



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Proyecto ejecutivo de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo con vertido a red de 60 kW.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Moltó Carbonell, Carles

Tutor/a: Pascual Molto, Marcos

Cotutor/a: Liberos Mascarell, María Antonia

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

Resumen

En este TFG se va a realizar el proyecto de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo con vertido a red, con una potencia pico de 77,28 kWp y una potencia nominal de 60 kW.

La instalación se realizará sobre la cubierta de una nave industrial.

En el documento se va a incluir el diseño y todos los cálculos necesarios para dimensionar la instalación, además de un presupuesto y un estudio económico para ver la viabilidad de ésta.

Palabras clave: Solar fotovoltaica; Autoconsumo; Industria.

Resum

En aquest TFG es realitzarà el projecte d'una instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum amb abocament a xarxa, amb una potència pic de 77,28 kWp i una potència nominal de 60 kW.

La instal·lació es durà a terme sobre la coberta d'una nau industrial.

Al document inclourem el disseny i tots els càlculs necessaris per a dimensionar la instal·lació, a més d'un pressupost i un estudi econòmic per observar la viabilitat d'aquesta.

Paraules clau: Solar fotovoltaica; Autoconsum; Indústria.

Abstract

The project that is being carried out is for a solar photovoltaic installation for self-consumption with a peak power of 77.28 kWp and a nominal power of 60 kW.

The installation will be built on the roof of an industrial building.

The document will include the design and all the necessary calculations to dimension the installation, as well as a budget and an economic study to check its viability.

Keywords: *Solar photovoltaic; Self-consumption; Industry.*

Índice general

Resumen	I
Índice general	IV
Índice de figuras	VI
Índice de tablas	VII
1. Memoria.	1
1.1. Objeto del proyecto.	1
1.2. Energía solar fotovoltaica	1
1.3. Tipos de instalaciones	5
1.4. Descripción general del negocio e instalación que se proyecta.	9
1.5. Reglamentos y disposiciones oficiales.	10
1.6. Titular de la instalación. Nombre y Domicilio Social.	14
1.7. Situación y emplazamiento.	14
1.8. Clasificación y características de las instalaciones.	16
1.9. Descripción de la instalación.	31
2. Cálculos justificativos.	33
2.1. Tensión nominal.	33
2.2. Formulas utilizadas.	33
2.3. Potencia total instalada y demandada. Coeficiente de simultaneidad.	37
2.4. Cálculos eléctricos de los diversos circuitos.	37
2.5. Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos.	42
3. Informe de prevención.	44
3.1. Objetivo.	44
3.2. Trabajos realizados.	44
3.3. Estado.	45
3.4. Trabajos realizados. Cubierta.	46
3.5. Trabajos realizados. Estructura.	47
3.6. Trabajos realizados. Entorno.	48
3.7. Consideraciones	49

3.8. Conclusiones del informe.	50
4. Presupuesto y estudio de viabilidad.	51
4.1. Mediciones.	51
4.2. Presupuesto total.	52
4.3. Estudio de viabilidad.	52
5. Planos.	59
5.1. Emplazamiento y situación.	59
5.2. Distribución de módulos en cubierta.	59
5.3. Detalle inclinación módulos.	59
5.4. Esquema unifilar.	59
6. Conclusiones.	64
7. Referencias.	65

Índice de figuras

1.1. Tipos de radiación solar	2
1.2. Tipos de paneles fotovoltaicos.	4
1.3. Instalación fotovoltaica aislada	5
1.4. Instalación fotovoltaica aislada	6
1.5. Instalación fotovoltaica de autoconsumo	7
1.6. Instalación fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes	8
1.7. Instalación fotovoltaica de autoconsumo con baterías	8
1.8. Localización de la instalación fotovoltaica	15
1.9. Localización de la instalación fotovoltaica	15
1.10. Emplazamiento de la instalación fotovoltaica	16
1.11. Producción de energía mensual del sistema FV fijo	20
1.12. Vista módulo fotovoltaico	21
1.13. Perfil Estructura	23
1.14. Detalle Perfil Estructura	23
1.15. Grapa	24
1.16. Ángulo fijación	24
1.17. Características del inversor	26
1.18. Inversor	27
1.19. Ejemplo monitorización	27
2.1. Intensidades admisibles de conductores	35
4.1. Consumo cliente	55
4.2. Generación fotovoltaica	55
4.3. Comparación Energía Consumida, Generada y Autoconsumida	56
4.4. Consumo final del cliente	56
4.5. Gráfica Flujo de Caja y Flujo Acumulado	58
4.6. Gráfica Flujo Actualizado y VAN	58

Índice de tablas

1.1. Emisiones reducidas	9
1.2. Configuración planta fotovoltaica	19
1.3. Especificaciones eléctricas correspondientes a los módulos a emplear	21
1.4. Especificaciones físicas correspondientes a los módulos a emplear	22
1.5. Peso de la instalación	25
1.6. Características apartamento de alterna	32
2.1. Características por rama	34
2.2. Características inversor	34
2.3. Características inversor	38
2.4. Condiciones de trabajo a máxima potencia	38
2.5. Resumen cableado corriente continua	39
2.6. Condiciones de trabajo a máxima potencia tramo 1	40
2.7. Condiciones de trabajo a máxima potencia tramo 2	40
2.8. Resumen cableado corriente alterna	40
2.9. Características apartamento de alterna	42
3.1. Conclusiones	50
4.1. Mediciones	51
4.2. Presupuesto	52
4.3. Periodos Tarifa 3.0TD	53
4.4. Precios del cliente	53
4.5. Energía consumida, generada y autoconsumida	54
4.6. Tabla Amortización	57

1 Memoria.

1.1 Objeto del proyecto.

El objeto del presente proyecto es recoger y explicar completamente los datos relativos a la instalación fotovoltaica de 77,28 kWp SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL, situada en C/ OLIVA Nº2, 46710 DAIMÚS (VALENCIA), según marca el RD900/2015, modificado por el RDL 15/2018 y ampliado por el RD 244/2019.

Como también, la descripción de todas las instalaciones a las que se hará referencia, para que los organismos de la administración correspondientes puedan someterla a juicio y así conseguir todos los permisos que puedan ser necesarios para la ejecución del proyecto y posterior puesta en servicio, para así poder entregar llave en mano la instalación al cliente final.

1.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, para su funcionamiento utiliza la radiación solar y la transforma en electricidad. Este proceso se llama, efecto fotoeléctrico, con el que ciertos materiales pueden absorber fotones y liberar electrones, generando así corriente eléctrica.

La radiación solar, es emitida por el sol y recibida por la superficie terrestre, se mide en W/m^2 y se la suele denominar irradiancia.

Cuando la radiación solar llega a la atmósfera, experimenta una serie de cambios que dan lugar a cuatro tipos de radiaciones.

- Radiación directa, es la radiación que llega a la superficie terrestre sin ningún tipo de dispersión en su trayectoria en la atmósfera. Esto solo puede suceder cuando el sol es completamente visible.
- Radiación difusa, esta radiación llega a la superficie terrestre una vez a sufrido una gran cantidad de desviaciones en la trayectoria que llevaba inicialmente cuando atravesó la atmósfera. En invierno esta radiación suele tener un mayor porcentaje.
- Radiación global, cuando se habla de radiación global, nos referimos a la suma entre la radiación directa y la radiación difusa.
- Radiación reflejada, es la radiación reflejada por la superficie, aquellas superficies que sean horizontales no pueden recibir este tipo de radiación, y las superficies verticales son las que mayor cantidad reciben.

La radiación solar que reciba una superficie, dependerá de su orientación y su inclinación. En el hemisferio norte, generalmente se debe buscar una inclinación entre los 20° y 30° y una orientación sur.



Figura 1.1: Tipos de radiación solar

Para realizar el proceso nombrado anteriormente, se debe utilizar un dispositivo semiconductor, que llamamos panel fotovoltaico, existen una gran variedad de células fotovoltaicas. Entre ellas se destacan:

- Silicio monocristalino.

Hechas de un solo cristal de silicio alineado, lo que hace más fácil el flujo de electrones generado por el efecto fotoeléctrico.

- Ventajas de los paneles de silicio monocristalino.

Mayor rendimiento, entre un 20 y un 25 %.

Presentan una mayor vida útil.

Tienen un mayor funcionamiento con una radiación solar baja.

- Desventajas de los paneles de silicio monocristalino.

Tienen un mal coeficiente térmico.

Proceso de fabricación lento y costoso, por lo que tienen un uso de silicio mayor así como un precio más elevado.

Mal comportamiento cuando se tienen sombras parciales.

- Silicio policristalino.

Hechas de varios cristales de silicio, estos cristales están alineados en diferentes direcciones, lo que hace que el flujo de los electrones sea menor.

- Ventajas de los paneles de silicio policristalino.

Proceso de fabricación más rápido y económico, por lo que tienen un uso de silicio menor.

Mejor coeficiente térmico que los monocristalinos.

- Desventajas de los paneles de silicio policristalino

Rendimiento menor que los paneles monocristalinos entre el 16 y el 20 %.

- Capa fina

Este tipo de panles se obtiene cuando se depositan varias capas de material fotovoltaico sobre una base, generalmente de cristal.

Según el material que se utiliza se pueden encontrar los siguientes tipos:

- Silicio amorfo (a-Si).

- Teluro de cadmio (CdTe).

- Cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS).

- Células fotovoltaicas orgánicas (OPC).

- Ventajas de los paneles de capa fina.

Tienen un proceso de fabricación sencillo y económico.

Presentan una buena apariencia por su homogeneidad.

Tienen un buen comportamiento frente a las sombras parciales y subidas de temperatura.

- Desventajas de los paneles de capa fina.

Rendimiento bajo, entre el 10 y el 15 %.

Vida útil baja.

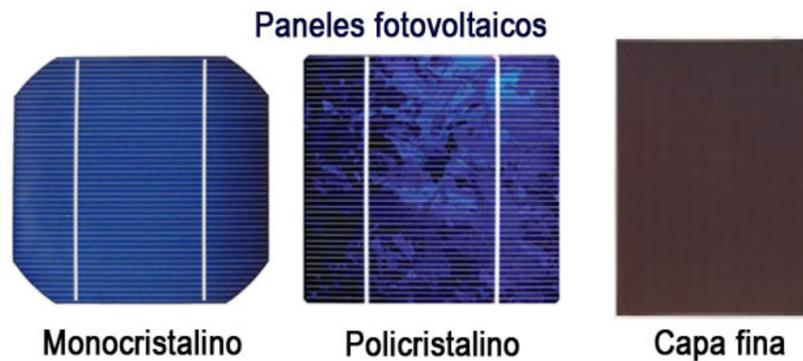


Figura 1.2: Tipos de paneles fotovoltaicos.

1.2.1 Partes de una instalación fotovoltaica.

Se procede a enumerar las principales partes que forman las instalaciones fotovoltaicas.

-En primer lugar se tendría los paneles fotovoltaicos, de los que ya se ha hablado anteriormente.

-Inversor o inversores. El inversor es el encargado de transformar la tensión continua que viene de los paneles fotovoltaicos a una tensión alterna senoidal, lo más parecida posible a la red eléctrica de 400 V a 50 Hz.

-Baterías, son las encargadas de almacenar la energía sobrante que generan los paneles. No se ponen en todas las instalaciones debido a su alto coste.

-Estructura fotovoltaica. Serie de objetos que aseguran el panel en el lugar de instalación deseado, existen una gran variedad de estructuras, según el material del que sea la estructura y donde se van a colocar los paneles.

- Estructura metálica coplanar para tejado.
- Estructura metálica inclinada para tejado.
- Estructura inclinada de hormigón (Solarbloc).
- Estructura para suelo.

- Estructura para suelo con seguimiento.

1.3 Tipos de instalaciones

En el mundo de las instalaciones fotovoltaicas, se puede decir que se encuentran básicamente, 4 tipos de instalaciones, se diferencian principalmente por el hecho de llevar o no baterías, y estar conectadas o no a la red eléctrica, en el siguiente esquema se pueden ver todas ellas:

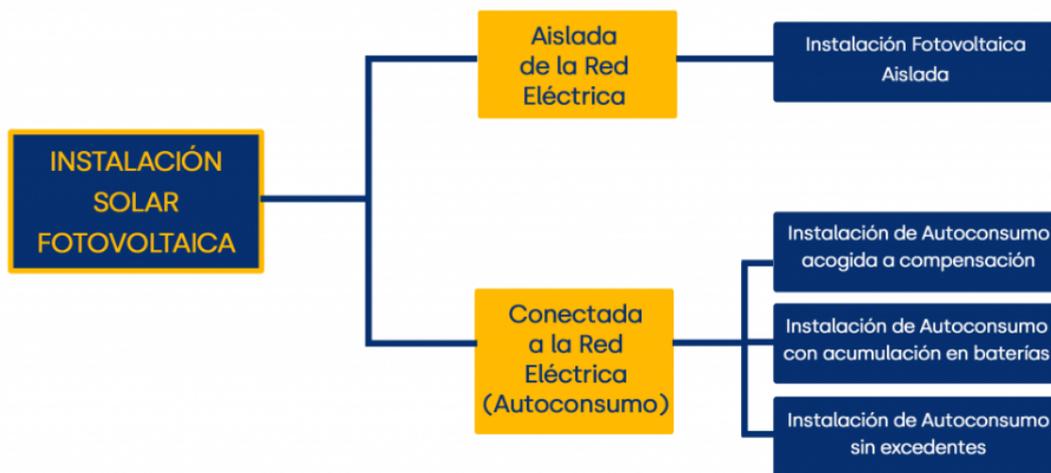


Figura 1.3: Instalación fotovoltaica aislada

Se va a proceder a nombrar y explicar, cada uno de los 4 tipos de instalaciones:

1.3.1 Instalación fotovoltaica aislada

Como su propio nombre indica, este tipo de instalación es el único que no estará conectado a la red eléctrica.

Suele utilizarse en lugares en los que los usuarios no tienen acceso a la red, o para los que desean desconectarse de ella, aunque el segundo caso es más extraño.

En esta instalación la energía producida es almacenada en acumuladores o baterías, para su aprovechamiento a cualquier hora del día.

Para su dimensionada es necesario saber con bastante exactitud que cantidad de energía se va a consumir al día en la instalación, además también se debe tener en cuenta, hasta que porcentaje se pueden vaciar las baterías, así como cuantos días podemos llegar a estar sin luz solar, generalmente provocado por la lluvia.

Todo esto hace que se tenga que sobredimensionar enormemente la capacidad de las baterías, haciendo que el coste final de la instalación sea bastante elevado.

Su tipología es la siguiente:

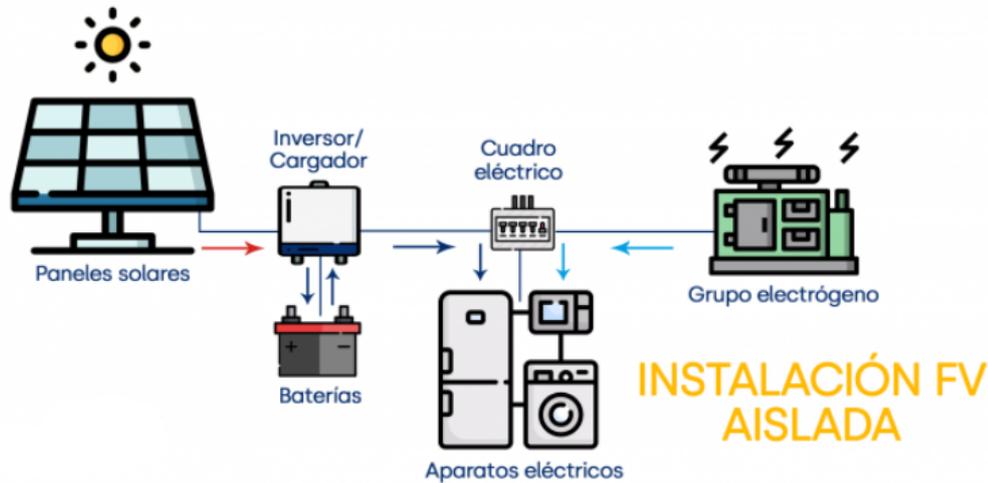


Figura 1.4: Instalación fotovoltaica aislada

Como hemos dicho anteriormente, este tipo de instalación es usada sobretodo para usuarios que no tienen acceso a la red eléctrica.

