



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO

Alumno: Miguel Anguita Muñoz

Tutor: Prof. D. Pedro Gómez Vidal
Dpto: Ingeniería Eléctrica

Septiembre, 2018



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior (Jaén)

Trabajo Fin de Grado

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

Alumno: Miguel Anguita Muñoz

Profesor: Pedro Gómez Vidal

Dpto: Ingeniería Eléctrica

Universidad de Jaén

Septiembre, 2018

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

INDICE GENERAL

MEMORIA

1.	OBJETO DEL PROYECTO	4
2.	PROMOTOR	5
3.	AUTOR DEL PROYECTO	5
4.	LOCALIZACIÓN	5
5.	ANTECEDENTES	6
6.	NORMATIVA Y REFERENCIAS	6
6.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas	6
6.2.	Programas de cálculo	7
6.3.	Bibliografía	7
7.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	8
8.	REQUISITOS DE DISEÑO	10
9.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA	10
10.	SOLUCIÓN ADOPTADA	12
10.1.	Potencia del generador fotovoltaico	12
10.2.	Módulo fotovoltaico	12
10.3.	Generador	13
10.4.	Inversor	13
10.5.	Soporte	14
10.6.	Puesta a tierra	15
10.7.	Cableado	16
10.7.1.	Corriente continua	16
10.7.2.	Corriente alterna	16
10.8.	Canalizaciones	17
10.9.	Protecciones	18
10.9.1.	Protección frente a contactos directos	18
10.9.2.	Protección frente a contactos indirectos	19
10.10.	Protección de sobreintensidades	21
10.10.1.	Protección de sobreintensidades en corriente continua	22
10.11.	Protección de interconexión	22
10.12.	Cajas de conexión de corriente continua	22
10.13.	Elementos cuadro general de baja tensión	23
10.13.1.	Protección de sobretensiones	23
10.13.2.	Protección de sobreintensidades	23
10.13.3.	Protección de personas	24

10.14.	Conexión a la red de baja tensión de suministro interno	24
10.14.1.	Módulo de acometida	24
10.14.2.	Módulo de contador y medida.....	25
10.15.	Monitorización	25
10.15.1.	Equipos del sistema de monitorización.....	27
11.	PERFORMANCE RATIO INICIAL DE LA INSTALACIÓN	27
12.	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS BÁSICOS	27
13.	RESUMEN DE PRESUPUESTO DE CONTRATA	27

ANEXO I: Consumo horario 2017

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	MES DE ENERO	4
3.	MES DE FEBRERO	5
4.	MES DE MARZO	6
5.	MES DE ABRIL	7
6.	MES DE MAYO	8
7.	MES DE JUNIO	9
8.	MES DE JULIO	10
9.	MES DE AGOSTO	11
10.	MES DE SEPTIEMBRE	12
11.	MES DE OCTUBRE	13
12.	MES DE NOVIEMBRE	14
13.	MES DE DICIEMBRE	15

ANEXO II: Datos de radiación y temperatura

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBTENCIÓN DE IRRADIANCIA MEDIA Y TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA.....	3
3.	DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 14°	5
4.	DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 30°	6

ANEXO III: Cálculos justificativos

1.	PRODUCTIVIDAD HORARIA	3
2.	DATOS DE GENERACIÓN PARA LA POTENCIA ÓPTIMA	4
3.	PRECIO MEDIO kWh GENERADO	6

4.	CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR	9
5.	POSICIÓN DE MÓDULOS	11
6.	CÁLCULO DE CONDUCTORES	15
6.1.	Conductores CC	17
6.1.1.	Conductores de rama	17
6.1.2.	Conductores caja conexión CC-Inversor.....	18
6.2.	Conductores AC.....	22
7.	PROTECCIONES.....	24
7.1.	Resistencia de aislamiento	24
7.2.	Protección de sobreintensidad en CC	24
7.2.1.	Conductores de rama	24
7.2.2.	Conductores de caja de conexión-inversor	25

ANEXO IV: Potencia óptima de la instalación

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LAS CUBIERTAS.....	3
3.	RESTRICCIONES LEGALES DE LA INSTALACIÓN.....	5
4.	POTENCIA ÓPTIMA.....	6
4.1.	Coste de instalación por Wp	6
4.2.	Precio medio kWh generado.....	6
4.2.1.	Energía generada.....	8
4.2.2.	Energía inyectada a red	9
4.2.3.	Energía de autoconsumo	10
4.3.	Relación de autoconsumo respecto a generación y consumo.....	15
4.4.	Potencia óptima de la instalación	17

ANEXO V: Datos técnicos de los equipos utilizados

1.	MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	3
2.	INVERSOR	5
2.1.	Certificación inversor	7
3.	PROTECCIÓN DE SOBRETENSIONES	11
3.1.	Tipo 1+2/Clase I+II	11
3.2.	Tipo II/Clase II AC.....	12
4.	PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDADES.....	14
4.1.	Interruptor automático magnetotérmico conductores de rama.....	14

4.2.	Interruptor automático magnetotérmico línea general de alterna.....	15
4.3.	Interruptor automático magnetotérmico salida inversores.	16
5.	INTERRUPTOR SECCIONADOR CC.....	17
6.	INTERRUPTOR DIFERENCIAL.....	18

PLANOS

PLANO 1: SITUACIÓN.

PLANO 2: DISPOSICIÓN SUBGENERADORES Y CONEXIÓN.

HOJA 1: Disposición de módulos.

HOJA 2: Conexión de ramas.

PLANO 3: CANALIZACIONES Y DETALLES.

HOJA 1: Trazado de canalizaciones.

HOJA 2: Detalles.

PLANO 4: ESQUEMA UNIFILAR.

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	3
1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS DE APLICACIÓN	3
2. FASES DE EJECUCIÓN.....	4
2.1. Preparación de la obra	4
2.2. Comienzo de la obra.....	5
2.3. Ejecución de las obras	6
2.3.1. Dirección de obra	6
2.3.2. Contratista.....	7
2.3.3. Otros aspectos contractuales.....	8
2.4. Materiales	9
3. PLAZO DE EJECUCIÓN	10
4. RECEPCIÓN PROVISIONAL	10
5. GARANTÍA DE LA INSTALACIÓN.....	11
6. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	11
7. PAGO DE OBRAS.....	11
8. ABONO DE LOS MATERIALES ACOPIADOS	12
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	12
1. OBJETO	12
2. MÓDULO	12
3. INVERSOR	14

4.	CABLEADO	15
5.	PUESTA A TIERRA	16
6.	SOPORTES DE FIJACIÓN.....	17
7.	CONEXIÓN A RED	17
8.	MEDIDA	17
9.	PRUEBAS DE ENSAYO	18

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	3
2.	CUADRO DE DESCOMPUESTOS	8
3.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	14

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.	DATOS BÁSICOS.....	3
2.	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	4
2.1.	Derechos y obligaciones.....	5
2.2.	Evaluación de riesgos	5
2.3.	Acción preventiva.....	6
2.4.	Equipos de trabajo y medios de protección.....	7
2.5.	Medidas de emergencia.....	7
2.6.	Obligaciones de los trabajadores en la prevención.	8
3.	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD	8
3.1.	Obligaciones del empresario.....	9
4.	DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.	9
4.1.	Obligaciones del empresario.....	10
4.2.	Disposiciones generales mínimas aplicables a los equipos.....	11
5.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.	12
5.1.	Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.	12
5.2.	Medidas preventivas generales.	13
5.3.	Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución.	14
6.	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.	15
6.1.	Obligaciones generales del empresario.	15
6.1.1.	Equipo protector de cabeza.	15
6.1.2.	Equipo protector de manos y brazos.	15

6.1.3.	Equipo protector de pies y piernas.	15
6.1.4.	Equipo protector del cuerpo.	16

ESTUDIO ECONÓMICO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	3
2.1.	Datos de partida.....	3
2.2.	Análisis económico.....	4
3.	CONCLUSIONES	5

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

MEMORIA

INDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO	4
2. PROMOTOR	5
3. AUTOR DEL PROYECTO	5
4. LOCALIZACIÓN	5
5. ANTECEDENTES	6
6. NORMATIVA Y REFERENCIAS.....	6
6.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	6
6.2. Programas de cálculo	7
6.3. Bibliografía	7
7. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	8
8. REQUISITOS DE DISEÑO	10
9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA.....	10
10. SOLUCIÓN ADOPTADA	12
10.1. Potencia del generador fotovoltaico.....	12
10.2. Módulo fotovoltaico.....	12
10.3. Generador	13
10.4. Inversor	13
10.5. Soporte.....	14
10.6. Puesta a tierra	15
10.7. Cableado.....	16
10.7.1. Corriente continua	16
10.7.2. Corriente alterna	16
10.8. Canalizaciones.....	17
10.9. Protecciones.....	18
10.9.1. Protección frente a contactos directos	18
10.9.2. Protección frente a contactos indirectos	19
10.10. Protección de sobreintensidades	21
10.10.1. Protección de sobreintensidades en corriente continua	22
10.11. Protección de interconexión	22
10.12. Cajas de conexión de corriente continua	22
10.13. Elementos cuadro general de baja tensión.....	23
10.13.1. Protección de sobretensiones.....	23
10.13.2. Protección de sobreintensidades	23
10.13.3. Protección de personas.....	24

10.14.	Conexión a la red de baja tensión de suministro interno	24
10.14.1.	Módulo de acometida	24
10.14.2.	Módulo de contador y medida.....	25
10.15.	Monitorización	25
10.15.1.	Equipos del sistema de monitorización.....	27
11.	PERFORMANCE RATIO INICIAL DE LA INSTALACIÓN	27
12.	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS BÁSICOS	27
13.	RESUMEN DE PRESUPUESTO DE CONTRATA	27

1. OBJETO DEL PROYECTO

Se realiza el presente proyecto como Trabajo de Fin de Grado del alumno Miguel Anguita Muñoz, estudiante de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Jaén (2014-2018). El objeto de este no es más que la compresión, redacción y ejecución de un proyecto de diseño para una instalación fotovoltaica de autoconsumo en una industria del sector agroalimentario, quedando alejado de cualquier finalidad que no sea la académica.

