El documento que constituye las siguientes líneas describe en detalle la inversión necesaria para la realización del proyecto. Para la recogida de datos e información se han consultado distintos portales a los que se hace referencia al final del documento.

PRESUPUESTO DESGLOSADO

Las siguientes tablas muestran el presupuesto para llevar a cabo la instalación de manera detallada.

1. Equipos principales.

Ref.	Descripción	Ud.	Medición	Precio unitario	Importe total
1.1	Módulo fotovoltaico JKM570M-7RL4-V de la marca Jinko Solar. Transporte incluido.	Ud.	52	270,75 €	14079 €
1.2	Estructura de soporte coplanar microrail SUNFER 06H. Incluye tornillería y accesorios para su instalación. Transporte incluido.	Ud.	120	6,88 €	825,6 €
1.3	Inversor SOLIS 25K-5G. Transporte incluido	Ud.	1	1811,85 €	1811,85 €
Total equipos principales					16716,45 €

2. Cableado, canalizaciones y conexiones

Ref.	Descripción	Ud.	Medición	Precio unitario	Importe total
2.1	Cableado CC H1Z2Z2-K 4mm ²	m	180	1,03 €	185,4 €
2.2	Conectores MC4	Ud.	52	4,90 €	254,8 €
2.3	Cableado AC HARMONHY XZ1 16mm ²	m	160	0,90 €	144 €
2.4	Bandeja galvanizada	cm	250	3,27 €	817,5 €
Total cableado, canalizaciones y conexiones:					1401,7 €

3. Protecciones.

Ref.	Descripción	Ud.	Medición	Precio unitario	Importe total
3.1	Fusibles 15A 1000VDC 10x38	Ud.	4	3,38 €	13,52 €
3.2	Portafusibles 10x38 1000V	Ud.	4	4,77 €	19,08 €
3.3	Descargador sobretensiones Weidmuller VPU PV II 3 1000Vdc	Ud.	1	47,50 €	47,50 €
3.4	Interruptor general magnetotérmico ABB trifásico 50A SH204-C50	Ud.	1	113,04 €	113,04 €
3.5	Interruptor diferencial Legrand 63A 4P 30mA Tipo A	Ud.	1	240,63 €	240,63 €
3.6	Caja de protecciones ICP	Ud.	1	6,14 €	6,14 €
Total Protecciones:					439,91 €

Diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de 30 kWp de potencia
conectada a red sobre la cubierta de una nave industrial dedicada al reciclaje de pallets
en el polígono de Ribarroja (Valencia)

4. Monitorización.

Ref.	Descripción	Ud.	Medición	Precio unitario	Importe total
4.1	Equipo de monitorización HUAWEI SmartLogger 3000 ^a . Transporte incluido.	Ud.	1	596,46 €	596,46 €
4.2	Analizador-Contador Bidireccional Monofásico-Trifásico Directo para Vertido Cero 100A MAXGE	Ud.	1	142,16 €	142,16 €
Total Monitorización:					738,62 €

5. Ingeniería.

Ref.	Descripción	Ud.	Medición	Precio unitario	Importe total
5.1	Ingeniería de diseño	h	300	18 €	5400 €
Total Ingeniería:					5400 €

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Ref.	Descripción	Importe
1	Equipos principales	16716,45 €
2	Cableado, canalizaciones y conexiones	1401,7 €
3	Protecciones	439,91 €
4	Monitorización	738,62 €
5	Ingeniería	5400 €
Presupuesto de ejecución material		24696,68 €
Gastos generales (13%)		3210,57 €
Beneficio Industrial (6%)		1481,80
Presupuesto de ejecución por contrata		29389,13 €
IVA (21%)		6171,72 €
TOTAL:		35560,85 €

El presupuesto del proyecto es de treinta y cinco mil quinientos sesenta euros con ochenta y cinco céntimos.

FUENTE DE INFORMACIÓN

Los precios anteriormente dispuestos han sido sacados de los siguientes portales web a día 3 de julio de 2022.

Autosolar. URL: www.autosolar.es

Efectoled. URL: www.efectoled.com

Coelectrix. URL: www.coelectrix.com

Atersa shop. URL: www.atersa.shop

Documento 3: Planos