Este tipo de instalación no es competitiva económicamente si tenemos la posibilidad de autoconsumir, ya que es muy probable que nunca lleguemos a amortizar la instalación.

1.3.2 Instalación fotovoltaica de autoconsumo

La instalación del proyecto será de este tipo.

En esta instalación el usuario, consume la energía que generan los paneles directamente, además, este tipo de instalación se caracteriza por la posibilidad de vender los excedentes que no autoconsume el usuario, a la red eléctrica, y así poder sacar un mayor provecho de la energía generada, aunque, generalmente el kWh suele compensarse a un precio mucho más bajo al que la compañía eléctrica lo vende a los usuarios.

Su tipología es la siguiente:

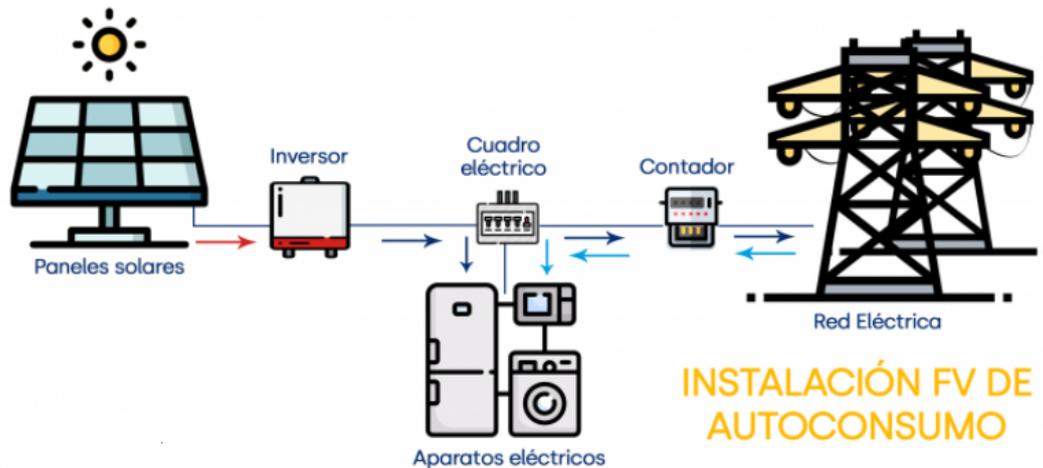


Figura 1.5: Instalación fotovoltaica de autoconsumo

Este tipo de instalaciones son muy viables económicamente, llegando a poder amortizar la instalación en menos de 10 años, lo que las hace realmente atractivas, sobretodo para las inudtrias.

Para instalaciones de más de 100 kW, es necesario instalar una serie de protecciones, que pide la compañía eléctrica, es por ello por lo que en instalaciones grandes suele utilizarse otra tipología.

1.3.3 Instalación fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes

Este tipo de instalaciones son muy parecidas a las anteriores, solo que en este caso no se venden los excedentes a la compañía eléctrica.

Para ello se debe instalar un mecanismo antivertido o vertido cero, que se comunicara con el inversor de la instalación para que no se produzca más energía de la que se va a consumir en ese momento.

Su tipología es la siguiente:

Este tipo de instalaciones son muy viables económicamente, llegando a poder amortizar la instalación en menos de 10 años, lo que las hace realmente atractivas, sobretodo para las industrias.

Se suele utilizar para instalaciones muy grandes donde la compañía eléctrica exige unas protecciones bastante caras para se que pueda compensar el excedente, haciendo que en muchos casos no sea viable.

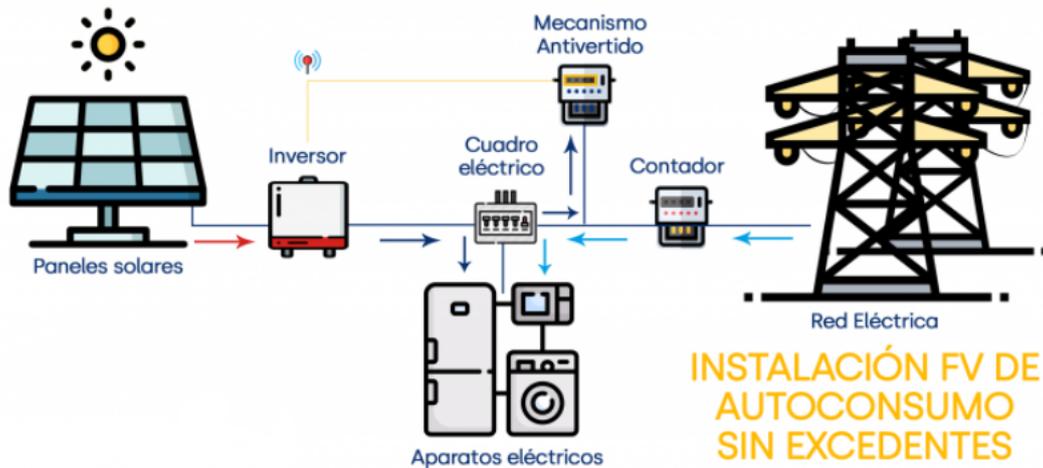


Figura 1.6: Instalación fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes

1.3.4 Instalación fotovoltaica de autoconsumo con baterías

En este tipo de instalación, el usuario autoconsume la energía que necesite en el momento, y el excedente es enviado directamente a las baterías, lo que permite tener un mayor autoconsumo, ya que el usuario podrá utilizar la energía almacenada en las baterías en horas donde la instalación no está produciendo.

Por este hecho este tipo de instalaciones tiene alguna ventaja, como el hecho de poder aprovechar casi toda la energía generada por la instalación, y así ahorrar mucho más que vendiéndola a la compañía eléctrica.

Su tipología es la siguiente:

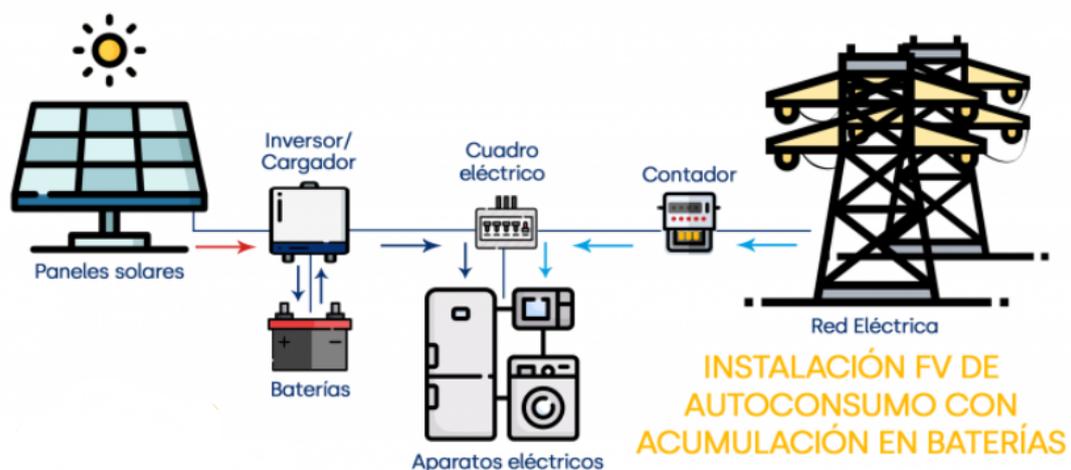


Figura 1.7: Instalación fotovoltaica de autoconsumo con baterías

Este tipo de instalaciones no son muy viables económicamente, debido a que el presupuesto de la instalación aumenta por el precio alto que tendrán las baterías.

1.4 Descripción general del negocio e instalación que se proyecta.

El presente proyecto está referido a una instalación de aprovechamiento de la Energía Solar mediante un sistema fotovoltaico de conexión a red SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL, con una potencia nominal instalada de: 77,28 kWp. Generando una energía eléctrica anual de: 104.920 kWh/año.

Con la instalación solar fotovoltaica se consigue reducir las emisiones en las siguientes cantidades detalladas en la tabla:

kWh aportación solar anuales	104920
kg. CO₂	33168,72
kg. NO₂	95,14
kg. SO₂	84,47
Viviendas equivalentes	35,24

Tabla 1.1: Emisiones reducidas

■ Datos del promotor del Proyecto.

Peticionario: PALETS BOLTA S.L.

Domicilio social: C/ OLIVA Nº2 46710 DAIMÚS (VALENCIA)

CIF: B96345558

Teléfono: 962 07 17 80

■ Emplazamiento.

Ámbito: INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO DE 77,28 kWp ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL, CONECTADA A RED INTERIOR.

Localización: C/ OLIVA Nº2 46710 DAIMÚS (VALENCIA).

■ Localidad.

La localidad donde se ubica la instalación solar fotovoltaica sobre la cubierta de una nave industrial es DAIMÚS (VALENCIA).

■ Tipo de Industria o Actividad.

La energía eléctrica producida por la instalación solar fotovoltaica sobre cubierta de nave industrial se destina al autoconsumo CON VERTIDO A RED.

■ **Potencia Máxima Admisible.**

La potencia máxima admisible de la instalación solar fotovoltaica **SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL** es de: 60 kW a la salida de 1 inversor de 60 kW.

■ **Tensión simple y Compuesta en V.**

La tensión a circuito abierto de 18 módulos fotovoltaicos de 460 Wp es de 900 VDC a la entrada del inversor para cada serie de 18 módulos (la más desfavorable).

La tensión simple de la instalación es de: 580 VDC – 850 VDC.

La tensión compuesta a la salida del inversor es de: 3P+N+PE, 230/400.

1.5 Reglamentos y disposiciones oficiales.

Para el desarrollo y diseño de este proyecto ejecutivo se ha tenido en cuenta cada uno de los siguientes reglamentos:

- 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.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Resolución de 4 de noviembre de 2002 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas. (Suplemento BORM nº 284, de 10/12/2002).
- RD 1578/2008 de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología (B.O.E. nº 234 de 27 de septiembre).

- CORRECCIÓN de errores del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Orden ITC/82/2009 de 30 de Enero, por la que se pospone el cierre del plazo de presentación de solicitudes de instalaciones fotovoltaicas al registro de pre-asignación de retribución, establecido en el RD 1578/2008, de 26 de Septiembre, publicado el día 31 de Enero, número 27, página 10.431.
- Real Decreto 661/2007 de 26 de Mayo (entrada en vigor el 1 de Junio de este mismo año), por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Introduciendo particularidades que afectan a los procedimientos de autorización administrativa, régimen especial, acceso y conexión a la red de distribución, de las instalaciones solares fotovoltaicas. En el punto 1.5 se desarrolla en profundidad este real decreto, comentando los cambios sustanciales que él introduce en el sector fotovoltaico.
- Ley 48/1998 de 30 de diciembre sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y las telecomunicaciones, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español las directivas 93/38 CEE y 92/13 CEE.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. Al tratarse de conexión en Media Tensión, dicho Real Decreto no es de aplicación directa, sin embargo se tomara como referencia para determinar las características técnicas de la instalación.
- Ley 54/97, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en el BOE nº 224 del 18 de setiembre de 2002.
- Código Técnico de la Edificación: Seguridad Estructural: Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo (L31/95).
- Instalaciones de enlace de Iberdrola. Cajas de protección y medida NI 42.72.00.

- UNE EN 62 052-11: Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. Parte 11: equipos de medida.
- Normas UNE relacionadas con las instalaciones fotovoltaicas
- UNE- EN 9488 2001 Energía solar. Vocabulario (ISO 9488:1999)
- UNE-EN-60891 1994 Procedimiento corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- UNE-EN 60904-1 2007 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad tensión de los módulos fotovoltaicos.
- UNE- EN 60904-2 1994 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia. - UNE- EN 60904-2/A1 1998 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.
- UNE- EN 60904-3 1994 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: Fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
- UNE- EN 60904-5 1996 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura de la célula equivalente de dispositivos fotovoltaicos por el método de la tensión de circuito abierto.
- UNE- EN 60904-6 1997 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.
- UNE- EN 60904-7 1999 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 7: Cálculo del error introducido por el desacoplo espectral en las medidas de un dispositivo fotovoltaico.
- UNE- EN 60904-8 1999 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 8: Medida de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico.
- UNE- EN 60904-10 1999 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 10: Métodos de medida de la linealidad.
- UNE- EN 61173 1998 Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía.
- UNE- EN 61194 1997 Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos autónomos
- UNE- EN 61215 2006 Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino. Cualificación del diseño y aprobación del tipo

- UNE- EN 61277 2000 Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía
- UNE- EN 61345 1999 Ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos
- UNE- EN 61683 2001 Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- UNE- EN 61701 2000 Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos
- UNE- EN 61702 2000 Evaluación de sistemas de bombeo fotovoltaico de acoplo directo.
- UNE- EN 61721 2000 Susceptibilidad de un módulo fotovoltaico al daño por impacto accidental (resistencia al impacto)
- UNE- EN 61724 2000 Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis.
- UNE- EN 61725 1998 Expresión analítica para los perfiles solares diarios
- UNE- EN 61727 1996 Sistemas fotovoltaicos. Características de la interfaz de conexión a tierra.
- UNE- EN 61829 2000 Campos fotovoltaicos de silicio cristalino. Medida en el silicio de características I-V.
- UNE- EN 61646 1997 Módulos de capa de lámina delgada. Cualificación del diseño y aprobación del tipo
- UNE- EN 61835 2006 Campos fotovoltaicos de silicio cristalino. Medida en el sitio de características I-V.
- Reglamento de alta Tensión RD 223, 2008 de 15 de Enero.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo.
- Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada.
- Decreto 48/1998 de protección del medio ambiente frente al ruido.

1.6 Titular de la instalación. Nombre y Domicilio Social.

Peticionario: PALETS BOLTA S.L.

Domicilio social: C/ OLIVA Nº2 46710 DAIMÚS (VALENCIA)

CIF: B96345558

Teléfono: 962 07 17 80

1.7 Situación y emplazamiento.

La instalación fotovoltaica objeto del proyecto se proyecta SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL en C/ OLIVA Nº2, edificio propiedad de la empresa PALETS BOLTA S.L..

La ubicación exacta del emplazamiento se resume a continuación:

Coordenadas UTM del edificio donde va ubicada la instalación fotovoltaica:

UTM

X: **746.263**

Y: **4.317.342**

HUSO 30 S (ETRS89)

La referencia catastral del inmueble donde se instalará la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo es la siguiente:

6273102YJ4167S0000XD

A continuación, incluimos unas fotografías aéreas donde puede verse la localización y emplazamiento de la instalación fotovoltaica mencionada.