El proyecto en si trata sobre el diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red para una industria del sector agroalimentario situada en la localidad de Jamilena (Jaén).

Es objeto del proyecto:

- Estudio de la potencia óptima de instalación para el posterior diseño de esta, teniendo en cuenta el coste por Wp a instalar y la relación entre el autoconsumo que se pueda llevar a cabo con esta potencia instalada y el consumo producido por la industria. Dicho consumo queda fuera del objeto del proyecto, aunque se tendrá en cuenta para la realización de los cálculos de autoconsumo. También hemos de tener en cuenta la radiación incidente sobre la cubierta de las naves, que es donde se llevará a cabo la instalación de los módulos.
- Configuración del generador: una vez conocido el valor de potencia pico a instalar para obtener la máxima rentabilidad, se tendrán que elegir el módulo y el inversor que se van a utilizar para ejecutar la instalación. En este apartado se comprobará cuál es la configuración más adecuada para que el inversor trabaje perfectamente con el generador.
- Dimensionado del cableado de la instalación, tanto en la parte de corriente continua como en la parte de corriente alterna.
- Determinación de los sistemas de protección para garantizar la seguridad en la operación del generador fotovoltaico y la seguridad de las personas que se puedan encontrar en la zona y que en caso de fallo en el sistema no puedan estas sufrir algún daño. Las protecciones serán de sobretensión, sobreintensidad y protección de personas.
- Determinar la conexión a red y la medida de energía.
- Estudio de viabilidad económica de la instalación.

No es objeto del proyecto el estudio de la resistencia de las cubiertas para la instalación del generador, así como tampoco lo son los datos facilitados por la compañía eléctrica comercializadora como son la potencia instalada y los precios facilitados para energía y potencia.

2. PROMOTOR

Tal y como se especifica en el punto anterior, el presente proyecto se realiza como un Trabajo de Fin de Grado, por lo que se puede considerar a la Universidad de Jaén como el promotor del proyecto.

3. AUTOR DEL PROYECTO

El estudio previo, en el cual se han contemplado distintas opciones para la realización de este proyecto, así como el diseño del generador fotovoltaico según las necesidades energéticas de dicha empresa y el análisis de las distintas opciones contempladas para su ejecución, ha sido llevado a cabo por:

Miguel Anguita Muñoz

DNI: 77370033-B

Dirección: Avenida de Martos, 12, 2ºB Jamilena (Jaén)
23658

Código postal:

Teléfono y fax: 953417396

Móvil: 645237321

Correo electrónico: mam00041@red.ujaen.es

Estudiante Grado en Ingeniería Eléctrica Industrial en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén (2014-2018).

4. LOCALIZACIÓN

Las naves del sector agroalimentario en la cual se tiene previsto el desarrollo del proyecto están localizadas en la calle sapillo 14 de la localidad de Jamilena (Jaén). Las coordenadas UTM de estas son (37.749925, -3.911239) y el código catastral es 9786710VG1798N0001EF.



Figura 1: Imagen página de catastro.

5. ANTECEDENTES

La realización de este proyecto como Trabajo de Fin de Grado surge como una idea para el conocimiento de cómo sería la viabilidad económica de una instalación fotovoltaica de esta pequeña empresa familiar, propuesta por el alumno, que ha ido desarrollando las pautas marcadas por el tutor.

Tal y como se indica en objeto del proyecto, este no persigue más allá de una finalidad académica.

6. NORMATIVA Y REFERENCIAS

6.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- 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.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- UNE-EN 50618:2015 Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
- Demás normas UNE-EN que sean de aplicación.

- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Directiva EMC 61000: Compatibilidad Electromagnética.
- Directiva de baja tensión EN 62109.
- Orden ETU/1282/2017, de 22 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018.
- Normas particulares Endesa.
- Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley 31/1995 Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) de 2006.

Para el análisis del caso propuesto para el presente proyecto, así como para su desarrollo, sirviendo de base para la consulta de datos y para el desarrollo de los documentos básicos del proyecto se han utilizados los siguientes programas y aplicaciones informáticas.

6.2. Programas de cálculo

- AutoCAD 2013: para el desarrollo de los planos.
- Presto 8.8: cálculo del presupuesto a partir de los precios obtenidos en distintas bases de datos.
- Microsoft Word 2010: para la redacción de los distintos documentos básicos del proyecto.
- Microsoft Excel 2010: para la realización de los cálculos, tablas y gráficas necesarias.

6.3. Bibliografía

- Temario asignatura Instalaciones Fotovoltaicas. Autores: Leocadio Hontoria García y Gabino Almonacid Puche.
- Temario asignatura Tecnología Eléctrica de los Sistemas fotovoltaicos. Autores: Jesús de la Casa Hernández y Pedro Gómez Vidal.
- PVGIS: consulta de datos de radiación y temperatura en la localización de desarrollo del proyecto para el último año.
- Página de Endesa: consulta de consumos hora a hora de la industria agroalimentaria para el último año.
- Aplicación online SolarWeb y similares para la estimación de las tarifas por cada Wp instalado en la actualidad.
- Norma UNE 157001: 2014 para el correcto desarrollo del proyecto.
- Diferentes catálogos y ayudas de fabricantes.
- Normativa especificada anteriormente.
- Bases de datos de precios: base de datos de la Junta de Andalucía, generador de precios, etc.

- Sede electrónica del catastro.

7. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- a_m : anchura del módulo (m)
- AP1: autoconsumo en P1 (kWh)
- AP2: autoconsumo en P2 (kWh)
- AP3: autoconsumo en P3 (kWh)
- AC: corriente alterna
- CC: corriente continua. También indicada como DC
- CEM: condiciones estándar de medida (1000 W/m² a 25 °C de temperatura de célula)
- CoefV: coeficiente de reducción de la tensión (%/°C)
- E_{CA} o E_{AC} : energía generada por el sistema fotovoltaico en el lado de alterna
- f: frecuencia de salida del inversor (Hz)
- G: irradiancia global (W/m²)
- G_m : irradiancia media (W/m²)
- GP1: generación en P1 (kWh)
- GP2: generación en P2 (kWh)
- GP3: generación en P3 (kWh)
- G_{STC} : Irradiancia en condiciones estándar (W/m²)
- H: irradiación global
- h_m : altura del módulo (m)
- $I_{B,\Delta U}$: intensidad de diseño del conductor para caída de tensión (A)
- $I_{B,lz}$: intensidad de diseño del conductor para criterio térmico (A)
- $I_{B,lz,cor}$: intensidad de diseño del conductor para criterio térmico corregida (A)
- I_{con} : intensidad de circulación por el conductor (A)
- I_d : intensidad de defecto (A)
- I_{gen} : intensidad del generador (A)
- $I_{max,ad}$: intensidad máxima admisible (A)
- I_{mod} : intensidad del módulo (A)
- I_{mpp} : intensidad del módulo en el punto de máxima potencia (A)
- $I_{mpp,gen}$: intensidad del generador en el punto de máxima potencia (A)
- $I_{mpp,max}$: intensidad máxima del inversor en el punto de máxima potencia (A)
- $I_{N,inv}$: intensidad nominal del inversor (A)
- I_{sc} : intensidad del módulo en el punto de cortocircuito (A)
- $I_{sc,gen}$: intensidad del generador en el punto de cortocircuito (A)
- $I_{sc,max}$: intensidad máxima del inversor en el punto de cortocircuito (A)
- K_i : factor de corrección de intensidad.
- L: longitud del conductor (m)
- n: número de ramas en paralelo
- $N_{max,mp}$: número máximo de ramas en paralelo