Figura 1.8: Localización de la instalación fotovoltaica



Figura 1.9: Localización de la instalación fotovoltaica

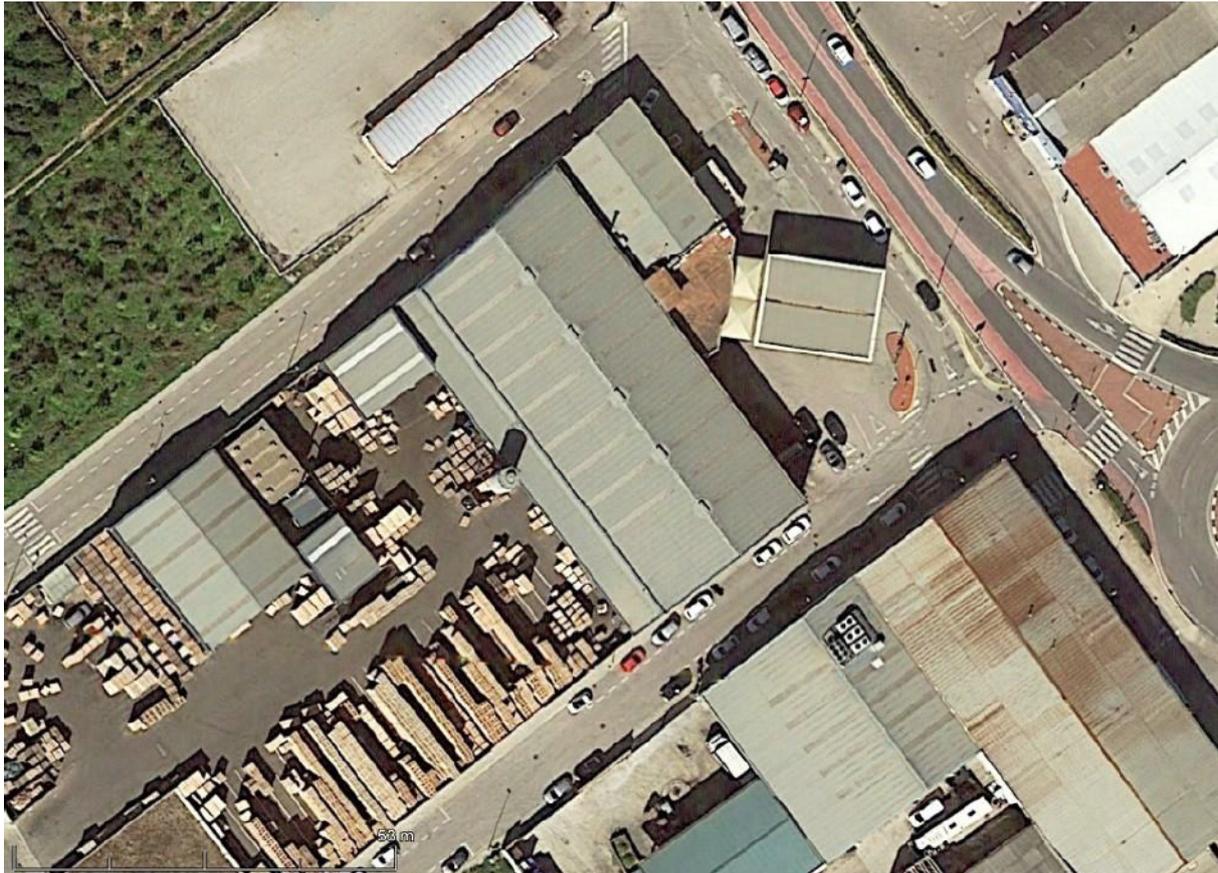


Figura 1.10: Emplazamiento de la instalación fotovoltaica

1.8 Clasificación y características de las instalaciones.

El local sobre el que se proyecta la presente instalación se califica como un local industrial (mirar ITC BT 04 y ITC BT 05 para tener varios tipos de locales), pero la instalación fotovoltaica, al situarse **SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL**, se trata como un local húmedo, mojado y expuesto a grandes temperaturas.

1.8.1 Clasificación según riesgo de las dependencias de la actividad. Según la Instrucción I.T.C -B.T correspondiente.

La instalación fotovoltaica que se proyecta está clasificada según la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, RD 314/2006, siendo una instalación generadora de energía eléctrica en Baja Tensión. Se trata de instalación solar fotovoltaica de Autoconsumo SIN VERTIDO A LA RED.

1.8.1.1 Locales con riesgo de incendio y explosión, según la instrucción I.T.C B.T. 029. Emplazamiento, zona y modo de protección.

No procede al tratarse de una instalación solar fotovoltaica SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL.

1.8.1.2 Locales húmedos, según I.T.C B.T. 030.

La instalación solar fotovoltaica al estar en intemperie SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL, se clasifica como emplazamiento húmedo. Por tanto, se cumplirán las condiciones establecidas en el apartado 1 de la I.T.C. B.T. 030. En concreto, seguiríamos lo indicado por la especificación “OTROS SISTEMAS DE INSTALACIÓN NO DETALLADOS EN EL REGLAMENTO”, instalando cables H1Z2Z2-K 0,6/1kVde tensión asignada, fijados a la superficie mediante una bandeja rejilla de acero galvanizado conectada a una toma de tierra equipotencial, como se especificará más adelante. En cuanto a lo establecido por el punto 1.2 de la misma instrucción, las conexiones del cableado serán realizadas mediante conectores MC4, que cuentan con IP67, asegurando estanqueidad ante situaciones de lluvia o humedad. El resto de apartados no son computables al presente proyecto.

1.8.1.3 Locales mojados, según I.T.C B.T. 030.

La instalación solar fotovoltaica al estar en intemperie, se clasifica como emplazamiento mojado. Por tanto, se cumplirán las condiciones establecidas en el apartado 2 de la I.T.C. B.T. 030. Será de aplicación lo estipulado por la especificación “OTROS SISTEMAS DE INSTALACIÓN NO DETALLADOS EN EL REGLAMENTO”, instalando cables H1Z2Z2-K 0,6/1kVde tensión asignada, fijados a la superficie mediante una bandeja rejilla de acero galvanizado conectada a una toma de tierra equipotencial, como se especificará más adelante. En cuanto a lo establecido por el punto 1.2 de la misma instrucción, las conexiones del cableado serán realizadas mediante conectores MC4, que cuentan con IP67, asegurando estanqueidad ante situaciones de lluvia o humedad. El resto de apartados no son computables al presente proyecto.

1.8.1.4 Locales con riesgo de corrosión, según I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.8.1.5 Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión, según la instrucción I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.5.1.6 Locales a temperatura muy elevada, según I.T.C B.T. 030.

La instalación solar fotovoltaica al estar en intemperie, se clasifica como emplazamiento expuesto a altas temperaturas. Por tanto, se cumplirán las condiciones establecidas en el apartado 5 de la I.T.C. B.T. 030.

El cable empleado es H1Z2Z2-K de tensión asignada 0,6/1kV, que aguanta hasta temperaturas de 90°C, superando con creces los 50°C indicados por la instrucción.

1.8.1.7 Locales a muy baja temperatura, según I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.8.1.8 Locales en los que existan baterías de acumuladores, según la instrucción I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.8.1.9 Estaciones de Servicio, Garajes y Talleres de reparación de vehículos, según la instrucción I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.8.1.10 Locales de características especiales, según la instrucción I.T.C B.T. 030.

No procede.

1.8.2 Características de la instalación.

1.8.2.1 Configuración del sistema.

La planta fotovoltaica está ubicada SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL, con una potencia pico instalada de 77,28 kWp, compuesta por 1 inversor de 60 kW y con una configuración de 9 ramas en paralelo en el inversor con 18 paneles en serie y una rama de 6 paneles en serie.

El número de módulos en serie depende del rango de tensión de entrada admisible en el inversor. El número de ramas en paralelo que se conectan a cada inversor dependen de la corriente máxima admisible por el mismo.

La planta fotovoltaica propuesta irá configurada con los siguientes equipos:

Tipo de módulos	JA Solar JAM72S20
Nº de módulos	168
Potencia unitaria	460Wp
Tipo de inversor	HUAWEI SUN2000-60KTL
Nº de inversores	1
Potencia nominal inversores	60 kW
Potencia pico total instalada	77,28 kWp

Tabla 1.2: Configuración planta fotovoltaica

1.8.2.2 Producción energética

Producción energética anual : 104.4290 kWh/año

La instalación se realizará de manera coplanar, aprovechando la inclinación del tejado de la nave industrial, teniendo una inclinación de 5º.

A continuación, se representa un gráfico con su producción mensual, obtenido gracias al software libre PVGIS:

La ejecución de la instalación solar fotovoltaica comportará que la energía eléctrica producida evitará la emisión de gases nocivos y de residuos que se oponen al criterio de desarrollo sostenible necesario para no comprometer el futuro del planeta.

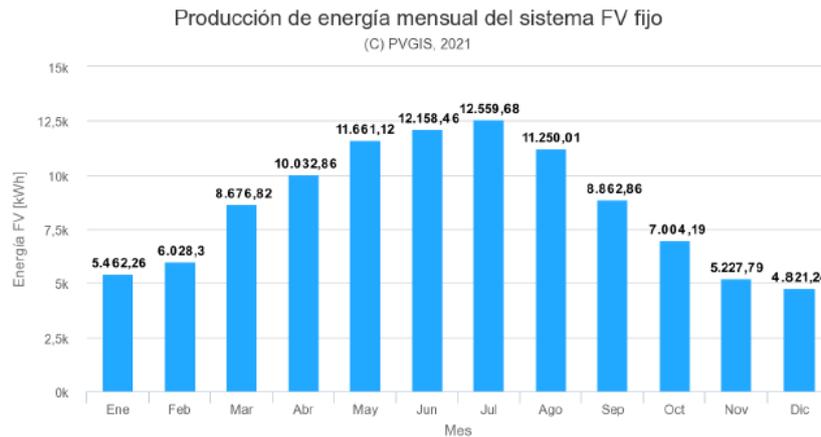


Figura 1.11: Producción de energía mensual del sistema FV fijo

1.8.2.3 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos serán de la marca JA Solar, concretamente el modelo JAM72S20 de 460 Wp

El panel solar JA Solar de 460 Wp proporciona una muy buena eficiencia y rendimiento.

Con 144 células solares monocristalinas de alta eficacia con un vidrio templado y de alta transmisión que proporciona una eficiencia del módulo de hasta el 20,6 %, minimizando los costes de instalación y maximizando el rendimiento de kWh de su sistema por unidad de área.

Tolerancia de potencia de +/-3W minimizando las pérdidas de desequilibrado del sistema FV.

VENTAJAS

Alta eficiencia: eficiencia del panel del 20,6 %.

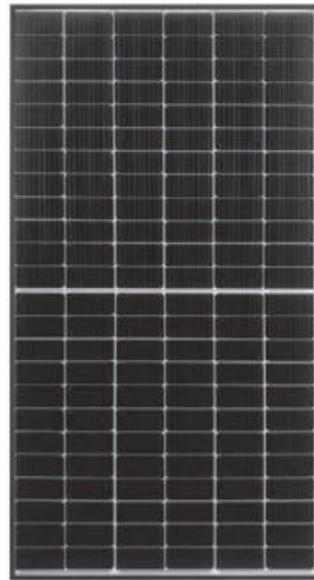
Menores costes de instalación: Más potencia por panel significa menos paneles por instalación. Esto supone un ahorro de tiempo y dinero.

Diseño fiable y robusto: Marco de aluminio resistente a la corrosión, robusto, testado independientemente para resistir las cargas de viento de 2,4 kPa y de nieve de 5,4 kPa asegura una vida mecánica estable de los módulos.

El fabricante garantiza la potencia durante 25 años y el producto durante 12 años.

La caja de conexión lleva incorporados los diodos de derivación, que evitan la posibilidad de avería de las células y su circuito, por sombreados parciales de uno o varios módulos dentro de un conjunto.

Cada panel lleva su caja de conexiones IP 68 y enchufe QC MC4.



* Black Frames Applied

Figura 1.12: Vista módulo fotovoltaico

La siguiente tabla resume las características generales de los módulos:

ASPECTOS ELÉCTRICOS	
Potencia máxima	460 Wp
Corriente en el punto de máx potencia (I_{mpp})	10,92 A
Tensión en el punto de máx potencia (V_{mpp})	42,13 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	11,45 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	50,01 A

Tabla 1.3: Especificaciones eléctricas correspondientes a los módulos a emplear

Medidas en las siguientes condiciones:

Temperatura de célula	25°C
Radiación	1000 W/m ²
Espectro AM	1'5

Características mecánicas del panel fotovoltaico:

ASPECTOS FÍSICOS	
Longitud (mm)	2120
Anchura (mm)	1058
Espesor (mm)	40
Peso (kg)	25

Tabla 1.4: Especificaciones físicas correspondientes a los módulos a emplear

1.8.2.4 Elementos estáticos (estructuras de soporte)

Para el soporte de los módulos, se emplearán estructuras de aluminio anodizado. Son estructuras de cubierta, fijadas mediante mordazas metálicas que irán sujetas en los perfiles de la cubierta existente.

El material a utilizar es de aluminio bruto capaz de resistir la carga producida por el peso de los módulos. Una vez acabada la vida de la instalación la estructura puede desmontarse, quedando la superficie en su estado original.

Las estructuras serán coplanares SOBRE LA CUBIERTA DE UNA NAVE INDUSTRIAL y se orientarán los módulos fotovoltaicos en dirección al 15, con una inclinación de 5^o sobre la horizontal.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación, Parte II, DB SE y DB SE-AE.

Los puntos de sujeción de los módulos a la estructura son efectuados de tal forma que quedan perfectamente sujetos y se les permita una ligera dilatación debida a la temperatura de trabajo a la que pueden trabajar según la estación del año y el lugar elegido para su ubicación.

Debe garantizarse un buen aislamiento eléctrico. Se evitará la formación de pares galvánicos entre la estructura y el marco del panel fotovoltaico.

El diseño, la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos fotovoltaicos permitirán las dilataciones térmicas, sin transmitir las cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

La fijación de los módulos a la estructura se llevará a término mediante tornillería de acero inoxidable, según la normativa MV-106.

La protección contra los fenómenos atmosféricos hará que se utilice aluminio, debiéndose garantizarse un buen aislamiento eléctrico.

El diseño, la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos fotovoltaicos permitirán las dilataciones térmicas, sin transmitir las cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

A continuación se adjunta la imagen del perfil que se va a utilizar para la instalación, así como un detalle con su forma y medidas.



Figura 1.13: Perfil Estructura

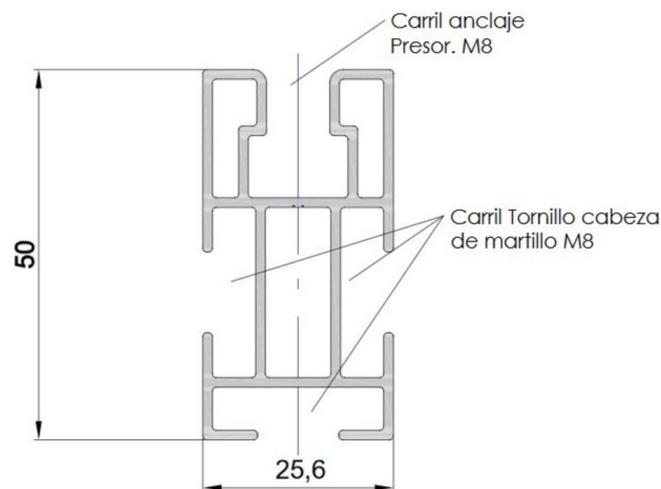


Figura 1.14: Detalle Perfil Estructura

En las siguientes imagen se puede ver la grapa de anclaje del panel, así como el ángulo con el que se fijara el perfil al tejado de la nave.



Figura 1.15: Grapa



Figura 1.16: Ángulo fijación

En cuanto a las acciones del viento, al estar los módulos completamente coplanares, la fuerza horizontal es despreciable, debido a que el área de actuación es mínima ($0,04 \text{ m}^2$ o $0,08 \text{ m}^2$ por módulo, dependiendo de la orientación), y la fuerza vertical queda eliminada al multiplicarse por $\text{sen } 0^\circ$.

Seguidamente, presentamos la justificación de la resistencia estructural de las naves:

- Módulos:

Peso unitario: 25 kg

- Aluminio:

Peso unitario: 0,625 kg/mL

- Tornillería:

Peso unitario: 0,013 kg

- Cableado:

Peso unitario: 0,190 kg

Para ello se analizará la resistencia estructural con la situación de cargas más desfavorable, calculando el peso por unidad de área.

PESOS	UDS	SUBTOTAL PESO
PANELES FOTOVOLTAICOS	168	4200,00 kg
SUJECCIÓN PIEZAS MÓDULO	300	315,66 kg
TORNILLERÍA	600	7,80 kg
CABELADO (m. de cable)	1000	190,00 kg
	TOTAL	4713,46 kg

Tabla 1.5: Peso de la instalación

Teniendo en cuenta que la superficie sobre la que se distribuyen los pesos, es de 1387 m², el peso por unidad de área será de 3,4 kg/m², este valor está muy por debajo de los 100 kg/m² de sobrecarga de uso que establece el CTE para cubiertas accesibles para conservación con inclinación inferior a 20° (SE-AE 5, Tabla 3.1). Con esta tabla queda justificado que la estructura de la nave no se verá alterada por la instalación.

1.8.2.6 Inversor

El inversor actúa como fuente sincronizada con la red y dispone de microprocesadores de control y de un PLC de comunicaciones. Trabaja conectado por su lado CC a un generador fotovoltaico, y por su lado CA a un transformador que adapta la tensión de salida del inversor a la de la red. Este transformador permite además el aislamiento galvánico entre la parte CC y la CA. Dispone de un microprocesador encargado de garantizar una curva senoidal con una mínima distorsión. La lógica de control empleada garantiza además de un funcionamiento automático completo, el seguimiento del punto de máxima potencia (MPP) y evita las posibles pérdidas durante periodos de reposo (Stand-By). Es capaz de transformar en corriente alterna y entregar a la red la potencia que el generador fotovoltaico genera en cada instante, funcionando a partir de un umbral mínimo de radiación solar. Además, permite la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en isla, garantía de seguridad para los operarios de mantenimiento de la compañía eléctrica distribuidora. Los umbrales permitidos son:

En frecuencia. 50 Hz

En tensión - 1,1 Um a 0,85 Um

También actúa como controlador permanente de aislamiento para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de resistencia de aislamiento. Junto con la configuración flotante para el generador fotovoltaico garantiza la protección de las personas. Posteriormente se presenta las características específicas del inversor seleccionado, así como la imagen de este:

SUN2000-60KTL-M0
Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas		SUN2000-60KTL-M0
Eficiencia		
Máxima eficiencia	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V	
Eficiencia europea ponderada	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V	
Entrada		
Tensión máxima de entrada ¹	1,100 V	
Corriente de entrada máxima por MPPT	22 A	
Corriente de cortocircuito máxima	30 A	
Tensión de arranque	200 V	
Tensión de funcionamiento MPPT ²	200 V ~ 1,000 V	
Tensión nominal de entrada	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac	
Cantidad de MPPTs	6	
Cantidad máxima de entradas por MPPT	2	
Salida		
Potencia activa	60,000 W	
Max. Potencia aparente de CA	66,000 VA	
Max. Potencia activa de CA (cosφ = 1)	66,000 W	
Tensión nominal de salida	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, por defecto 3W + N + PE; 3W + PE opcional en configuraciones; 277 V / 480 V, 3W + PE	
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz	
Intensidad nominal de salida	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V	
Max. intensidad de salida	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V	
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo ... 0,8 inductivo	
Distorsión armónica total máxima	< 3%	
Protecciones		
Dispositivo de desconexión del lado de entrada	Sí	
Protección anti-isla	Sí	
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí	
Protección contra polaridad inversa CC	Sí	
Monitorización a nivel de string	Sí	
Descargador de sobretensiones de CC	Type II	
Descargador de sobretensiones de CA	Type II	
Detección de resistencia de aislamiento CC	Sí	
Monitorización de corriente residual	Sí	

Figura 1.17: Características del inversor



Figura 1.18: Inversor

Monitorización de los Inversores

El inversor tiene integrado un sistema de monitorización que actúa como interfaz entre la instalación de energía solar y el mundo exterior. Es posible visualizar mediciones e informaciones acerca del estado del inversor en la pantalla LCD del dispositivo. La interfaz serie RS-232 posibilita la conexión con un PC mediante el software de comunicación. La presencia de una interfaz de acceso a internet hace posible la realización de consultas a distancia.

Se adjunta una imagen de ejemplo para visualizar como trabajaría la monitorización.

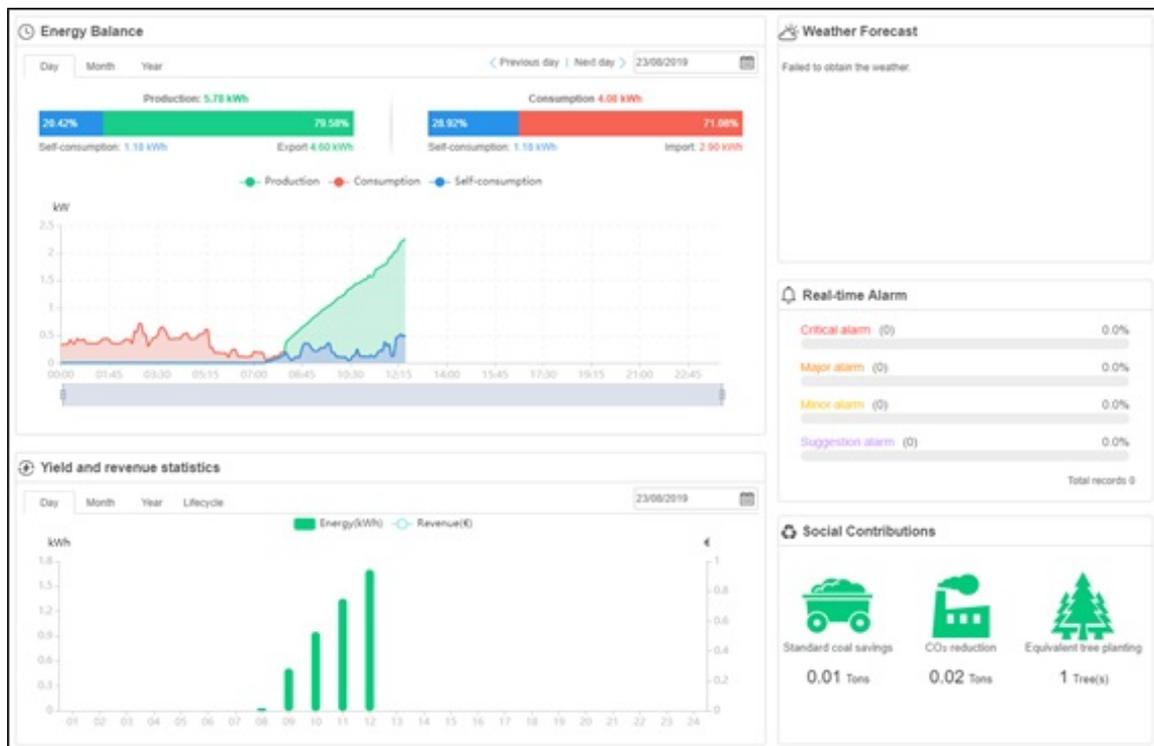


Figura 1.19: Ejemplo monitorización

En la monitorización podremos observar en todo momento la energía que genera la instalación fotovoltaica, así como nuestro consumo y cuanta energía consumimos de la instalación fotovoltaica.

1.8.2.7 Ubicación del inversor.

El inversor se ubicará en el interior de la nave industrial, lo más cercano posible del cuadro de maniobra.

La ubicación de los cuadros de maniobra (CBT en alterna y cuadros de strings en continua) en la misma ubicación (zona del inversor) permite las aperturas simultáneas (en CC y CA) para seccionar eléctricamente aguas arriba y aguas abajo del inversor y poder realizar sobre el mismo tareas de mantenimiento con total seguridad, se puede apreciar los esquemas unifilares de los cuadros en los planos adjuntos a este proyecto.

La ventilación de la zona del inversor viene garantizada por:

-Ventilación natural.

1.8.2.8 Canalizaciones fijas.

Para la instalación de BT de la parte de continua (módulos) se usará bandeja galvanizada en caliente perforada y tapada. Para la instalación desde el cuadro de AC hasta el cuadro principal de cabecera se utilizará el mismo tipo de bandeja y canalizaciones ya existentes, siempre comprobando que cumplen con los requisitos térmicos de instalación.

1.8.2.9 Canalizaciones móviles.

No procede.

1.8.2.10 Maquinas rotativas.

No procede.

1.8.2.11 Luminarias.

No procede.

1.8.2.12 Tomas de corriente.

Existirán 2 tomas de corriente en caso de tenerse que usar.

1.8.2.13 Aparatos de conexión y corte.

Se dispondrá de un seccionador de continua para cortar el inversor en la parte de continua, mientras que en la parte de alterna se cuenta con un automático magnetotérmico en cada línea de cada inversor, así como un interruptor general (IGA) junto con relé y diferencial antes de la entrada al cuadro de distribución de la nave.

1.8.2.14 Equipo móvil y portátil.

No procede.

1.8.2.15 Sistemas de protección contra contactos indirectos.

La instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red interior propuesta contará con las siguientes protecciones contra contactos indirectos, de acuerdo con la legislación vigente:

- a) El propio inversor protege frente a contactos indirectos.
- b) Puesta a tierra de la estructura soporte y resto de masas metálicas de forma unificada, con el fin de evitar diferencias de potencial peligrosas según RBT y siguiendo la normativa vigente en este tipo de instalaciones sin alterar las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.
- c) Aislamiento clase II en todos los componentes: módulos, cableado, cajas de conexión, etc
- d) Configuración flotante del campo generador (los dos polos aislados de tierra), con el fin de garantizar la seguridad de las personas en caso de fallo a tierra en la parte de CC.
- e) Controlador permanente de aislamiento, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de resistencia de aislamiento (incluido en el inversor).

1.8.2.16 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.

La instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red interior propuesta contará con las siguientes protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, de acuerdo con la legislación vigente:

- a) Interruptores magnetotérmicos en el lado AC.
- b) Interruptor diferencial general, con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- c) Cableado CC, diseño del cableado en la parte de CC utilizando el criterio térmico según el RBT.

1.8.2.17 Protección contra sobretensiones.

La instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red interior propuesta contará con las siguientes protecciones contra sobretensiones, de acuerdo con la legislación vigente:

- a) Masas metálicas conectadas a tierra.
- b) Acoplamiento con la Red.
- c) Interruptor automático de interconexión controlado por software, que permite la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en isla, garantía de seguridad para los operarios de mantenimiento de la compañía eléctrica distribuidora. Los umbrales permitidos son en frecuencia a 50 Hz y en tensión de 1'1 Um a 0'85 Um (incluido en el inversor) cumpliendo de esta forma la ITC-40 del REBT.

Toda la descripción de protecciones de los puntos 1.5.2.16 y 1.5.2.17 anteriores está de acuerdo con la normativa vigente sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Se tendrán en cuenta en la instalación además los siguientes puntos adicionales con objeto de optimizar la eficiencia energética y garantizar la absoluta seguridad del personal:

Los conductores serán de cobre de sección suficiente para asegurar que las pérdidas de tensión en cables y cajas de conexión sean inferiores al 1'5 % de la tensión de trabajo del sistema en los circuitos AC y CC, en cualquier condición de operación, según indica la ITC-40 del REBT.

1.8.2.18 Protección frente a puntos calientes.

Protección frente a puntos calientes mediante fusibles en cada polo de cada rama del generador fotovoltaico en la parte de CC.

1.8.2.19 Identificación de conductores.

La parte eléctrica estará compuesta principalmente de tres partes:

- Una parte de continua desde nuestras placas fotovoltaicas hasta los inversores.
- Otra desde los inversores hasta el cuadro de protecciones.
- La última desde el cuadro de protecciones hasta el punto de conexión en alterna.

El cableado estará compuesto por cables de Cu RV/K 0'6/1kV de 4 mm² en la parte de continua y 25 mm² en la parte de alterna.

1.9 Descripción de la instalación.

1.9.1 Instalaciones de enlace.

1.9.1.1 Cuadro general de maniobra y protección. Ubicación y características.

En el interior de la estación se sitúa el inversor junto con el cuadro de protecciones.

Se colocará diferencial con protección magnetotérmica, actuará antes que el interruptor general manual, salvo cortocircuitos de cierta importancia provenientes de la red de la compañía. Se utilizarán magnetotérmicos tipo C, los utilizados cuando no existen corrientes de arranque de consumo elevadas. Según norma EN 60269, para protección contra sobrecargas, debe cumplir:

I diseño de la línea \leq I asignada dispositivo de protección \leq I admisible de la línea

En el cuadro general de protecciones de AC se instalará la siguiente aparatamenta:

Aparamenta de alterna			
Elemento	Uds	Ubicación	Características técnicas
Interruptor Magnetotérmico de 100 A de 4 polos	1	Caja de protecciones de AC	$I_n = 100 \text{ A}$ $V_n = 400 \text{ V}$ $P_{\text{corte}} = 25 \text{ kA}$
Interruptor Diferencial de 125 A de 4 polos	1	Caja de protecciones de AC	$I_n = 125 \text{ A}$ $V_n = 400 \text{ V}$ Sensibilidad = 300 mA

Tabla 1.6: Características aparamenta de alterna

1.9.2 Puestas a tierra.

Para el cálculo de la resistencia de la toma de tierra, se va a seguir lo establecido en la ITC-BT-18. La toma de tierra se va a realizar unificando la tierra de todos los elementos que conforman la instalación fotovoltaica de autoconsumo.

Se conectará a la tierra del edificio existente.

La tensión de contacto deberá ser inferior a 24V, dadas las características del local. Si una vez ejecutada esta instalación, la tensión de contacto fuera superior a 24V, se deberá ejecutar una toma de tierra independiente y añadir un anexo al presente proyecto indicando los cálculos justificativos de la misma.

1.9.3 Equipos de corrección de energía reactiva.

No procede.

1.9.4 Sistemass de señalización, alarma, control remoto y comunicación.

La monitorización de los inversores viene descrita en su respectivo capítulo.

2 Cálculos justificativos.

2.1 Tensión nominal.

La tensión nominal del campo fotovoltaico, que se encuentra en continua, en la parte de baja será de 900 V en circuito abierto, teniendo una caída de tensión máxima admisible de 1,5 % para toda la parte de continua.

En lo referente a la parte de alterna se tendrá una tensión nominal de 400 V y una caída de tensión máxima admisible de 1,5 %.

2.2 Formulas utilizadas.

Para el cálculo del cableado eléctrico se va a emplear el criterio de caída de tensión, para limitar la caída de la misma a un 1,5 % tal y como se establece en el artículo 5 de la ITC-BT-40 del Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, y el criterio térmico, que limita la intensidad máxima admisible por el cable. Los cables de conexión estarán dimensionados para una intensidad de 125 % de la máxima intensidad de la línea, tal y como se establece en el artículo citado. Estas consideraciones se tendrán en cuenta tanto para el cableado de continua como el de alterna. El cableado utilizado en alterna es libre de halógenos, de tensión asignada de 0,6kV/1kV de tensión de aislamiento.

En la parte de continua, para el dimensionado de la sección del cableado, se empleará la corriente de cortocircuito, I_{sc} , ya que es la máxima que podrá circular por el cable.

Características por rama:

Potencia (kWp)	8,28	2,76
Corriente de cortocircuito (A)	11,45	11,45
Tensión de circuito abierto (V)	900	300

Tabla 2.1: Características por rama

Características globales para el inversor:

Potencia Nominal	60
Corriente de salida en alterna (A)	86,7
Potencia de salida en alterna (kW)	60

Tabla 2.2: Características inversor

2.2.1 Cableado de corriente continua DC.

En lo que se refiere a los conductores de potencia, existirá una línea por cada rama, de este al inversor.

Criterio de caída de tensión

Para una línea monofásica se emplea la ecuación:

$$\Delta U(\%) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{c \cdot S \cdot U^2} \quad (2.1)$$

Donde:

S = Sección del cable en mm².

L = Longitud de la línea en metros.

ΔU = Máxima caída de tensión permitida en voltios.

U = Tensión nominal.

P = Potencia de la carga en vatios.

Criterio térmico

Para el dimensionamiento del cable en función de la intensidad máxima admisible, se va a considerar el 125 % de la intensidad máxima que va a transportar la línea de corriente continua.

Acto seguido, se comprobará que el conductor pueda soportar la intensidad máxima de diseño en la tabla 1 de Intensidades admisibles de la ITC-BT 19.

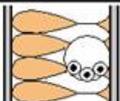
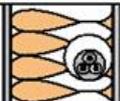
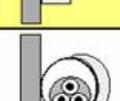
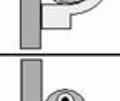
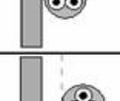
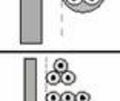
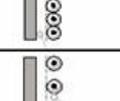
Intensidades admisibles (tabla reducida)													
			3x	2x		3x	2x						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ¹² , en montajes superficiales o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ¹² en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre muro ¹³					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵							3x PVC			3x XLPE o EPR(1)	
G		Cables unipolares separados un mínimo de D ₂ ¹⁵									3x PVC(1)	3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525	
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Figura 2.1: Intensidades admisibles de conductores

2.2.2 *Cableado de corriente alterna AC.*

El sistema consta de 1 inversores trifásicos, teniendo una potencia nominal total de 60 kW. En un cuadro denominado cuadro de AC se instalarán las protecciones necesarias. El cableado de corriente alterna se va a dividir en dos partes: desde el inversor hasta el cuadro de AC, y desde este armario hasta el armario de medida o CMT. En este último tramo se tiene una potencia de 60 kW y una tensión de 400 V. El factor de potencia de los inversores es cercano a 1, por lo que la intensidad de la línea que une el inversor con el armario AC es de 95,3 A. Sin embargo, la intensidad de diseño con la que trabajará será un 25 % más que la anterior: 119,25 A.