- $N_{\max,ms}$; número máximo de módulos en serie
- $N_{\min,ms}$; número mínimo de módulos en serie
- N_{mp} ; número de ramas en paralelo
- N_{ms} ; número de módulos en serie
- N_{mt} ; número de módulos totales
- P1: periodo tarifario 1
- P2: periodo tarifario 2
- P3: periodo tarifario 3
- $P_{ac,max}$: potencia máxima a la salida del inversor (W)
- P_{dc} : potencia a la entrada del inversor (W)
- P_{mod} : potencia de pico del módulo (Wp)
- P_{gen} : potencia de pico del generador (Wp)
- P_{gen1} : potencia de pico del subgenerador 1 (Wp)
- P_{gen2} : potencia de pico del subgenerador 2 (Wp)
- P_{INV} : potencia nominal del inversor (W)
- $P_{\max G,STC}$: potencia máxima del generador en condiciones estándar (W)
- PR: performance ratio (factor de comportamiento)
- R1: inyección a red en P1 (kWh)
- R2: inyección a red en P2 (kWh)
- R3: inyección a red en P3 (kWh)
- R_{ISO} : resistencia de aislamiento (Ω)
- R_t : inyección en red total (kWh)
- S: sección del conductor (mm^2)
- S_{mod} : superficie módulo (m^2)
- STD: estándar (referido a las condiciones del módulo de $1000 W/m^2$ y una temperatura de célula de $25^\circ C$)
- $S_{\max}$: potencia aparente máxima del inversor (VA)
- S_{mod} : superficie del módulo (m^2)
- T_a : temperatura ambiente ($^\circ C$)
- T_{am} : temperatura ambiente media ($^\circ C$)
- THD: tasa de distorsión armónica
- TONC: condiciones de $800 W/m^2$, temperatura ambiente de $25^\circ C$ y un viento de $1 m/s$
- U_L : tensión de línea (V)
- V_{mpp} : tensión del módulo en el punto de máxima potencia (V)
- $V_{mpp,gen}$: tensión del generador en el punto de máxima potencia (V)
- $V_{mpp,max}$: tensión máxima del inversor en el punto de máxima potencia (V)
- $V_{mpp,min}$: tensión mínima del inversor en el punto de máxima potencia (V)
- $V_{oc,-10}$: tensión del módulo en circuito abierto a $-10^\circ C$ (V)
- $V_{oc,-10,gen}$: tensión del generador en circuito abierto a $-10^\circ C$ (V)
- $V_{oc,-10^\circ C \text{ rama}}$: tensión circuito abierto de la rama a $-10^\circ C$ (V)
- $V_{oc,+50}$: tensión del módulo en circuito abierto a $+50^\circ C$ (V)

- $V_{oc,+50,gen}$: tensión del generador en circuito abierto a +50 °C (V)
- $V_{oc,+50°C\text{ rama}}$: tensión circuito abierto de la rama a +50 °C (V)
- $V_{oc,mod}$: tensión del módulo en circuito abierto (V)
- $V_{oc,modSTC}$: tensión del módulo en circuito abierto en condiciones estándar (V)
- $V_{oc,gen}$: tensión del generador en circuito abierto (V)
- Y_F : productividad final
- Y_F : productividad d referencia
- η_m : eficiencia de la célula (%)
- η_t : eficiencia del sistema (%)
- ΔT : incremento de temperatura (°C)
- ΔV : caída de tensión en el conductor (V)
- ΔV_{disp} : caída de tensión disponible (V)
- σ : conductividad (m/Ohm*mm²)

8. REQUISITOS DE DISEÑO

Al igual que cualquier problema que se aborda en el ámbito de la ingeniería, el desarrollo de este proyecto tiene infinitas soluciones. En este proyecto se plantean una serie de limitaciones, ya sean técnicas o reglamentarias que condicionan la solución final obtenida.

El primer condicionante es la superficie máxima disponible en las cubiertas de las naves industriales para la instalación de los paneles fotovoltaicos, que como veremos solo serán las superficies de la cara Sur Oeste de estas. En el anexo de cálculos se puede ver si la superficie es o no un factor que limite el diseño de la instalación, ya que las demás condiciones pueden ser las que limiten.

Otra condición será el consumo eléctrico horario de la industria para el año 2017.

Por último, se tiene el límite de potencia según el artículo 5.2 del RD 900/2015, por el que se establece que en la modalidad de autoconsumo la suma de las potencias instaladas de las instalaciones de producción será igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor, que en este caso es de 31,175 kW (ver punto 3 del anexo IV).

9. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

En la siguiente imagen se observa una vista aérea de las naves pertenecientes a la industria agroalimentaria en la que vamos a realizar el estudio de la instalación y en la que tenemos las distintas zonas de las cubiertas numeradas del 1 al 4 cuya superficie total es de 1187 m².



Figura 2: vista aérea naves industriales.

Para la instalación fotovoltaica solo se “utilizarán” las zonas inclinadas hacia el Sur Oeste (1 y 3 en la imagen anterior), ya que son las que mayor radiación reciben y por lo tanto generan mayor energía teniendo estas una superficie de 573 m². Un aspecto que tendrá una gran importancia en el diseño de nuestra instalación es el acimut y la inclinación que tienen dichas cubiertas, siendo estos:

- Acimut: 40° SO.
- Inclinación 14 °.

Se descarta la instalación en una inclinación o acimut distintos a los expuestos anteriormente porque las mejoras en la incidencia de radiación de las zonas 1 y 3 es prácticamente despreciable frente a la complejidad técnica, y por lo tanto económica que supone.

Otro aspecto técnico muy importante a tener en cuenta para el diseño de la instalación es el consumo de la instalación. El suministro se realiza con la tarifa de acceso 3.0A la cual tiene tres periodos tarifarios. Los precios del término de energía para cada uno de estos periodos y que utilizaran para evaluar posteriormente los ingresos que obtenemos por autoconsumo son los siguientes:

P1 (€/kWh)	P2 (€/kWh)	P3 (€/kWh)
0,114571	0,096887	0,069842

Tabla 1: precios de energía para los distintos periodos tarifarios.

10. SOLUCIÓN ADOPTADA

10.1. Potencia del generador fotovoltaico

Tras realizar un estudio de acuerdo con las características de consumo de la industria, radiación e inclinación óptima para los módulos, restricciones legales de la instalación, potencia óptima a instalar y la configuración más adecuada para la disposición de los módulos fotovoltaicos se ha llegado a la conclusión de que la potencia pico del generador fotovoltaico será de 29,7 kWp. Esta se conseguirá con la instalación de 108 módulos de 275 Wp repartidos en dos subgeneradores de 3 ramas en paralelo con 18 unidades en serie cada una de ellas y que irán conectados a dos inversores de 15 kW de potencia cada uno de ellos.

Consultar el anexo IV en el que se calcula la potencia óptima de la instalación y el punto 4 del anexo III de cálculos justificativos donde se plasma la configuración del generador.

10.2. Módulo fotovoltaico

El módulo elegido es el modelo TSM-DC05A.05 de 275 W de potencia pico perteneciente a la casa comercial Trina Solar y que va recubierto por un cristal templado de alta transmisión de 3,2 mm de grosor. Está formado por 60 células de silicio monocristalino de 156x156 mm que están dispuestas en 6 columnas de 10 y que están rodeadas por un marco metálico de aluminio negro anodizado.

Los cables de conexión tienen una sección de 4 mm², una longitud de 1000 mm y utilizan un conector MC4 compatible.

La garantía física del producto es de diez años, mientras que la garantía por producción de energía es de unos veinticinco años, asegurando que la producción de esta será de como mínimo el 90% transcurridos los 10 primeros años y del 80% hasta alcanzar los años después de su instalación.

A continuación, se exponen las características eléctricas principales en condiciones estándar y las características físicas.

Parámetro	Valor
Potencia pico del módulo, P_{mod} (Wp)	275
Tolerancia de potencia de salida (W)	0~ +5
Tensión punto de máxima potencia, V_{mpp} (V)	31,2
Intensidad punto de máxima potencia, I_{mpp} (A)	8,82
Tensión en circuito abierto, V_{oc} (V)	38,7
Intensidad de cortocircuito, I_{sc} (A)	9,26
Eficiencia del módulo, η_m (%)	16,8
Coefficiente de reducción de tensión (% / °C)	- 0,31
Coefficiente de reducción de intensidad (% / °C)	0,05

Tabla 2: características eléctricas del módulo en condiciones STD.

Dimensiones	
Ancho módulo, a_m (mm)	992
Largo módulo, h_m (mm)	1650
Peso (kg)	18,6
Longitud conductores (mm)	1000
Profundidad de la caja de conexión (mm)	35

Tabla 3: características físicas del módulo.

10.3. Generador

El generador está constituido por 108 módulos fotovoltaicos de 275 Wp dispuestos en dos subgeneradores. Cada uno de ellos está constituido por 3 ramas en paralelo de 18 módulos en serie cada una de ellas. Conocido el número total de módulos y la potencia pico de estos, podemos decir que cada subgenerador tiene una potencia pico de 14,85 kWp, haciendo que la potencia total del generador sea de 29,7 kWp.

Parámetro	Generador
nº total de módulos, N_{mt}	108
nº subgeneradores	2
Potencia pico generador, P_{gen} (Wp)	29700
nº total de módulos en serie por rama, N_{ms}	18
nº total de ramas en paralelo, N_{mp}	6
Potencia pico subgenerador 1, P_{gen1} (Wp)	14850
Potencia pico subgenerador 2, P_{gen2} (Wp)	14850

Tabla 4: configuración del generador.