Para el cálculo de la sección del cableado se aplican los siguientes criterios:

Criterio térmico

Se comprueba en la tabla 1 ITC-RBT-19 que cumple intensidad admisible, para conductores aislados en tubos.

En lo que se refiere a los conductores de potencia se distinguen el circuito:

1. Cableado de los inversores al armario de AC.
2. Cableado del armario de AC al CMT.

Criterio de caída de tensión mediante valores unitarios

Emplearemos la fórmula para corriente alterna:

$$e(\%) = \frac{P \cdot L}{c \cdot S \cdot U^2} \quad (2.2)$$

2.2.3 *Dimensionamiento del neutro.*

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-19 que regula las instalaciones interiores o receptoras menciona en el apartado 2.2.2: En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

2.3 Potencia total instalada y demandada. Coeficiente de simultaneidad.

La potencia total instalada en la planta fotovoltaica es de 77,28 kWp, 168 paneles de 460 Wp.

Se prevé que los paneles fotovoltaicos estén en funcionamiento todos al mismo tiempo, salvo avería de uno o alguno de ellos. Por lo tanto, estarán en funcionamiento simultáneamente todos, siendo el coeficiente de simultaneidad de 1.

2.3.1 Relación de receptores de alumbrado, con indicación de su potencia.

No disponemos de receptores de alumbrado en nuestra instalación fotovoltaica, debido a la tipología de este tipo de instalaciones. Por lo tanto, no se indica.

2.3.2 Relación de maquinaria consumidora y su potencia eléctrica.

No disponemos de receptores de fuerza motriz en nuestra instalación fotovoltaica, debido a la tipología de este tipo de instalaciones. Por lo tanto, no se indica.

2.3.3 Relación de receptores de otros usos, con indicación de su potencia

No disponemos de receptores de fuerza motriz en nuestra instalación fotovoltaica, debido a la tipología de este tipo de instalaciones. Por lo tanto, no se indica.

2.4 Cálculos eléctricos de los diversos circuitos.

2.4.1 Cálculo de la sección de los conductores de las líneas principales y secundarias.

Se pasa a detallar los cálculos eléctricos realizados:

El campo fotovoltaico se encuentra formado por una instalación de 77,28 kWp en total, con 1 inversor de 60 kW.

Seguidamente pasamos a detallar las características eléctricas:

CABLEADO DE CORRIENTE CONTINUA DC

En lo que se refiere a los conductores de potencia, existirá una línea por cada rama, de este al inversor.

Nº Módulos	Potencia Rama	Tensión máxima	Corriente rama	Longitud máxima
18	8,28 kW	900 V	11,45 A	50 m
6	2,78 kW	300 V	11,45 A	15 m

Tabla 2.3: Características inversor

Criterio térmico

Como la intensidad que circulará por el cable es 11,45 A, se elige de las tablas de intensidades admisibles de la norma UNE 20460-5-523:2004. Se considerarán los valores para cables de cobre ($C_{cu}=56 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$) con recubrimiento de XLPE.

$$I_z(S = 4\text{mm}^2) = 40\text{A} \quad (2.3)$$

$$I_{ZMAX} = I_z \cdot F_{correccion} = 40 \cdot 1 = 40\text{A} > I_{MAX} = 11,45\text{A} \quad (2.4)$$

Criterio de caída de tensión mediante valores unitarios

Condiciones de trabajo a máxima potencia:

V	18 paneles · 50V/panel = 900 V
I	11,45 A
Lmax	50 m
$e_{adm}(\%)$	0,50 %
C_{cu}	56

Tabla 2.4: Condiciones de trabajo a máxima potencia

$$e(\%) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U^2} \quad (2.5)$$

$$e(\%) = \frac{2 \cdot 8280 \cdot 50}{56 \cdot 4 \cdot 900^2} = 0,45\% < 0,50\% \quad (2.6)$$

La sección de 4 mm² cumple los criterios, por lo tanto es apta.

Se utilizara cable unipolar solar monofásico H1Z2Z2-K 0,6/1 kV (Cu)

Cableado de corriente continua	
Tramo	Sección
Rama 1 a 9 (18 módulos en serie por rama)	4 mm ²
Rama 10 (6 módulos en serie por rama)	4 mm ²

Tabla 2.5: Resumen cableado corriente continua

CABLEADO DE CORRIENTE ALTERNA AC

Como ya se ha introducido en el apartado 2.2.2. el sistema consta de 1 inversores trifásicos, teniendo una potencia nominal total de 60 kW. En un cuadro denominado cuadro de AC se instalarán las protecciones necesarias.

El cableado de corriente alterna se va a dividir en dos partes: desde el inversor hasta el cuadro de AC, y desde este cuadro hasta el armario de medida o Cuadro principal de cabecera. El factor de potencia del inversor es cercano a 1, por lo que la intensidad de la línea que une cada inversor con el armario AC es de 95,3 A. Sin embargo, la intensidad de diseño con la que trabajaremos será un 25 % más que la anterior: 119,12 A.

En lo que se refiere a los conductores de potencia se distinguen los circuitos:

1. Cableado de los inversores al cuadro del inversor
2. Cableado del cuadro del inversor al Cuadro general.

A continuación, pasamos a calcular en detalle el cableado de corriente alterna AC.

1. Cableado de inversor a cuadro General

Criterio Térmico

Como la intensidad que circulará por el cable es 119,12 A ($95,3 \cdot 1,25$), elegimos de las tablas de intensidades admisibles de la norma UNE 20460-5-523:2004. Se considerarán los valores para cables de cobre ($C_{cu}=56$) con recubrimiento de XLPE con método de instalación tipo F, y llevando un circuito, el factor de corrección será de 1.

$$I_{z(S=35mm^2)} = 154A \quad (2.7)$$

$$I_{ZMAX} = I_z \cdot F_{corrección} = 154 \cdot 1 = 154A > I_{max} = 119,12A \quad (2.8)$$

Criterio de caída de tensión mediante valores unitarios

Condiciones de trabajo a máxima potencia para el tramo 1:

V	400 V
I_{max}	119,12 A
Lmax	3 m
$e_{adm}(\%)$	0,2 %
Ccu	56

Tabla 2.6: Condiciones de trabajo a máxima potencia tramo 1

$$e(\%) = \frac{P \cdot L}{c \cdot S \cdot U^2} \quad (2.9)$$

$$e(\%) = \frac{60000 \cdot 3}{56 \cdot 35 \cdot 400^2} = 0,0803 \% < 0,15 \% \quad (2.10)$$

La sección de 35 mm² cumple ambos criterios, y por tanto es apta.

Condiciones de trabajo a máxima potencia para el tramo 2:

V	400 V
I_{max}	119,12 A
Lmax	6 m
$e_{adm}(\%)$	0,2 %
Ccu	56

Tabla 2.7: Condiciones de trabajo a máxima potencia tramo 2

$$e(\%) = \frac{P \cdot L}{c \cdot S \cdot U^2} \quad (2.11)$$

$$e(\%) = \frac{60000 \cdot 6}{56 \cdot 35 \cdot 400^2} = 0,114 \% < 0,15 \% \quad (2.12)$$

La sección de 35 mm² cumple ambos criterios, y por tanto es apta.

A continuación, resumimos en una tabla los datos obtenidos para el tramo de alterna.

Cableado de corriente alterna	
Tramo	Sección
De inversor a cuadro inversor	3Fx35+Nx35 mm ²
De cuadro inversor a cuadro general	3Fx35+Nx35 mm ²

Tabla 2.8: Resumen cableado corriente alterna

2.4.2 Cálculo de la sección de los conductores y diámetro de los tubos o canalizaciones a utilizar en las líneas derivadas.

No procede.

2.4.3 Cálculo de las protecciones a instalar en las diferentes líneas generales y derivadas.

En los puntos 1.5.2.16, 1.5.2.17, 1.5.2.18 y 1.5.2.19 anteriores se ha descrito el conjunto de protecciones necesarias en la instalación solar fotovoltaica objeto de este proyecto.

A continuación, se muestra la elección de las protecciones de corriente continua y alterna de la instalación:

Aparamenta de Corriente Continua DC

Protecciones de los propios inversores.

Aparamenta de Corriente Alterna AC

Se colocará un diferencial con protección magnetotérmica y diferencial, actuará antes que el interruptor general manual, salvo cortocircuitos de cierta importancia provenientes de la red de la compañía. Se utilizarán magnetotérmicos tipo C, los utilizados cuando no existen corrientes de arranque de consumo elevadas. Según norma EN 60269, para protección contra sobrecargas, debe cumplir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (2.13)$$

Donde:

I_b = Intensidad diseño de la línea

I_n = Intensidad asignada del dispositivo de protección

I_z = Intensidad admisible de la línea

En la siguiente tabla podemos observar las protecciones que tendrá nuestra instalación, como observamos cumple con la norma anterior.

Elemento	Uds	Ubicación	Características técnicas
Interruptor automático magnetotérmico de 4 polos	1	Cuadro general	$I_n = 125\text{A}$; $P_{\text{corte}} = 25\text{ kA}$
Interruptor automático diferencial de 4 polos	1	Cuadro general	$I_n = 125\text{ A}$; Sensibilidad = 300 mA

Tabla 2.9: Características aparata de alterna

2.5 Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos.

El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, proporcionando niveles de protección adecuados frente a contacto directo e indirecto, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o a tierra.

En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- El aislamiento clase II de los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Éstas últimas, contarán además con llave y estarán dotadas de señales de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor, que detecte la aparición de un primer fallo, cuando la resistencia de aislamiento sea inferior al valor siguiente:

$$R_{ISO,MIN}(\Omega) = 40 \cdot V_{G,MAX}(V) - 1000 \quad (2.14)$$

donde $V_{G,MAX}$, es la tensión correspondiente al generador en circuito abierto operando a baja temperatura, que corresponde al 125 % de la tensión de circuito abierto en condiciones estándar. Esta tensión es la mayor que puede alcanzar el generador fotovoltaico, por lo que constituye la condición de mayor peligro eléctrico.

Con esta condición se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 300 mA , que marca el umbral de riesgo eléctrico para las personas.

El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

2.5.1 Cálculo de la puesta a tierra.

Como la instalación de generación fotovoltaica se trata a una instalación de autoconsumo, dicha instalación estará conectada a la red interior del cliente, por tanto, la instalación del cliente siempre estará conectada a la red pública de distribución.

Por eso, las masas de la instalación irán conectadas a la puesta a tierra de la instalación del cliente, que es independiente al neutro de la red de distribución.

2.5.2 Diseño del conductor de protección.

Conductor de protección de corriente alterna

La carcasa de cada inversor se unirá a la borna de tierra a través de un cable de 25 mm² libre de halógenos de 450 V de tensión asignada y 750 V de aislamiento. (Secciones según RBT ITC-BT-18).

Conductor de protección de corriente continua

La carcasa de cada cuadro de protección, así como las estructuras de sujeción de los módulos se unirán al borne de tierra a través de un cable de: 6 mm² 450 V de tensión asignada y 750 V de aislamiento. (Secciones según RBT ITC-BT-18).

3 Informe de prevención.

3.1 Objetivo.

En el siguiente informe se recopila la información de la visita realizada a la nave industrial denominada “PALETS BOLTA” sobre la cubierta de la cual se pretende realizar el montaje de una instalación fotovoltaica para autoconsumo propio con un montaje coplanar sobre la misma, ubicada en “CARRER OLIVA, 2, 46710 DAIMÚS, VALENCIA”.

La finalidad de la visita es la revisión y comprobación del estado de la cubierta, así como la inspección de los elementos de seguridad disponibles y los necesarios a instalar para la ejecución de una instalación fotovoltaica sobre una cubierta de nave industrial bajo los criterios de prevención y seguridad laboral vigentes.

3.2 Trabajos realizados.

Durante la visita se han comprobado los siguientes puntos:

-CUBIERTA. Se realiza una inspección mediante un vuelo aéreo de los elementos que componen la cubierta, como viene a ser: Estado de la cubierta, estado de los tragaluces, medidas de seguridad existentes sobre la cubierta actual y revisión del perímetro.

-ESTRUCTURA Se realiza una inspección de la estructura, tratando los siguientes puntos: Estado de la chapa de cubierta en interior, espesor de la misma, medidas de vigas y correas y riesgos derivados por una posible caída.

-ENTORNO. Se realiza una inspección del entorno de la nave industrial.

-INFOGRAFÍA. Se realiza una inspección mediante vuelo aéreo, así como un reportaje fotográfico de los elementos que componen la nave.

3.3 Estado.

Tras haberse realizado la visita y la toma de datos, se determina que para poder realizar los trabajos de instalación fotovoltaica será necesaria la instalación de un punto de anclaje para el acceso a la cubierta, instalación de una línea de vida temporal para poder realizar los trabajos de mallado permanente de los lucernarios. Mallado de los lucernarios para evitar caídas a distinto nivel. Instalación de un vallado perimetral temporal mientras se lleva a cabo la ejecución de la obra para evitar la caída de personal o herramientas de la propia cubierta al no disponer de peto sobresaliente.

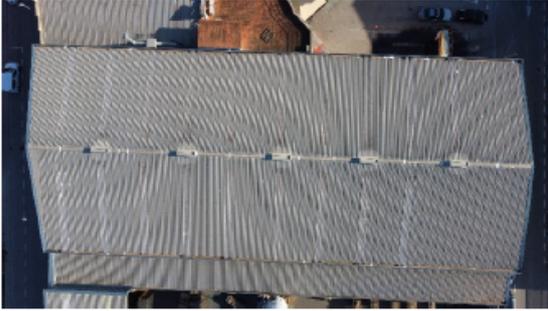
3.4 Trabajos realizados. Cubierta.

Trabajo realizado	Estado	Observación	Fotografía
Revisión del estado de la cubierta exterior	OK	La cubierta se encuentra en un estado de conservación óptimo, no se presenta corrosión ni puntos de oxidación de la misma.	
Estado de los tragaluces	OK	Nos tragaluces no presentan daños o agujeros. Sí están quemados por la exposición al sol y es difícil de reconocer, por ello se remarcará el perímetro de los mismos antes de realizar trabajos de prevención.	
Medidas de seguridad existentes	NO	No se dispone de medidas de seguridad existentes sobre la cubierta. Será necesaria la instalación a posteriori de una línea de vida fija homologada para la realización del mantenimiento de las instalaciones.	
Revisión del perímetro	OK	No se disponen de elementos alrededor del perímetro de la nave que suponga riesgo para la realización de los trabajos en cubierta.	

3.5 Trabajos realizados. Estructura.

Trabajo realizado	Estado	Observación	Fotografía
Revisión del estado de la cubierta interior	OK	No se detecta presencia de corrosión o derivados en el interior de la cubierta. El espesor de la chapa es de 0,6 mm.	
Revisión de elementos estructurales: vigas y correas	OK	Se ha comprobado que la instalación estructural está realizada según código CTE. Resistente a cargas uniformes 40 kg / m2 (*)	
Revisión de riesgos derivados a una posible caída	OK	No existen elementos bajo la cubierta los cuales puedan suponer un riesgo ante una posible caída y estado de suspensión hasta rescate.	

3.6 Trabajos realizados. Entorno.

Trabajo realizado	Estado	Observación	Fotografía
INSPECCIÓN PERIMETRAL	OK	CARA SUR	
	OK	CARA ESTE	
	OK	SUPERIOR	

3.7 Consideraciones

Es necesaria la actuación para el montaje de elementos de seguridad previos a la instalación fotovoltaica, siendo estos:

-Montaje y anclaje a punto de anclaje homologado anticaídas (montaje realizado a través de una PEMP).