Todos estos módulos irán conectados a los dos inversores, conectando 3 de las 6 ramas a cada uno de ellos. Las características principales de estos vienen definidas en el siguiente punto, donde se expresan también las características del inversor que se han tenido en cuenta para la elección de la disposición de los módulos.

10.4. Inversor

Para la conversión de la energía generada en CC a AC se van a instalar dos inversores trifásicos, modelo STP 15000TL-30 de la casa comercial SMA cuya potencia nominal en la parte de CC es de 15330 W y su grado de protección IP 65. Viene equipado con un seguidor del punto de máxima potencia y un punto de entrada para CC.

Tienen un rendimiento máximo de 98,40 % y un rendimiento europeo de 98,00 %, por lo que al tener unos rendimientos tan altos tendrá unas pérdidas mínimas, generando así el máximo de energía AC posible.

Los valores de los parámetros eléctricos que se han tenido en cuenta para elegir la configuración de nuestro generador son los siguientes (para ver cómo se realiza la comprobación ver anexo de cálculos):

Parámetros	Valores
Tensión mínima punto de máxima potencia, $V_{mpp,min}$ (V)	240
Tensión máxima punto de máxima potencia, $V_{mpp,max}$ (V)	800
Intensidad máxima punto de máxima potencia, $I_{mpp,max}$ (A)	33
Intensidad máxima de cortocircuito, $I_{sc,max}$ (A)	33
Máxima tensión de entrada DC (V)	1000
Frecuencia de salida, f (Hz)	50/60
Máxima potencia AC, $P_{ac,max}$ (W)	15000
Máxima potencia aparente, S_{max} (VA)	15000
Tensión de salida (V)	180...280

Tabla 5: características eléctricas del inversor.

Para conocer las características físicas o cualquier otro dato de interés relacionado con el inversor se debe consultar el anexo V de descripción técnica de los equipos.

Además, los inversores incorporarán:

- Aislamiento galvánico entre la parte CC y AC para evitar que cualquier defecto en alguna de las partes pueda transmitirse a la otra, generando así defectos de mayor importancia. Según lo establecido en el RD 1699/2011.
- Descargadores de tensión tipo II para evitar la penetración de las sobretensiones que se puedan dar en la instalación sea cual sea su naturaleza.
- Seccionamiento a la entrada.
- Controlador de aislamiento como medida de protección de personas con señal de alarma para resistencia de aislamiento por debajo de las de ajuste.

10.5. Soporte

Los módulos fotovoltaicos se instalarán mediante el soporte de instalación integrada en cubierta KH915 Elevado de Aluminio- EN AW 6005A T6 con tornillería de acero inoxidable y altura libre de 130 mm que permite una mejor ventilación entre los módulos y la cubierta.

Estos soportes permiten una gran versatilidad para la instalación de módulos fotovoltaicos, ya que además de ajustarse para distintos tamaños de módulo, están disponibles para distinto número de módulos. En el caso del presente proyecto se instalarán 4 soportes para 20 módulos y otros 4 para 7 módulos, pudiendo instalar así los 108 módulos de la instalación. Para ello, se instalarán en cuatro filas de manera que queden dispuestas en cada una de ellas un soporte de 20 y otro de 7 unidades (ver documento de planos).

10.6. Puesta a tierra

Se define la puesta a tierra como una unión eléctrica directa sin fusibles ni protección alguna entre una parte de un circuito eléctrico o una parte conductora no perteneciente al mismo y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el terreno cuyo objetivo es el de garantizar la seguridad de las personas y la protección de equipos mediante la limitación de tensiones peligrosas, facilitando para ello un camino de baja impedancia a las corrientes de falta o de origen atmosférico que se puedan producir.

Además, en una instalación fotovoltaica conectada a red se tienen objetivos como:

- La protección de personas frente a contactos indirectos al impedir que las masas adquieran una diferencia de potencial peligroso en caso de defectos de aislamiento. Esto se conseguirá mediante la utilización de una barra de equipotencialidad, que seguirá el esquema de conexión (ver figura 3).
- Permitir la correcta adecuación de las protecciones.

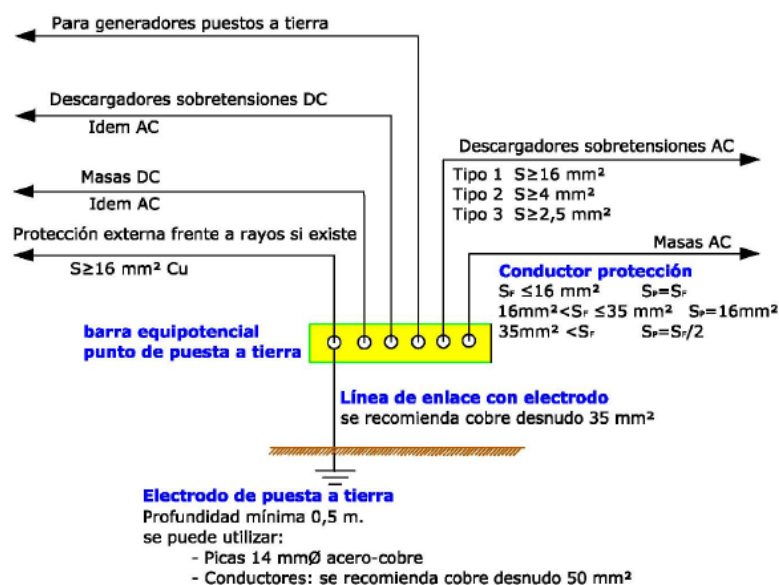


Figura 3: esquema de conexión barra equipotencial.

La toma de tierra a utilizar en este caso será la misma que hay dispuesta en la instalación eléctrica actual, cumpliendo esta con lo establecido en el RD 1699/2011 y en la ITC-BT 40.

El conductor de protección para la línea de conexión entre el inversor y el cuadro de BT tendrá una sección de 16 mm^2 , ya que, tal y como indica la ITC-BT 18, para conductores de fase con sección menor o igual a 16 mm^2 la sección del conductor de protección deberá igualar a la del conductor de fase. Sin embargo, el conductor de protección para la unión de la barra equipotencial con el electrodo tendrá una sección de 35 mm^2 siendo este de cobre desnudo.

10.7. Cableado

Dentro de la instalación fotovoltaica, para la elección del cableado, se tienen que distinguir dos partes en las cuales se utilizan dos corrientes de distinta naturaleza, corriente continua y corriente alterna.

Para el dimensionado de las secciones de los conductores se han aplicado los criterios: térmico, caída de tensión y densidad de corriente. Además, se han tenido en cuenta aspectos como la intensidad que circula por cada conductor, método de instalación, temperatura ambiente o del terreno..., quedando estos reflejados en el anexo de cálculo.

10.7.1. Corriente continua

Las características de los conductores a utilizar son las siguientes:

- Designación: PV ZZ-F-(AS).
- Tensión asignada 1,8 kV.
- Aislamiento XLPE.
- Conductor flexible clase 5.
- Material: cobre.
- Adecuados para equipos de aislamiento clase II.
- Resistentes a temperaturas extremas – 40/+ 90 °C.
- Resistentes a la intemperie: rayos UV, Ozono, absorción de agua.
- Cables de alta seguridad (AS): libres de halógenos; no propagación de llama, baja emisión de humos y gases corrosivos.
- El código de colores para la red de CC será negro para el negativo y rojo para el positivo.

Dentro de la parte de corriente continua se tienen varios tramos, donde cada uno de ellos tiene una sección distinta y que son las siguientes:

- Conductores de rama instalados sobre cubierta: 4 mm².
- Caja de conexión- Inversor: Instalados sobre bandeja, en el interior de tubo y en zanja de manera que la sección aquí reflejada es para el caso más desfavorable: 16 mm².

10.7.2. Corriente alterna

En la parte de corriente alterna se tiene el conductor que conecta los inversores con el cuadro de general AC, siendo su sección de 16 mm² y que irá instalado en zanja en el interior de tubo corrugado. Las características de este conductor son las siguientes:

- RV 0,6/1 kV Cu.
- Aislamiento: XLPE.
- Conductor flexible clase 5.
- Material: cobre.

10.8. Canalizaciones

La canalización de los conductores de corriente continua se realizará de una manera u otra dependiendo de los conductores de los que se traten.

Los conductores de rama irán instalados sobre la cubierta, por lo que no requerirán ningún tipo de canalización.

La línea de conexión entre las cajas de conexión y los inversores transcurrirá por rejiband en primer lugar, seguido de instalación en tubos sobre pared y por último en tubos directamente enterrados en zanja. A continuación, se plasma con más detalle cada uno de estos tipos de instalación.

- **Rejiband:** Los conductores transcurrirán por 2 bandejas de rejilla electrosoldada de 35x100 mm de altura y anchura respectivamente de montaje en techo y que irán separadas en la misma vertical a una distancia de 300 mm. Estas bandejas irán fijadas a la cubierta de la nave mediante cables de acero. Cumpliendo su diseño con lo establecido en la Norma UNE-EN-61537 por la que se regulan los sistemas de bandejas y de bandeja de escalera para la conducción de cables, Norma DIN 4102-12 por la que se certifica que mantiene las propiedades eléctricas de la instalación durante 90 minutos a más de 1000 °C. Gracias a su certificación UL asegura una buena continuidad eléctrica entre los tramos de la bandeja, pudiendo utilizarse estas en determinadas condiciones como función de tierra sin necesidad de conductor adicional de protección.
- **Tubos sobre pared:** Los conductores unipolares irán instalados en tubo individuales de polietileno de 20 mm de diámetro dispuesto en contacto y en paralelo y que cumplirá la Norma UNE EN 50086. La elección de los tubos se ha realizado de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT 21.
- **Tubos directamente enterrada en zanja:** Los tubos cumplirán la misma normativa que en el caso anterior. Serán 4 tubos de polietileno de 63 mm de diámetro que irán instalados en una zanja de 0,4 m de ancho y 1 m de profundidad y dispuestos en contacto. El relleno de la zanja se realizará en primera instancia con una capa de 5 cm de espesor de arena sobre la que se depositarán los tubos y sobre la cual se verterá otra capa de 20 cm de arena. A continuación, se dispondrá de una banda de señalización de riesgo eléctrico y finalmente se rellenará el resto de la zanja con zahorra para cubrirlo todo con una capa de hormigón de 10 cm.

Por otro lado, la línea de conexión entre el inversor y el cuadro general de baja tensión transcurrirá instalada en tubo directamente enterrado de polietileno y 63 mm de diámetro. La zanja será de 0,35 m de anchura y 0,9 m de profundidad y su relleno será de mismo material que la zanja para los conductores de CC con la salvedad de que la capa de arena sobre los tubos será de 10 cm en lugar de los 20 cm de la zanja anterior.

10.9. Protecciones

Como cualquier sistema eléctrico de protección, las protecciones, ya sean en la parte de corriente continua o alterna, tratan básicamente de garantizar la seguridad de personas y equipos que puedan resultar afectados como consecuencia de un algún comportamiento anómalo en la instalación fotovoltaica.

Para la protección de equipos se deben de instalar una serie de equipos, como son los descargadores de tensión, diodos e interruptores magnetotérmicos.

En la protección de personas se utilizan medidas como: configuración flotante del generador (en la que las partes activas están aisladas de tierra y todas las masas de la instalación fotovoltaica están conectadas a tierra), medida del aislamiento mediante un controlador con el que se detecta cualquier problema que pudiera surgir en la instalación en la que alguna masa pueda adquirir tensión.

Dentro de las protecciones se pueden diferenciar dos bloques dependiendo del tipo de contacto que deban proteger. Estas son:

- Protecciones frente a contactos directos
- Protecciones frente a contactos indirectos.

Ambos tipos de protección deben de cumplir lo establecido en la ITC-BT 24 en la que se establecen los métodos de protección frente a contactos directos e indirectos.

10.9.1. Protección frente a contactos directos

Según lo establecido en el punto 3 de la ITC-BT 24 los medios a utilizar en dicha protección quedan expuestos en la Norma UNE 20460-4-41 y son los siguientes:

- Aislamiento de las partes activas: Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.
- Protección de barreras y envolventes: Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según lo establecido en la Norma UNE 20324.
- Utilización de materiales de clase II o equivalente.
- Protección por medio de obstáculos: Esta protección se limita a los locales de servicio eléctrico solo accesibles al personal autorizado. En el presente proyecto, los inversores se dispondrán en la sala de cuadros, evitando así el contacto directo de cualquier trabajador de la empresa.

Además de los medios de protección anteriormente indicados, se dispondrá de un interruptor diferencial que servirá de complemento a las anteriores, ya que por si solo constituye un método de protección.

10.9.1.1. Protección en CC

Con el objetivo de un funcionamiento más adecuado desde el punto de vista de la protección frente a contactos directos, se realizará una configuración a tierra flotante (IT) asegurando así que la corriente que circulará a tierra tendrá un valor muy pequeño y, en consecuencia, el potencial que adquieran las masas no será muy elevado. La implementación de esta protección se realizará mediante un controlador de aislamiento, ajustando este a un valor de resistencia que será de 10 veces superior el valor de la tensión de circuito abierto del generador y que será de 6966Ω , asegurando así que la intensidad de defecto quedará por debajo de los 100 mA a partir de los cuales las personas pueden sufrir efectos patofisiológicos peligrosos (ver anexo de cálculos).

Para completar el controlador de aislamiento, y sirviendo para la actuación de la protección de contactos indirectos, se instalará una alarma que actuará en caso de que la resistencia de aislamiento sea inferior al valor indicado anteriormente de 6966Ω .

10.9.1.2. Protección en CA

La protección frente a contactos indirectos que se instalará en la parte de corriente alterna será un interruptor diferencial de 63 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad, asegurando así que no se superará el límite de la intensidad que supone un peligro para el cuerpo humano. Este irá instalado en el cuadro de baja tensión de la nave industrial.

10.9.2. Protección frente a contactos indirectos

Se realiza según lo establecido en el punto 4 de la ITC-BT 24, en la que se establecen los métodos de protección frente a contactos indirectos y es una protección preferente en la Norma UNE-EN 60364-712 y exigida en HE-5 del CTE.

En corriente continua, tras la aparición de un fallo, el control de aislamiento está destinado a impedir que la tensión de contacto alcance un valor suficiente, se mantenga durante un tiempo de manera que pueda resultar un riesgo. Para que esta protección sea efectiva, debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación, que en este caso será la configuración flotante (IT) y las características de los dispositivos de protección.

En corriente alterna la protección frente a contactos indirectos se realiza mediante el corte automático de la alimentación.

10.9.2.1. Protección en CC

Tal y como se ha expuesto anteriormente, la configuración flotante (IT), también forma parte de la protección frente a contactos indirectos. En un primer defecto las masas no adquieren potencial ya que el generador pasa a estar conectado a tierra. De esta manera el CPI detecta el fallo y activa la alarma.

De acuerdo con la normativa, en el generador flotante el corte no es obligatorio si se cumple que:

$$R_T * I_d \leq U_L$$

Siendo:

- R_T : Resistencia de tierra (Ω).
- I_d : Intensidad de defecto (A).
- U_L : Tensión límite de seguridad (V) y que tiene un valor de 75 V.

10.9.2.2. Protección en CA

El corte automático de la generación se complementará con un interruptor diferencial de 30 mA, cumpliendo con el siguiente criterio práctico de protección.

$$R_{EES} * I_{\Delta N} \leq U_L$$

10.9.2.3. Protección de sobretensiones

Las sobretensiones que se dan en la instalación fotovoltaica pueden ser producidas tanto por maniobras en la red como por descargas atmosféricas, pudiendo afectar estas a la seguridad de las personas que se encuentren en la instalación o en sus proximidades y/o a los equipos que conforman dicha instalación. Es por ello, que será necesario realizar una protección adecuada frente a las sobretensiones que se puedan producir.

Uno de los métodos para reducir el “impacto” de las descargas atmosféricas sobre la instalación fotovoltaica es disponer de pararrayos. Sin embargo, no siempre es necesario.

Para conocer de la necesidad o no de este dispositivo se puede realizar un estudio del nivel isoceraúnico de la zona donde se va a llevar a cabo la instalación. Para ello se ha utilizado la página: <https://www.ingesco.com/es/calculo-sistema-proteccion-contrarayo-cte>, de manera que con las características de la instalación y del edificio donde esta se va a instalar y según lo establecido en el CTE nos permite conocer si es necesario un sistema de protección frente al rayo, siendo en el caso que nos ocupa innecesario.

Sin embargo, la instalación no está exenta de que sufra algún tipo de sobretensión, por lo que habrá que disponer de una protección interna mediante descargadores de tensión y la conexión equipotencial en la puesta a tierra de la instalación.

Estos descargadores son los PSC3-5/1000 PV de la marca comercial Cirprotec. Esta gama (PSC 5 PV) ofrece unos dispositivos combinados de tipo 1 + 2/Clase I+II, para descargar corrientes tipo rayo (10/350 μ s) y protegen contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20 μ s) para instalaciones fotovoltaicas según las normas EN 50539-11 e IEC 61643-31. Estarán situados en la caja de conexión de CC situada entre los conductores

de rama y las líneas que conectan esta con el inversor y tiene las siguientes características.

- Máxima tensión de servicio: 1060 Vdc.
- Corriente de impulso rayo (10/350 μ s): 5 kA.
- Corriente máxima de descarga (8/20 μ s): 40 kA.
- Corriente nominal de descarga (8/20 μ s): 20 kA.
- Clase de protección IP 20.
- Rango de temperatura: - 40 °C + 85 °C.
- Formato desenchufable para carril DIN.
- Chasis desmontable para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo.
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución.

Además de los descargadores de sobretensión citados anteriormente el inversor incorpora unos descargadores tipo II, de manera que se tendrá una seguridad mayor frente a cualquier anomalía que se pueda producir en la parte de corriente continua.