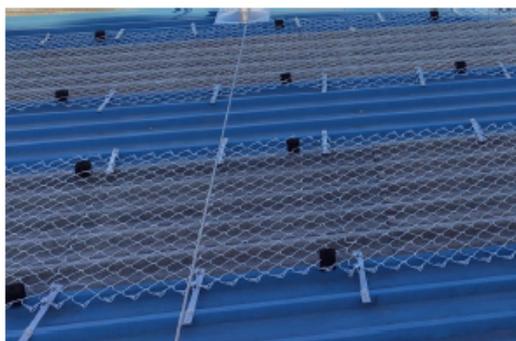
-Montaje y anclaje a línea de vida temporal (montaje realizado anclado al punto anticaída).



-Marcaje señalizador perimetral de los tragaluces.



-Instalación del mallado permanente sobre los tragaluces para evitar caídas a distinto nivel.



-Instalación del vallado perimetral temporal (redes tipo U) en el perímetro de la nave para evitar caídas de objetos y personas a distinto nivel.



-Instalación de línea de vida permanente para la realización de mantenimientos futuros.

3.8 Conclusiones del informe.

Elemento	Estado
Estado de cubierta exterior	OK
Estado de cubierta interior	OK
Estado de estructura	OK
Revisión y planificación de PRL	OK
Estado de entorno	OK

Tabla 3.1: Conclusiones

Por lo que, es posible la realización de una instalación fotovoltaica de forma coplanar sobre la cubierta aplicando los medios de prevención mencionados en el informe.

4 Presupuesto y estudio de viabilidad.

4.1 Mediciones.

Para poder realizar correctamente el presupuesto, se deben tener antes las mediciones por capítulos, para así poder conocer con más exactitud la instalación .

Capítulo	Descripción	Cantidad
CA01	Estructura y tornillería	
CA01.1	Perfil SUNFER	840 (m)
CA01.2	Presor central SUNFER	338 (Uds)
CA01.3	Tornillo de fijación	420 (Uds)
CA01.4	Ángulo unión de aluminio	338 (Uds)
CA02	Panel Fotovoltaico JA Solar JAM72SS20	168 (Uds)
CA03	Inversor HUAWEI SUN2000-60KTL	1 (Uds)
CA04	Instalación eléctrica	
CA04.1	Cableado continua	930 (m)
CA04.2	Cableado alterna	50 (m)
CA04.3	Interruptor Magnetotérmico 125A	1 (Uds)
CA04.4	Interruptor Diferencial 125A	1 (Uds)
CA04.5	Rejiband 60221200	50 (m)
CA05	Mano de obra	
CA05.1	Mano de obra	50 (h)
CA05.2	Alquiler Grua elevadora	8 (h)
CA05.3	Desplazamiento	2 (Uds)
CA06	Redacción y legalización del proyecto	
CA06.1	Proyectista	1 (Uds)
CA06.2	Dirección de obra	1 (Uds)

Tabla 4.1: Mediciones

4.2 Presupuesto total.

A continuación, se desglosa el presupuesto por capítulos:

Capítulo	Resumen	Importe (€)	Ratio (€/Wp)
CA01	Estructura y tornillería	4415.95	0.057
CA02	Modulos FV	24729.60	0.320
CA03	Inversor	6753.05	0.087
CA04	Instalación Eléctrica	4273.54	0.055
CA05	Mano de obra	7728.00	0.100
CA06	Redacción y legalización de proyecto	2500.00	0.032
	Total PEM	50400.14	0.652
	Gastos generales (13%)	6552.02	0.085
	Beneficio Industrial (6%)	3024.01	0.039
	Total precio sin IVA	59976.17	0.776
	IVA	12594.99	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	72571.16	0.939

Tabla 4.2: Presupuesto

El presupuesto de ejecución material asciende a CINCUENTA MIL CUATROCIENTOS EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.

Con un precio total sin IVA de CINCUENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON DIECISIETE CENTIMOS y un ratio de 0.776 €/Wp.

4.3 Estudio de viabilidad.

Se procede a realizar un estudio de viabilidad y de amortización para que la empresa puede ver la eficiencia de la instalación y cuándo empezará a ahorrar.

Primero se debe conocer la distribución actual de los periodos con la tarifa 3.0TD que tiene contratada el cliente. Con periodos nos referimos al precio que tendrá la energía según hora y mes, siendo el periodo P1 el más caro y el P6 el más barato.

Para ello se adjunta la siguiente tabla:

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sábados, domingos y festivos
0:00 - 1:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
1:00 - 2:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
2:00 - 3:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
3:00 - 4:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
4:00 - 5:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
5:00 - 6:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
6:00 - 7:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
7:00 - 8:00	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
8:00 - 9:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
9:00 - 10:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
10:00 - 11:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
11:00 - 12:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
12:00 - 13:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
13:00 - 14:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
14:00 - 15:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
15:00 - 16:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
16:00 - 17:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
17:00 - 18:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
18:00 - 19:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
19:00 - 20:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
20:00 - 21:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
21:00 - 22:00	P1	P1	P2	P4	P4	P3	P1	P3	P3	P4	P2	P1	P6
22:00 - 23:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6
23:00 - 00:00	P2	P2	P3	P5	P5	P4	P2	P4	P4	P5	P3	P2	P6

Tabla 4.3: Periodos Tarifa 3.0TD

Para realizar el estudio, se han tenido en cuenta los siguientes conceptos:

-El ahorro se calcula con los precios actuales del cliente, siendo estos:

P1	P2	P3	P4	P5	P6
0.173 €	0.154 €	0.125 €	0.111 €	0.100 €	0.097 €

Tabla 4.4: Precios del cliente

-Mientras que, los excedentes se venderán a 0,05 €.

-No se contempla ser beneficiario de ninguna subvención.

-Se considera un mantenimiento anual de 900 €, precio que subirá un 1 % cada año.

-Se considera una degradación del panel fotovoltaico del 0,55 % anual, por lo que el ahora disminuirá cada año, hasta un 20 % a los 25 años.

- Se tendrá una tasa de interés del 5,5 %, una tasa de inflación del 2 % y un coste del capital 3.5 %.

- Se tiene en cuenta un posible cambio de inversor a los 15 años, con un precio de 7500€, con el que se tiene en cuenta la posible subida y la mano de obra del cambio.

- Se tendrán unos costes de explotación de 70€anuales.

- El consumo se ha obtenido mediante las gráficas cuartohorarias del cliente.

- Se ha utilizado el PVGIS para el cálculo de la energía generada.
- Se considera un autoconsumo aproximado del 60 % de la energía generada.

La siguiente tabla, muestra la energía consumida, la generada, la autoconsumida y los excedentes, para cada uno de los meses del año en cada uno de los periodos de facturación.

		Consumo (kWh)	FV Generada (kWh)	FV Autoconsumida (kWh)	FV excedentes (kWh)	Ahorro autoconsumo (€)	Venta excedentes (€)
Enero	P1	820	2455	565	1890	97.75 €	94.50 €
	P2	9631	1063	1063	0	163.70 €	0.00 €
	P6	2119	1533	781	752	75.76 €	37.60 €
Febrero	P1	1184	2887	821	2066	142.03 €	103.30 €
	P2	9891	1373	1373	0	211.44 €	0.00 €
	P6	2577	1931	854	1077	82.84 €	53.85 €
Marzo	P2	1440	4552	1083	3469	166.78 €	173.45 €
	P3	10454	2666	2666	0	333.25 €	0.00 €
	P6	2642	2172	1074	1098	104.18 €	54.90 €
Abril	P4	3770	4325	2845	1480	315.80 €	74.00 €
	P5	6470	3239	3239	0	323.90 €	0.00 €
	P6	2154	3357	1153	2204	111.84 €	110.20 €
Mayo	P4	4059	4678	3120	1558	346.32 €	77.90 €
	P5	7061	3379	3379	0	337.90 €	0.00 €
	P6	2406	3599	1362	2237	132.11 €	111.85 €
Junio	P3	4330	4841	3350	1491	418.75 €	74.55 €
	P4	5102	3528	3157	371	306.23 €	18.55 €
	P6	3044	3528	1816	1712	176.15 €	85.60 €
Julio	P1	5323	4926	4195	731	725.74 €	36.55 €
	P2	4061	3607	3227	380	496.96 €	19.00 €
	P6	3094	4211	1827	2384	177.22 €	119.20 €
Agosto	P3	4839	4623	3636	987	454.50 €	49.35 €
	P4	7101	3439	3218	221	357.20 €	11.05 €
	P6	2691	2886	1586	1300	153.84 €	65.00 €
Septiembre	P3	3830	3295	2453	842	306.63 €	42.10 €
	P4	5631	2464	2464	0	273.50 €	0.00 €
	P6	2519	2265	1165	1100	113.01 €	55.00 €
Octubre	P4	3470	3225	2321	904	225.14 €	45.20 €
	P5	7275	1882	1882	0	188.20 €	0.00 €
	P6	2493	2591	1180	1411	114.46 €	70.55 €
Noviembre	P2	992	2448	677	1771	104.26 €	88.55 €
	P3	11166	977	977	0	122.13 €	0.00 €
	P6	2412	1365	630	735	61.11 €	36.75 €
Diciembre	P1	839	2540	580	1960	100.34 €	98.00 €
	P2	10494	967	967	0	148.92 €	0.00 €
	P6	2726	1612	992	620	96.22 €	31.00 €
Total		160110	104429	67678	36751	8,066.09 €	1,837.55 €
Ahorro anual		9,903.64 €					

Tabla 4.5: Energía consumida, generada y autoconsumida

Como se observa, el ahorro por energía autoconsumida anual es de 8066,09 €, mientras que el ahorro por la venta de excedentes anual es de 1837,55 €, dando un ahorro anual total de 9903,64 €.

Con los datos de la Tabla 4.5, se obtienen las siguientes gráficas, para así poder observar con mejor detalle los diferentes datos que ofrece.

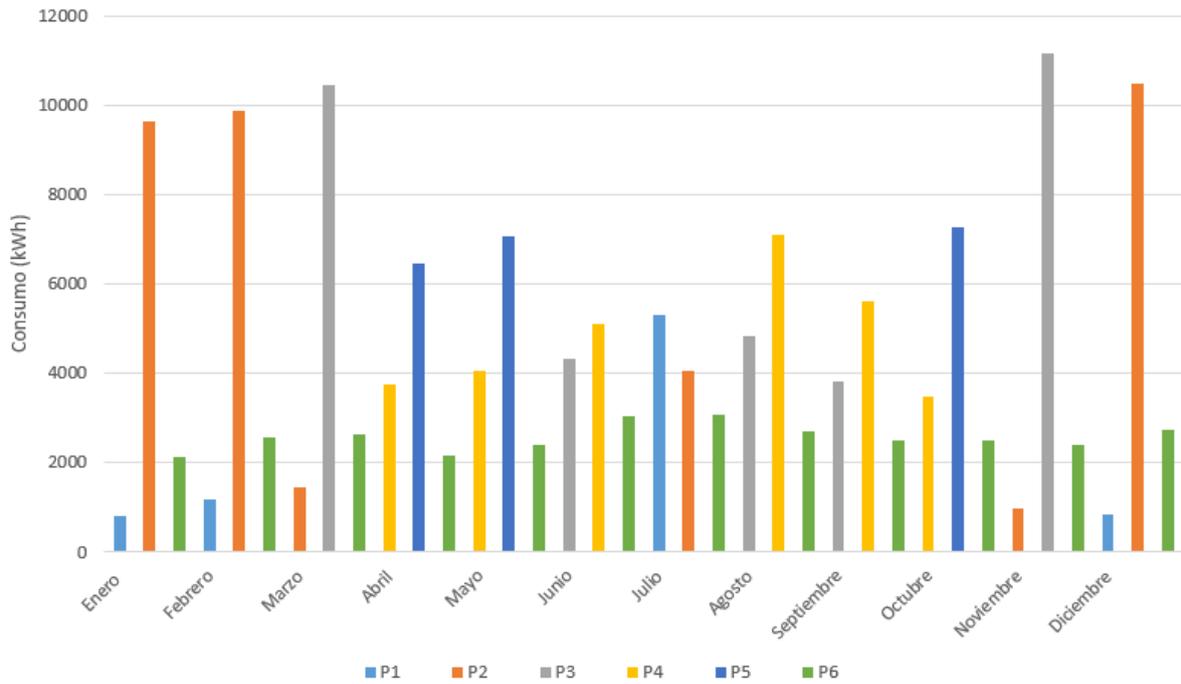


Figura 4.1: Consumo cliente

En esta gráfica se puede observar el consumo actual del cliente para cada periodo del año, en la gráfica se observa como siempre es en el segundo periodo del día donde más consumo tienen.

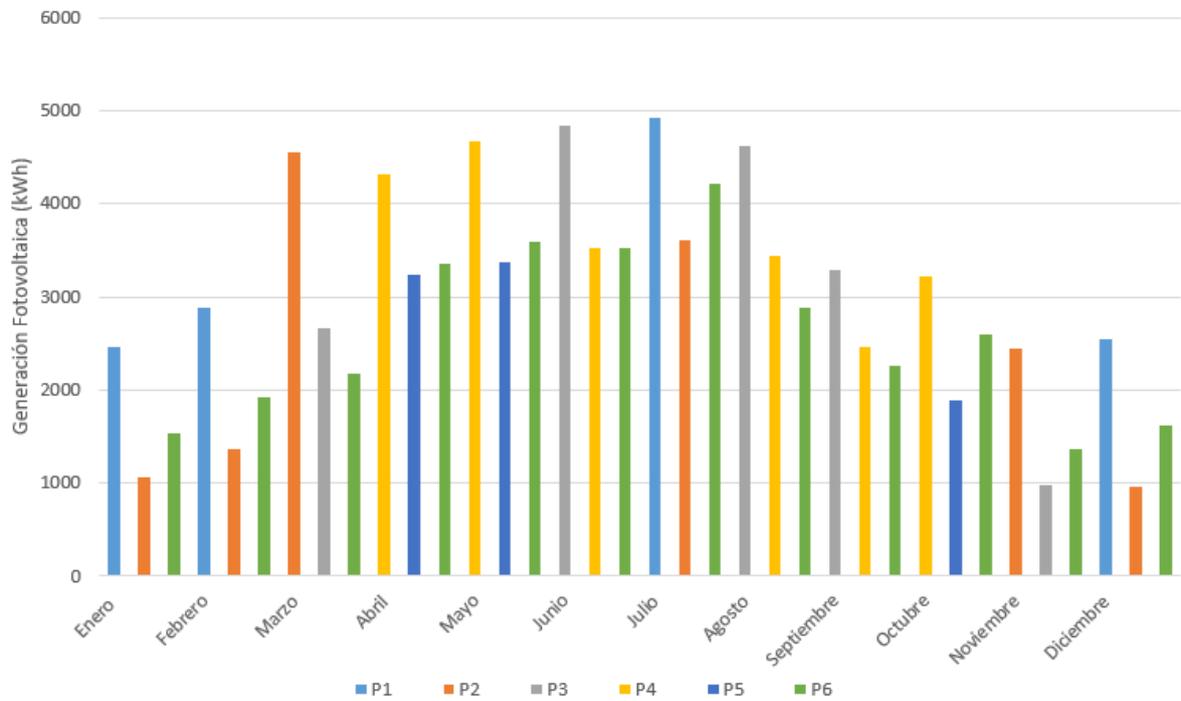


Figura 4.2: Generación fotovoltaica

En esta gráfica se puede observar la generación de la instalación fotovoltaica para cada periodo del año.