Por otro lado, a través de la red también pueden penetrar sobretensiones que pueden ser generadas por las operaciones de red y que pueden afectar a la instalación llegando a causar algún defecto en el comportamiento o incluso la reducción de la vida útil de los equipos instalados. Es por ello que se va a instalar un descargador de sobretensión PSM4-40/400 TT en el cuadro general de baja tensión de la industria de Tipo II/Clase II para proteger contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20 μ s) según Norma IEC/EN 61643-11 (ver punto 10.13.1 de este mismo documento).

10.10. Protección de sobreintensidades

La protección de las sobreintensidades tiene como objetivo impedir que ninguna de las ramas del generador se convierta en carga de las demás en situaciones como pueden ser sombreados parciales o cortocircuitos en el generador. Es por ello que los módulos traen incorporados diodos de paso, que impiden que se produzcan sobreintensidades en caso de sombreados parciales y por otro lado la utilización de interruptores magnetotérmicos impide que se generen situaciones de sobrecarga o cortocircuito en caso de defecto.

Para evitar los efectos de los cortocircuitos también se pueden instalar fusibles. Sin embargo, la utilización de magnetotérmicos ofrece las siguientes ventajas:

- Reducen las pérdidas en el circuito.
- Actuación sin necesidad de reposición.
- Separación y aislamiento más fácil que con fusibles. Incluso permite realizarla bajo carga para tareas de reparación y mantenimiento.
- Ofrecen una mejor curva de protección.

10.10.1. Protección de sobreintensidades en corriente continua

Para prevenir los defectos que se puedan provocar en la instalación entre las partes activas habrá que seguir las recomendaciones para realizar el conexionado que se establecen en la Norma IEC 60364-5-52, que son:

- Si se usan cables simples, los conductores de distinta polaridad se deberán de instalar de forma separada. Para instalar los conductores de distinta polaridad de manera conjunta se deberán de utilizar cables con aislamiento doble o reforzado. Es por ello que los conductores instalados en las bandejas perforadas irán separados en dos bandejas según la polaridad y en tubos separados tanto para la zanja como en pared.
- Este cableado especial deberá ser aplicado al generador fotovoltaico completo, incluyendo el cableado de cajas de conexión y cuadros eléctricos.
- Se prefiere el uso de módulos que sean de clase II.

Como la intensidad inversa que son capaces de soportar los módulos que se van a instalar es de 15 A y la intensidad que circulará por la rama en caso de defecto es de 23,15 A habrá que disponer de protección mediante interruptores magnetotérmicos (ver punto 7.2.1 del anexo de cálculos).

El interruptor automático magnetotérmico a instalar será el S800PV de la marca ABB, de 2 polos, uno para el positivo y otro para el negativo, para DC con intensidad nominal de 13 A, curva de disparo B y valor máximo de tensión de 800 Vdc.

10.11. Protección de interconexión

Básicamente, esta protección engloba las protecciones de máxima y mínima tensión (protección 27/59) y frecuencia (protección 81) que trae incorporadas en inversor y que actuarán entre valores de 0,85 y 1,1 veces el valor de la tensión nominal para el caso de la protección de tensión y entre 48 y 50,5 Hz para la protección de frecuencia.

Mediante estas protecciones el inversor realizará de manera automática las operaciones de conexión y desconexión cuando no se encuentre dentro de los valores anteriormente indicados.

El inversor debe de cumplir con lo establecido en el RD 1699/2011 (ver anexo de documentación técnica donde se adjuntan los certificados).

10.12. Cajas de conexión de corriente continua

La conexión entre las distintas ramas de los subgeneradores se llevará a cabo mediante 2 cajas de conexión, de dimensiones 220x170x105 mm, utilizando una para cada uno de los subgeneradores. Con estas se conseguirá unificar toda la energía a la salida de cada subgenerador en un mismo conductor, de manera que se tengan una

línea de conexión entre las cajas y cada uno de los inversores. El grado de protección de las cajas de conexión será IP 65. En dichas cajas de conexión se encontrará la protección de sobretensión Tipo 1+2 para las ramas de los subgeneradores y los interruptores magnetotérmicos para la protección de sobreintensidades.

Además, se dispondrá de un cuadro general de CC en la zona de inversores, que servirá para realizar la conexión entre las líneas y los inversores y en el que se dispondrá de un seccionador de 50 A de intensidad nominal.

10.13. Elementos cuadro general de baja tensión

Irán ubicados en el cuadro de baja tensión de la industria situado en la nave 1 y servirá para realizar la conexión entre la salida de los inversores y la red de baja tensión de dicha industria en la que se lleva a cabo la instalación fotovoltaica. En él, se sitúan todas las protecciones de la parte de AC, englobando estas la protección de sobretensiones, sobreintensidades y personas.

10.13.1. Protección de sobretensiones

Tal y como se indica anteriormente, se incorporará una protección frente a sobretensiones PSM4-40/400 TT de Tipo II cuyas características principales son las siguientes.

- Corriente máxima de descarga (8/20 μ s): 40 kA por fase.
- Corriente nominal de descarga (8/20 μ s): 20 kA por fase.
- Clase de protección IP 20.
- U_n (L-N/L-L): 230/400 V.
- U_c : 275 V.
- 4 polos.
- Formato desenchufable para carril DIN.
- Chasis reversible para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo.
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución.

10.13.2. Protección de sobreintensidades

Para la protección de la línea de corriente alterna de conexión entre el inversor y el cuadro general de baja tensión se instalará un interruptor automático magnetotérmico Acti 9 iK60N, de 63 A de intensidad nominal. Sus características son las siguientes:

- Intensidad nominal: 63 A.
- Número de polos: 4.
- Curva de disparo C.
- Poder de corte: 6000 A.
- Frecuencia de red: 50/60 Hz.
- Tensión nominal de aislamiento: 440 V CA 50/60 Hz.
- Soporte de montaje: carril DIN.

También se instalará un interruptor automático magnetotérmico Acti 9 iK60 de 25 A a la salida de cada inversor, de manera que se asegura así que en caso de disparo de la protección no quedarán fuera de servicio los dos inversores. Las características principales son:

- Intensidad nominal: 25 A.
- Número de polos: 4.
- Curva de disparo C.
- Poder de corte: 6000 A.
- Frecuencia de red: 50/60 Hz.
- Tensión nominal de aislamiento: 440 V CA 50/60 Hz.
- Soporte de montaje: carril DIN.

10.13.3. Protección de personas

Se utilizará un interruptor diferencial Acti 9 iLD de 63 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad, siendo este de clase A o también llamado superinmunizado, evitando las desconexiones inesperadas por corrientes de alta frecuencia que se pueden producir entre otros por los circuitos informáticos o las corrientes inducidas por las descargas de origen atmosférico. Las características principales son:

- Intensidad nominal: 63 A.
- Número de polos: 4.
- Sensibilidad: 30 mA.
- Poder de corte y cierre nominal: 1500 A.
- Tensión asignada de empleo: 380...415 V AC 50/60 Hz.
- Frecuencia de red: 50/60 Hz.
- Tensión nominal de aislamiento: 500 V CA 50/60 Hz.
- Retardo de la protección contra fugas a tierra: instantáneo.

10.14. Conexión a la red de baja tensión de suministro interno

Se dispondrá de un módulo de conexión para la red de baja tensión y la salida del inversor, con tres submódulos perfectamente separados, en los que se encontrarán el módulo contador, de medida y de acometida y salida. A continuación, se especifican brevemente las características más importantes de cada uno de ellos.

10.14.1. Módulo de acometida

Los elementos que aquí se dispongan cumplirán con la normativa exigible por parte de la compañía suministradora. En este caso, como la compañía es Endesa, la normativa exigible es la Norma ENDESA>NNL010.

Dentro de este módulo se instalarán una Caja General de Protección y un interruptor seccionador de 100 A, 4P de desconexión manual, de manera que en caso de que sea necesario se pueda desconectar la instalación fotovoltaica de la Red de Distribución.

10.14.2. Módulo de contador y medida

Para la medida de la energía generada se instalará antes de la caja general de protección el denominado módulo de salida, que será de doble aislamiento y que cumplirá con lo establecido en la Norma ENDESA NNL005.

Los módulos de contador y medida dispondrán de los siguientes elementos:

- Un contador electrónico bidireccional combinado para medida en cuatro cuadrantes con clase de precisión 0,5 y 1 para potencia activa y reactiva respectivamente. Este dispondrá de un puerto óptico para lectura y parametrización local y puerto serie RS232 para la conexión de un modem interfaz.
- Modem para comunicación.
- Regleta de verificación homologada.
- Elementos para conexión.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador.
- 3 transformadores de intensidad para la medida con las siguientes características:
 - Tensión nominal de aislamiento: 0,6 kV.
 - Potencia nominal de precisión: 10 VA.
 - Clase de precisión: 0,5.
 - Tipo de aislamiento: seco a base de resinas sintéticas.
 - Intensidad límite térmica (I_{ter}): 60 I_p
 - Intensidad límite dinámica (I_{din}): 2,5 I_{ter}
 - Factor de seguridad: < 5.
 - Intensidad nominal primaria (I_p): 200 A.
 - Intensidad nominal secundaria (I_s): 5 A.

10.15. Monitorización

El objetivo del sistema de monitorización será el registro de los principales parámetros de operación de la planta con el fin de hacer posible la consulta de los mismo de forma remota. De esta manera se podrá determinar si la instalación fotovoltaica está funcionando correctamente, produciendo la energía esperada y si los principales valores de operación se encuentran dentro de los márgenes adecuados. También permitirá realizar un mantenimiento preventivo, haciendo posible prevenir cualquier pequeño fallo que pueda dar lugar a averías mayores y por último, relacionado con el mantenimiento, mejorar el funcionamiento de los sistemas de la instalación mediante

un sistema de comparación de datos históricos que permita realizar modelos predictivos.

Esta infraestructura de telecomunicación se llevará a cabo mediante redes de datos locales (LAN) y la interconexión de las estas redes y otras de datos exteriores (WAN-Internet). Para que esta interconexión sea posible, se deberá de tener acceso a la red (internet), por lo que será un requisito fundamental para que se pueda realizar la monitorización correctamente.

Con el objetivo de que la monitorización se realice de forma adecuada se deberá de realizar de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 61724:2000 y su ratificación del año 2017. En esta norma se indican parámetros a medir en tiempo real para realizar una correcta monitorización, pudiendo calcular a partir de estos otros datos que sean necesarios para la realización de una correcta monitorización. Estos parámetros se agrupan en 6 grandes campos, en los que se pueden encontrar distintas variables a medir, estando algunas de ellas expuestas a continuación:

- Meteorología: Irradiancia total en el plano del campo fotovoltaico, temperatura ambiente a la sombra.
- Campo fotovoltaico: Tensión, intensidad y potencia a la salida, temperatura del módulo.
- Almacenamiento de energía: Tensión de operación, intensidad de almacenamiento, etc.
- Carga: Tensión, intensidad y potencia en la carga.
- Red eléctrica: Tensión de red, intensidad hacia y desde la red y potencia hacia y desde la red.
- Fuentes de reserva: Tensión, intensidad y potencia de salida.

Algunos de los parámetros quedan indicados en el siguiente esquema, quedando este mejor detallado en la norma correspondiente e indicada anteriormente.

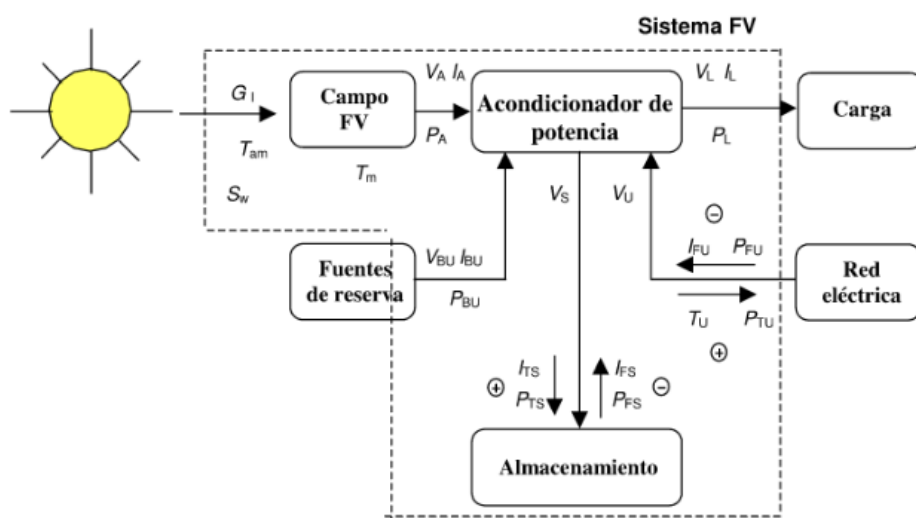


Figura 4: Parámetros a medir en tiempo real.

Esto es para un sistema fotovoltaico en general. Aplicando esto al presente proyecto, instalación fotovoltaica para autoconsumo conectada a red, los parámetros que se han de monitorizar son: irradiancia en el plano generador, temperatura ambiente, intensidad y tensión a salida del generador, potencia a la salida del inversor y la energía inyectada a red.

10.15.1. Equipos del sistema de monitorización

Dicho sistema estará formado por inversores, contadores de energía y estaciones meteorológicas, pudiendo así registrar con estos equipos los parámetros anteriormente indicados. Los contadores de medida se instalarán en la sala de inversores y junto al módulo de medida y la estación meteorológica en cubierta, al lado de los módulos fotovoltaicos.

11. PERFORMANCE RATIO INICIAL DE LA INSTALACIÓN

Se ha tomado como referencia un performance ratio de 0,749 correspondiente a unas pérdidas por cableados, inversor y demás elementos de la instalación del 14% y que es un valor completamente lógico.

12. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE DOCUMENTOS BÁSICOS

El orden de prioridad entre los distintos documentos básicos que se seguirá ante posibles discrepancias en lo plasmado en el presente proyecto es el siguiente:

- 1) Memoria.
- 2) Planos.
- 3) Presupuesto.
- 4) Pliego de condiciones.

13. RESUMEN DE PRESUPUESTO DE CONTRATA

El presupuesto de los trabajos proyectados y que se encuentra plasmado con detalle en el documento básico Presupuesto, asciende a la referida cantidad de **SESENTA Y UN MIL CIENTO TRES Euros y DIECISIETE Céntimos (61.103,17 €)**. IVA INCLUIDO.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ANEXO I

CONSUMO HORARIO 2017

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	MES DE ENERO	4
3.	MES DE FEBRERO	5
4.	MES DE MARZO	6
5.	MES DE ABRIL	7
6.	MES DE MAYO	8
7.	MES DE JUNIO	9
8.	MES DE JULIO	10
9.	MES DE AGOSTO	11
10.	MES DE SEPTIEMBRE	12
11.	MES DE OCTUBRE	13
12.	MES DE NOVIEMBRE	14
13.	MES DE DICIEMBRE	15

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se van a plasmar los datos de los consumos horarios para todo el año 2017 que han sido obtenidos directamente de la página web de la comercializadora.

Tal y como se define en (OBJETO DEL PROYECTO) el estudio del consumo no es objeto de este, pero es necesario conocerlo para poder obtener así la potencia óptima de la instalación, cuya obtención se plasma en el Anexo IV.

A continuación, se exponen las tablas del consumo horario que la industria ha tenido a lo largo del año 2017.

2. MES DE ENERO

Enero 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	3	0	9	13	22	26	10	0	0	0	5	5	8	14	17	7	0	5	5	0	0	0	3	5
2	1	0	19	27	22	18	8	0	2	2	12	18	11	5	5	10	8	5	18	15	15	5	5	8
3	1	1	6	14	14	20	3	6	18	27	9	15	9	8	0	10	23	15	5	13	5	2	5	2
4	2	0	0	4	15	14	8	13	6	3	5	2	13	14	26	30	10	1	4	16	10	0	0	2
5	5	3	0	2	1	0	13	27	18	13	1	3	3	2	0	3	2	0	22	15	4	11	14	5
6	7	1	0	2	1	4	18	24	30	18	10	18	20	1	0	2	1	0	7	3	1	3	14	16
7	19	13	13	13	5	0	7	3	2	0	0	3	7	0	0	3	14	13	11	3	1	0	0	3
8	7	0	0	3	1	12	18	24	17	5	2	4	9	1	1	4	1	1	13	27	16	0	0	4
9	7	0	0	4	0	0	6	4	7	12	7	19	13	2	0	17	9	12	21	13	6	14	13	4
10	7	0	9	13	3	0	11	17	4	5	2	18	15	5	0	15	11	28	19	22	16	12	0	4
11	7	0	0	3	0	13	26	26	8	10	8	7	11	2	0	7	15	16	9	9	5	3	2	6
12	7	1	0	3	0	2	13	17	13	12	12	29	21	6	7	25	24	16	13	0	14	14	20	15
13	18	0	0	0	4	0	6	0	6	2	2	17	18	12	13	16	14	14	11	0	5	0	0	0
14	10	13	14	9	4	0	7	0	7	13	13	6	0	0	6	0	6	0	4	0	0	0	13	13
15	13	12	8	11	7	0	5	0	6	6	2	4	9	18	14	13	2	4	0	13	11	12	5	13
16	13	10	0	7	0	4	0	0	13	13	5	10	10	13	14	20	2	10	25	27	17	15	0	0
17	0	5	0	6	13	10	0	0	1	12	1	3	23	23	14	8	1	12	28	27	28	15	1	1
18	1	5	2	6	0	4	13	14	2	10	1	2	1	1	2	16	27	22	7	0	2	15	13	13
19	13	9	2	11	14	9	0	0	3	8	1	1	1	4	13	4	24	22	11	0	3	6	0	0
20	0	9	17	23	26	11	0	0	5	8	1	1	0	4	10	3	14	17	11	0	5	12	13	13
21	13	8	5	1	10	18	1	0	8	6	5	7	14	19	14	3	2	11	25	28	26	8	0	0
22	0	5	7	0	0	14	12	0	8	5	1	8	10	15	13	17	23	13	12	15	12	3	0	0
23	0	12	20	13	13	20	12	0	9	7	3	12	15	18	11	2	0	9	14	14	7	4	13	14
24	13	7	6	0	1	18	10	0	10	14	5	10	9	12	14	14	15	7	10	20	14	24	18	9
25	2	5	8	0	0	3	3	16	22	7	0	2	2	19	10	10	11	24	25	27	19	7	0	0
26	0	4	7	0	11	15	0	0	9	5	2	11	8	5	2	13	30	11	1	1	1	13	8	8
27	1	5	1	1	1	14	15	3	11	13	18	30	22	26	11	3	3	11	0	10	7	3	0	7
28	0	3	0	0	8	19	0	0	2	8	20	24	14	10	11	14	2	0	0	0	2	2	2	13
29	10	1	0	0	1	1	1	12	5	4	2	7	16	25	25	21	0	14	15	15	1	1	1	4
30	4	13	14	12	8	12	0	10	3	4	1	12	7	14	14	14	2	9	14	13	8	14	6	11
31	0	7	11	14	13	13	13	17	12	11	3	9	2	12	14	24	24	10	0	15	15	5	0	3

Tabla 1: consumo horario mes de enero.