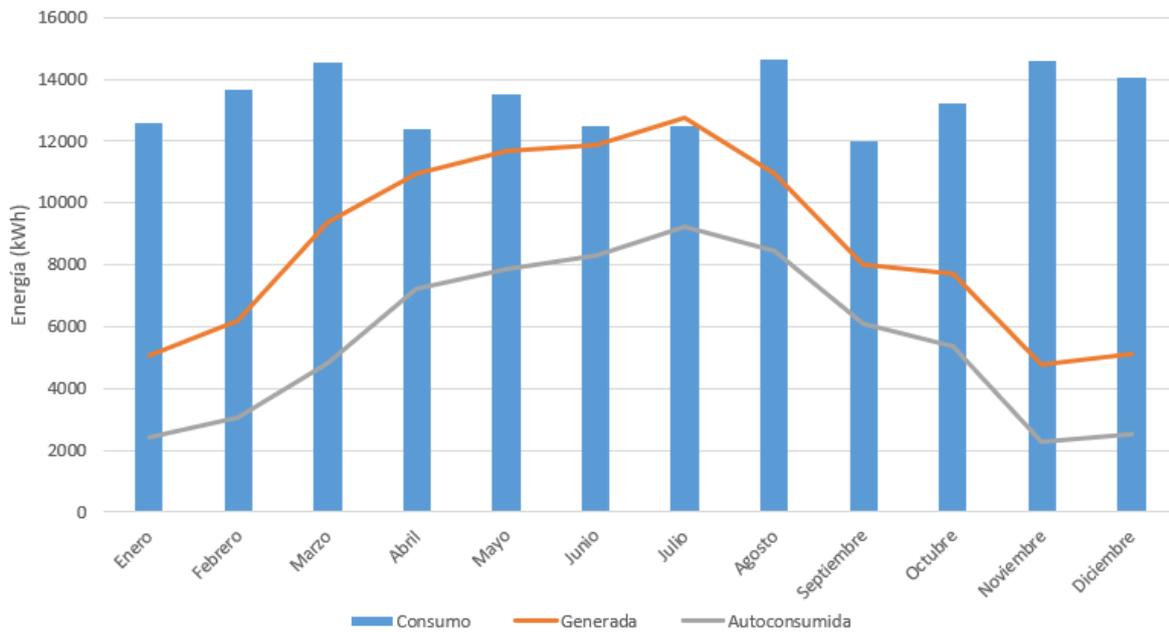


Figura 4.3: Comparación Energía Consumida, Generada y Autoconsumida

En esta gráfica se observa la comparación entre la energía consumida (en azul), la generada (en naranja) y la autoconsumida (en gris).

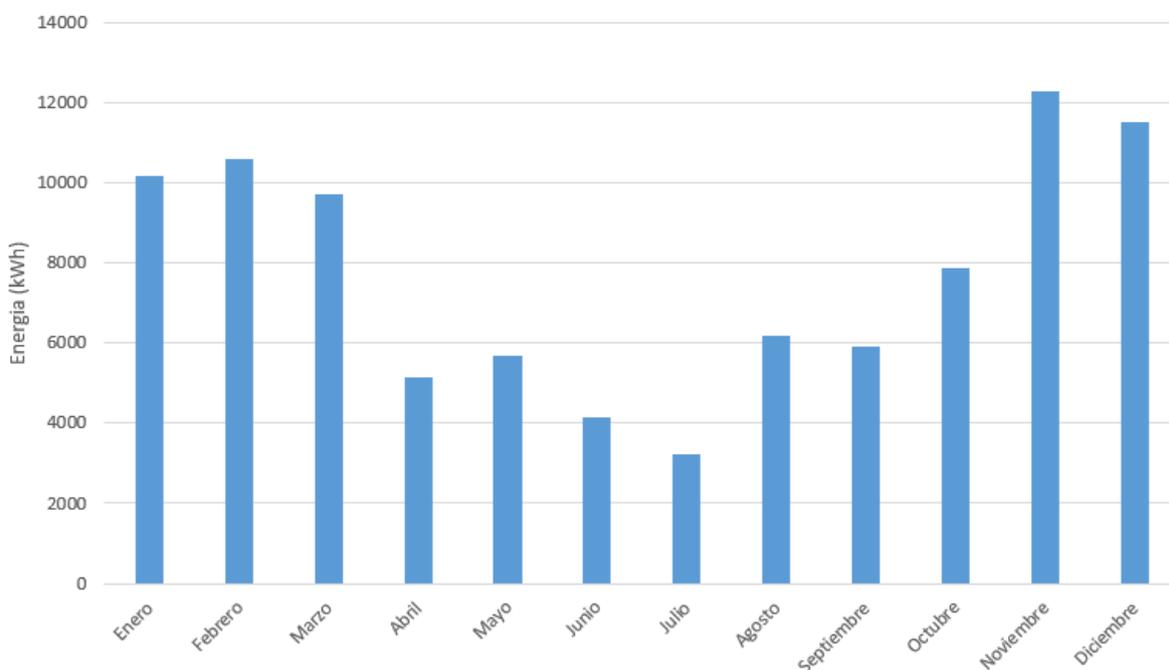


Figura 4.4: Consumo final del cliente

En esta gráfica, se observa los valores finales que tendrá el cliente una vez realizada la instalación, si la comparamos con la gráfica de la Figura 4.3, se puede observar como claramente disminuye el consumo energético final del cliente.

A continuación, se incluye la tabla donde se podrá ver como evoluciona el ahorro estimado y en cuantos años se recuperará la inversión.

Año	Gastos	Ahorro estimado	O&M	Costes de explotación	Flujo de Caja	Flujo Acumulado	FC actualizado	VAN
0	-59,976.17 €					-59,976.17 €		
1		9,903.64 €	900.00 €	70.00 €	8,933.64 €	-51,042.53 €	-51,344.64 €	-51,344.64 €
2		9,849.17 €	909.00 €	70.00 €	8,870.17 €	-42,172.37 €	8,570.21 €	-42,774.43 €
3		9,795.00 €	918.09 €	70.00 €	8,806.91 €	-33,365.46 €	8,509.09 €	-34,265.34 €
4		9,741.12 €	927.27 €	70.00 €	8,743.85 €	-24,621.61 €	8,448.17 €	-25,817.18 €
5		9,687.55 €	936.54 €	70.00 €	8,681.00 €	-15,940.61 €	8,387.44 €	-17,429.73 €
6		9,634.27 €	945.91 €	70.00 €	8,618.36 €	-7,322.25 €	8,326.91 €	-9,102.82 €
7		9,581.28 €	955.37 €	70.00 €	8,555.91 €	1,233.66 €	8,266.58 €	-836.24 €
8		9,528.58 €	964.92 €	70.00 €	8,493.66 €	9,727.32 €	8,206.43 €	7,370.19 €
9		9,476.17 €	974.57 €	70.00 €	8,431.60 €	18,158.92 €	8,146.48 €	15,516.67 €
10		9,424.05 €	984.32 €	70.00 €	8,369.74 €	26,528.66 €	8,086.70 €	23,603.37 €
11		9,372.22 €	994.16 €	70.00 €	8,308.06 €	34,836.72 €	8,027.11 €	31,630.48 €
12		9,320.67 €	1,004.10 €	70.00 €	8,246.57 €	43,083.29 €	7,967.70 €	39,598.19 €
13		9,269.41 €	1,014.14 €	70.00 €	8,185.27 €	51,268.56 €	7,908.47 €	47,506.66 €
14		9,218.43 €	1,024.28 €	70.00 €	8,124.14 €	59,392.70 €	7,849.42 €	55,356.07 €
15	-7,500.00 €	9,167.73 €	1,034.53 €	70.00 €	563.20 €	59,955.90 €	544.16 €	55,900.23 €
16		9,117.30 €	1,044.87 €	70.00 €	8,002.43 €	67,958.34 €	7,731.82 €	63,632.05 €
17		9,067.16 €	1,055.32 €	70.00 €	7,941.84 €	75,900.18 €	7,673.27 €	71,305.32 €
18		9,017.29 €	1,065.87 €	70.00 €	7,881.42 €	83,781.59 €	7,614.90 €	78,920.22 €
19		8,967.70 €	1,076.53 €	70.00 €	7,821.16 €	91,602.75 €	7,556.68 €	86,476.90 €
20		8,918.37 €	1,087.30 €	70.00 €	7,761.07 €	99,363.83 €	7,498.62 €	93,975.52 €
21		8,869.32 €	1,098.17 €	70.00 €	7,701.15 €	107,064.98 €	7,440.73 €	101,416.25 €
22		8,820.54 €	1,109.15 €	70.00 €	7,641.39 €	114,706.37 €	7,382.98 €	108,799.23 €
23		8,772.03 €	1,120.24 €	70.00 €	7,581.78 €	122,288.15 €	7,325.39 €	116,124.62 €
24		8,723.78 €	1,131.45 €	70.00 €	7,522.33 €	129,810.49 €	7,267.96 €	123,392.58 €
25		8,675.80 €	1,142.76 €	70.00 €	7,463.04 €	137,273.53 €	7,210.67 €	130,603.25 €

Tabla 4.6: Tabla Amortización

En la tabla se tiene primero un año 0, donde se realiza el pago de la instalación, además, en la columna de gastos se observa que en el decimoquinto año se produce un gasto de 7500€, producidos por el posible cambio del inversor, mencionado anteriormente. Además se observa como el ahorro estimado va bajando con los años, esto es producido por la degradación anual que sufre el panel fotovoltaico.

Como se observa en la columna del VAN, la inversión inicial se recuperara al OCTAVO AÑO, mientras que, a los veinticinco años se habrá conseguido un ahorro de 130.603,25€.

Se adjuntan dos gráficas, en la primera gráfica 4.5, se puede observar como evoluciona el flujo de caja y el flujo acumulado con los años . En la segunda gráfica 4.6 se observa la evolución del flujo actualizado y del VAN con los años .

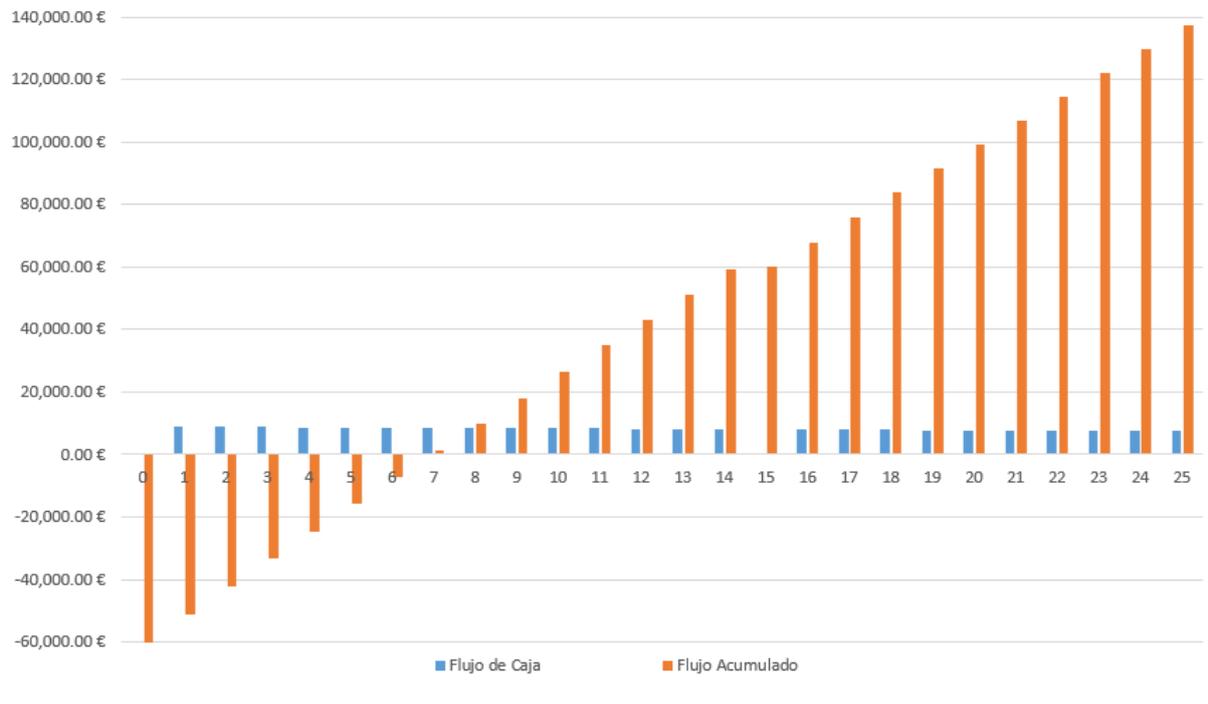


Figura 4.5: Gráfica Flujo de Caja y Flujo Acumulado

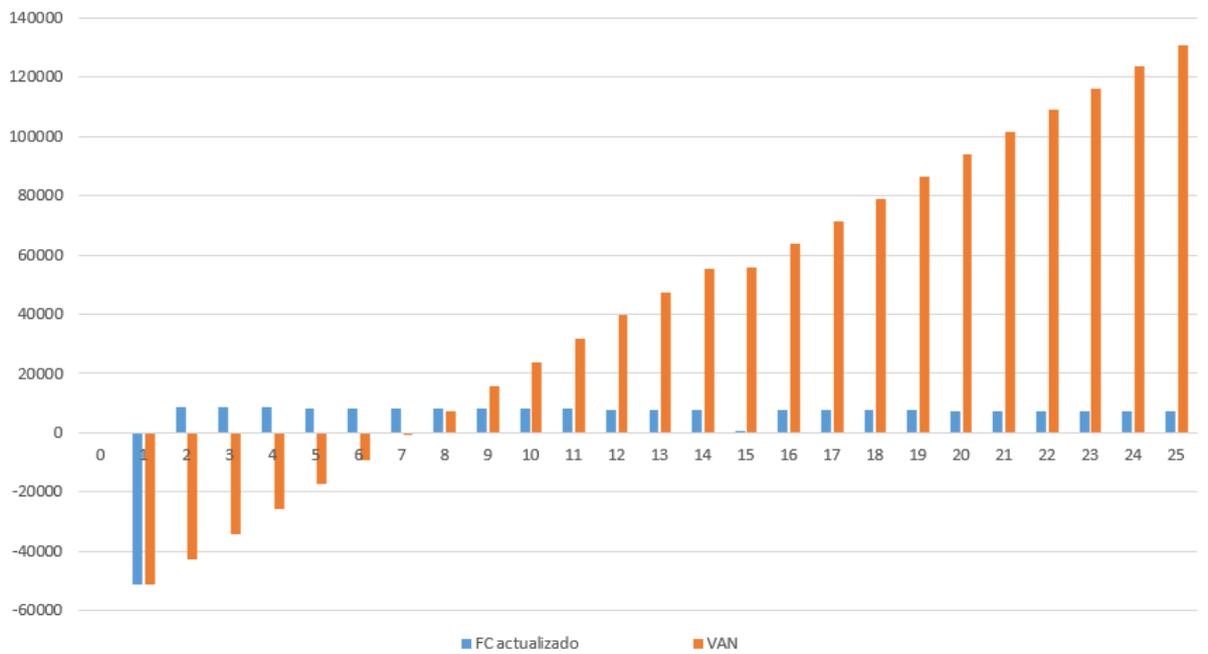


Figura 4.6: Gráfica Flujo Actualizado y VAN

5 Planos.

5.1 Emplazamiento y situación.

5.2 Distribución de módulos en cubierta.

5.3 Detalle inclinación módulos.

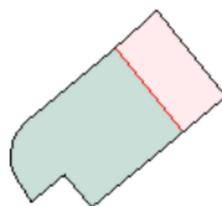
5.4 Esquema unifilar.



DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Referencia catastral	6273102YJ4167S0000XD  
Localización	CL 2 UE-C3 FINCA 2-3 UE C-3 46710 DAIMUS (VALENCIA)
Clase	Urbano
Uso principal	Industrial
Superficie construida 	1.597 m ²
Año construcción	1999

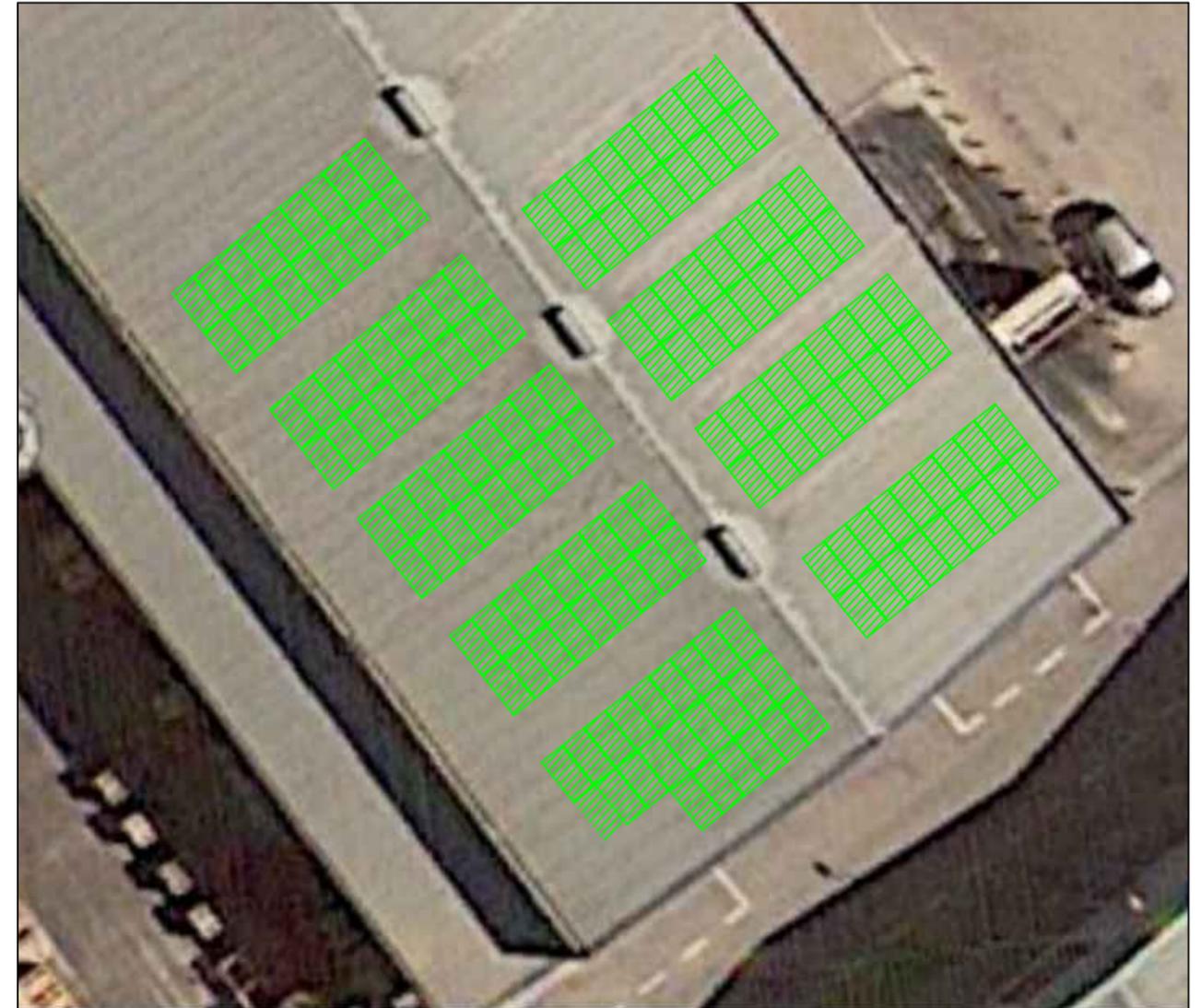
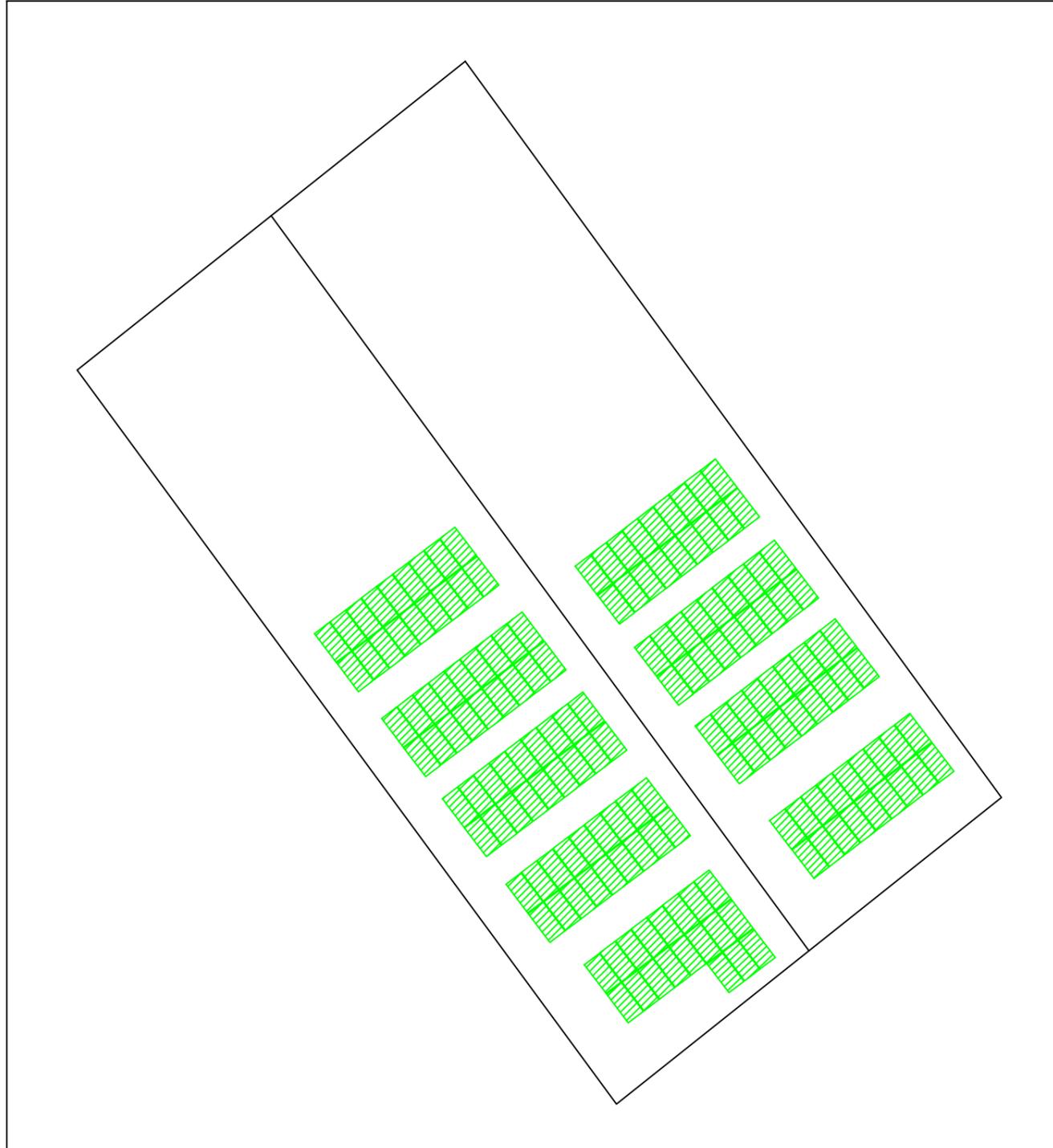
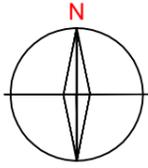
PARCELA CATASTRAL



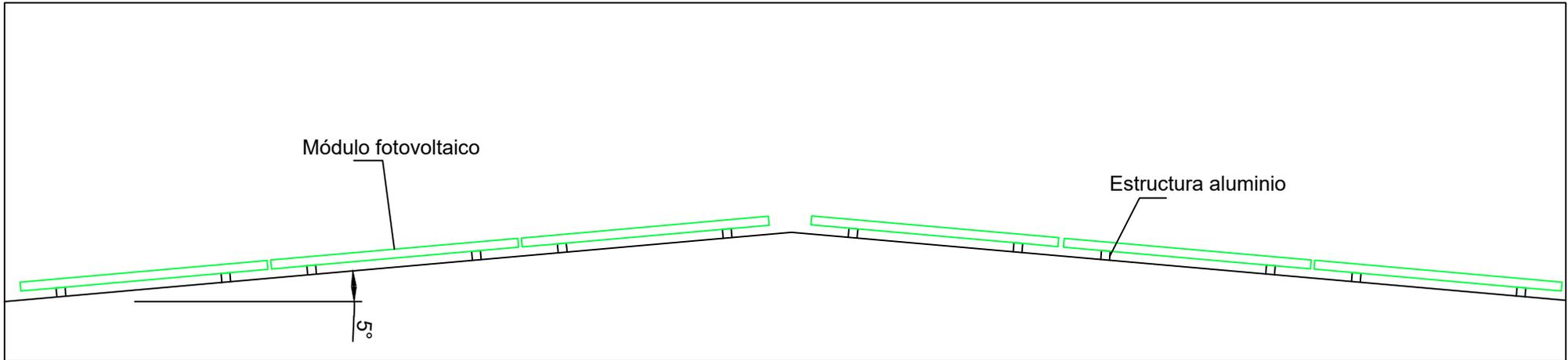
Parcela construida sin división horizontal

Localización	CL 2 UE-C3 FINCA 2-3 UE C-3 DAIMUS (VALENCIA)
Superficie gráfica	6.109 m ²

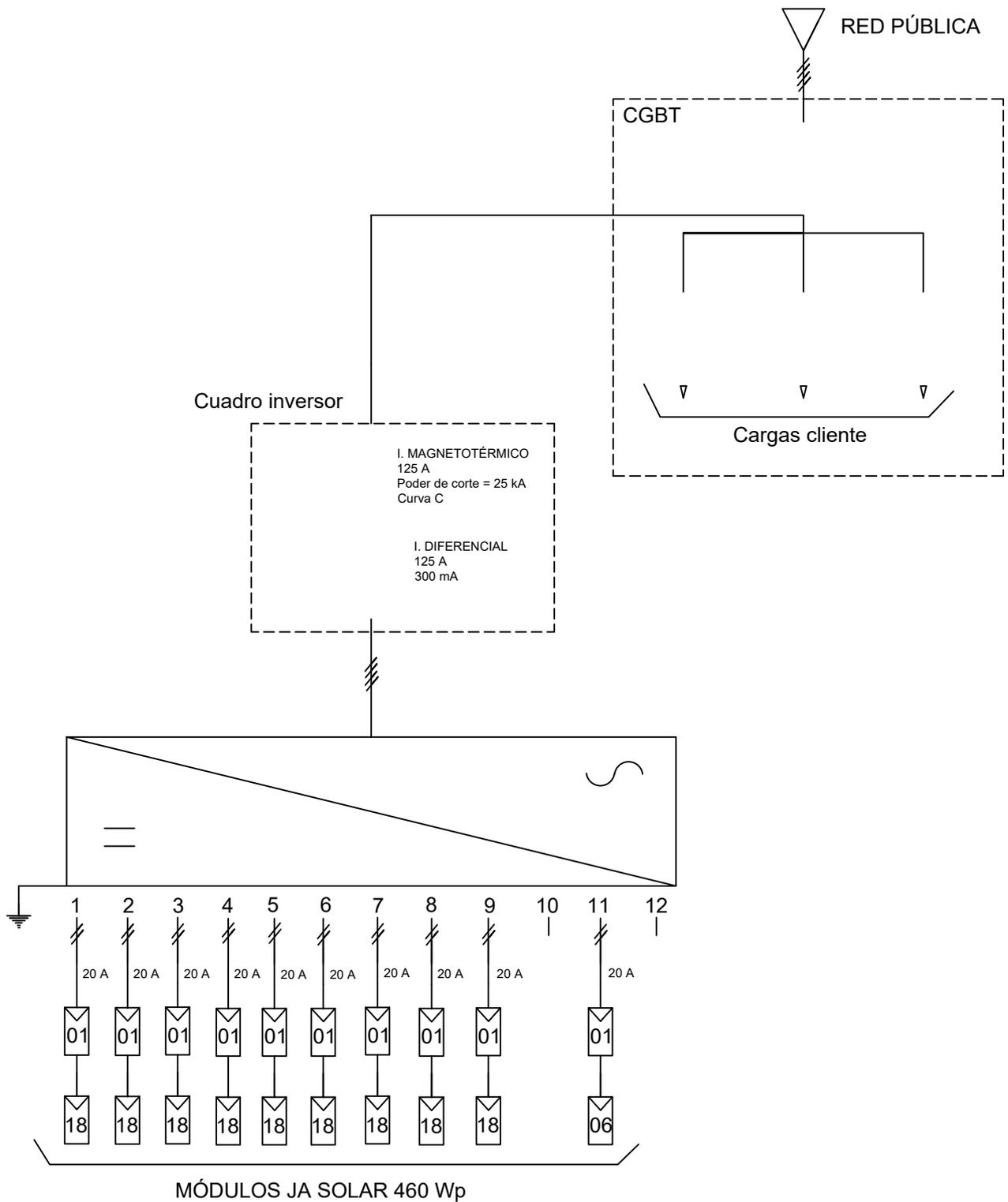
Dirección:	C/Oliva Nº2	Plano:	Emplazamiento y situación.	
Población:	46710 Daimús			
Provincia:	Valencia			
Proyecto:	Instalación fotovoltaica de 77,28 kWp con vertido a red sobre cubierta	Nº Plano:	1	
		Escala: 1:10000		



Dirección:	C/Oliva Nº2	Plano:	Zona de actuación. Distribución módulos fotovoltaicos.	
Población:	46710 Daimús		Nº Plano:	2
Provincia:	Valencia			
Proyecto:	Instalación fotovoltaica de 77,28 kWp con vertido a red sobre cubierta			



Dirección:	C/Oliva N°2	Plano:	Zona de actuación. Detalle inclinación módulos.	
Población:	46710 Daimús			
Provincia:	Valencia			
Proyecto:	Instalación fotovoltaica de 77,28 kWp con vertido a red sobre cubierta	Nº Plano:	3	
		Escala: SE		



Dirección:	C/Oliva Nº2	Plano:	Esquema unifilar	
Población:	46710 Daimús			
Provincia:	Valencia			
Proyecto:	Instalación fotovoltaica de 77,28 kWp con vertido a red sobre cubierta	Nº Plano:	4	
		Escala: SE		

6 Conclusiones.

Una vez realizado el proyecto se pueden sacar bastantes conclusiones.

Se ha cumplido el objetivo del proyecto, que era reducir el consumo eléctrico para así poder ahorrar lo máximo posible en la factura eléctrica, factor que se ve potenciado por el hecho de compensar los excedentes.

En los últimos años las instalaciones fotovoltaicas han mejorado y bajado su coste significativamente, haciéndolas mucho más rentables, en este caso se recuperara la inversión en tan solo 8 años.

Instalando los 168 paneles se ha conseguido una potencia pico de 77280 kWp y según nuestros cálculos una generación anual de 104429 kWh aproximadamente.

Se ha mejorado en muchos aspectos durante la realización de este proyecto, por un lado en la utilización del software PVGIS, llegando a dominar el software. Por otro lado, se ha mejorado en diferentes aspectos como, el cálculo eléctrico y el dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas, así como en la redacción de proyectos, presupuestos y estudios económicos.

Además, para mejorar la sostenibilidad de la empresa, en este proyecto caben muchas posibles mejoras, tales como la instalación de puntos de recarga para coches eléctricos, acompañados por un aumento de la instalación fotovoltaica, para así poder ahorrar en combustibles fósiles.

7 Referencias.

- BOE, Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- BOE, Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- BOE, Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Industria, Guía Técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas n.10^o, Plantas fotovoltaicas.
- Pascual Moltó, Marcos. Apuntes de la asignatura energías renovables.
- Fuente: Autosolar, 2022, Disponible en: <https://autosolar.es/>
- Fuente: Huawei, 2022, Disponible en: <https://solar.huawei.com/es/>
- Fuente: Otovo, 15/07/2022, Disponible en: <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/autoconsumo-fotovoltaico-todo-lo-que-ienes-que-saber/>
- Fuente: Iberdrola, 22/03/2021, Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/autoconsumo-fotovoltaico>
- Fuente: Red Eléctrica Española, 2022, Disponible en: <https://www.ree.es/es>
- Fuente: Energigreen, 01/04/2022, Disponible en: <https://www.energigreen.com/tarifas-electricidad/tarifa-6-1td/>

-Fuente: Endef Solar Solutions: 25/07/2022, Disponible en: <https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas-como-encontrar-la-ideal-para-mi/>
De esta página web se han obtenido las figuras 1.3 ,1.4 ,1.5 ,1.6 y 1.7

-Fuente: Heliosfera, 12/12/2021, Disponible en: <https://www.heliosfera.com/tipos-de-celulas-fotovoltaicas-y-sus-paneles/>

- Fuente: Cambio Energetico, 16/12/2021, Disponible en: <https://www.cambioenergetico.com/blog/celulas-solares-fotovoltaicas/>