3. MES DE FEBRERO

Febrero 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	7	0	3	0	10	9	10	1	2	7	13	16	8	0	6	11	14	24	16	12	12	0	4
2	0	6	0	3	0	6	10	9	1	1	2	9	12	6	12	20	10	6	19	13	15	8	2	5
3	3	6	1	10	27	7	4	13	2	1	5	16	13	5	0	5	8	26	31	18	3	2	2	5
4	5	13	9	3	0	0	1	0	0	0	3	0	5	24	21	2	0	0	9	1	0	0	3	8
5	13	1	0	3	8	0	0	0	7	14	6	8	16	24	13	7	7	8	4	1	13	2	7	3
6	0	0	3	0	4	11	11	0	6	3	8	26	20	7	2	13	16	18	12	4	1	1	9	11
7	1	0	7	13	6	1	4	7	13	7	21	15	15	9	13	6	15	6	17	8	13	12	18	3
8	0	0	16	1	7	0	3	0	9	4	11	2	5	3	5	7	15	27	20	21	6	5	13	3
9	8	10	5	1	8	1	5	2	13	13	11	16	6	7	5	13	24	24	29	18	15	15	15	1
10	1	1	5	2	11	1	16	14	20	21	15	5	1	10	17	7	7	0	3	0	0	0	13	13
11	0	0	3	0	7	0	3	0	0	4	11	6	14	12	0	0	7	0	3	13	25	27	19	1
12	0	0	4	0	13	14	7	0	2	14	20	16	14	14	16	3	13	10	3	0	0	1	9	0
13	0	0	5	14	18	12	12	1	6	14	11	3	19	20	7	15	16	14	14	6	5	6	10	2
14	2	0	4	3	14	12	6	13	3	5	11	28	18	7	2	28	33	33	22	1	1	5	8	1
15	1	1	5	6	15	11	6	17	17	19	22	22	20	12	6	15	20	33	26	14	13	13	4	0
16	0	0	3	6	0	0	3	1	12	13	3	7	17	30	28	18	3	16	23	14	15	8	5	1
17	1	1	5	9	15	9	5	13	24	31	25	3	1	0	6	18	23	14	20	14	14	11	3	0
18	0	0	3	7	0	0	3	17	20	11	7	0	0	0	3	10	14	14	16	14	14	20	12	0
19	0	0	5	10	14	7	4	1	1	7	3	0	2	9	16	0	8	5	19	15	15	9	9	15
20	15	14	13	8	1	1	6	11	3	2	6	3	13	2	7	7	13	10	26	22	21	13	20	16
21	16	4	4	7	0	0	6	10	1	1	6	16	5	14	21	20	19	13	30	15	15	11	18	15
22	15	3	7	16	1	1	7	4	5	15	20	17	15	3	11	33	28	19	18	11	4	5	7	1
23	1	1	10	21	13	1	7	3	6	5	9	25	17	15	19	11	4	2	11	14	9	3	9	2
24	1	1	11	14	7	1	10	19	28	18	14	25	18	0	13	6	10	14	10	2	6	1	12	15
25	2	0	16	2	0	6	22	2	7	0	10	2	7	14	17	4	0	0	18	17	6	0	10	2
26	0	0	17	14	6	0	9	4	9	8	23	15	7	6	11	21	33	25	25	20	12	2	12	2
27	1	1	20	16	15	2	12	2	8	11	1	4	15	18	20	21	25	16	28	20	13	15	19	11
28	3	5	11	4	14	11	11	23	21	17	23	19	1	2	11	4	3	19	10	5	0	6	11	0

Tabla 2: consumo horario mes de febrero.

4. MES DE MARZO

Marzo 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	4	16	11	5	2	3	9	12	12	9	17	15	12	10	14	19	15	2	6	1	6	2	2	9
2	6	10	4	11	8	8	1	1	11	17	11	10	20	28	6	24	29	17	14	1	1	3	14	7
3	7	9	11	9	4	1	5	20	19	13	9	27	18	5	19	21	20	14	14	20	5	0	0	8
4	9	11	0	8	13	0	0	16	13	0	0	9	0	14	11	8	4	0	12	14	3	0	8	9
5	3	10	2	8	0	0	3	6	16	15	2	22	13	1	3	15	13	17	21	28	17	16	17	25
6	14	12	15	13	9	13	15	21	10	4	3	10	7	14	16	15	2	6	20	22	16	2	3	10
7	0	0	8	11	0	0	3	22	16	1	9	21	13	18	18	21	24	24	23	16	10	3	4	9
8	1	1	12	22	15	15	9	20	26	17	10	25	25	26	18	19	3	12	10	17	12	6	3	2
9	6	9	14	14	13	6	6	5	11	19	11	6	22	26	16	6	5	10	1	9	11	11	1	18
10	18	14	14	19	3	0	0	12	7	10	18	24	24	9	5	7	0	5	9	8	7	18	22	5
11	0	10	9	0	0	5	7	6	1	5	7	0	5	18	6	2	0	7	20	14	0	5	6	0
12	0	8	14	9	0	3	9	4	5	3	8	7	1	3	12	9	13	15	18	25	18	22	23	22
13	15	18	8	5	0	3	7	7	5	15	22	29	30	26	11	23	21	7	0	0	4	19	14	2
14	5	8	0	1	18	9	0	0	6	9	2	14	21	24	14	19	17	11	1	1	5	15	1	1
15	11	17	20	3	4	0	0	0	5	10	18	22	16	27	15	20	8	22	3	1	1	8	5	1
16	1	7	7	1	1	7	2	2	2	7	12	27	24	21	14	20	13	23	21	18	17	28	16	14
17	14	25	12	12	12	22	14	12	16	19	13	16	12	17	11	9	9	11	14	10	15	9	17	12
18	17	11	16	10	13	2	17	12	17	11	12	0	5	0	17	12	12	6	0	0	8	7	13	13
19	16	19	12	2	4	1	5	0	9	4	1	12	30	20	11	12	7	9	0	2	18	4	4	0
20	16	15	12	1	4	1	0	0	11	8	1	19	22	22	15	13	11	10	0	0	13	22	15	6
21	6	7	8	1	6	6	1	1	20	13	7	22	28	22	13	12	19	7	5	15	17	7	1	1
22	6	5	7	12	19	11	0	0	12	5	0	0	11	19	12	31	26	22	19	19	16	8	0	8
23	3	0	1	13	2	0	0	9	4	8	5	24	10	16	16	29	12	11	14	20	12	5	3	7
24	8	6	9	2	17	14	23	15	25	24	16	11	0	0	5	7	5	0	5	6	0	2	18	19
25	13	0	5	8	4	0	5	4	0	3	9	5	0	8	19	19	3	0	5	6	0	3	8	0
26	5	0	7	19	18	3	0	6	1	1	9	19	20	15	14	15	23	2	0	6	7	0	5	7
27	6	3	14	19	13	1	0	6	2	7	2	7	21	6	1	28	28	7	24	33	20	21	14	7
28	7	1	1	7	12	12	15	7	17	20	18	10	8	15	18	33	25	19	10	14	3	6	9	22
29	22	9	1	8	13	1	2	8	16	9	11	23	24	14	5	11	8	5	0	7	6	6	11	7
30	5	0	13	20	16	0	0	6	5	0	7	5	5	0	9	20	15	0	0	7	5	2	14	8
31	0	0	2	1	0	0	8	3	10	24	11	7	5	0	7	8	10	0	18	16	5	0	12	5

Tabla 3: consumo horario mes de marzo.

5. MES DE ABRIL

Abril 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	8	7	15	13	7	1	9	19	21	10	6	15	23	12	0	12	24	0	0	18	22	0	0	12
2	13	7	0	13	14	0	0	18	14	0	0	12	9	12	0	17	23	0	0	20	22	0	0	12
3	14	7	0	17	11	0	0	19	16	8	2	14	7	19	14	24	23	9	9	25	9	8	6	14
4	6	11	9	14	6	1	8	19	5	4	13	9	12	30	15	17	17	29	6	16	12	10	0	13
5	6	8	11	13	4	0	10	14	9	4	9	16	23	6	1	10	19	22	21	7	1	1	1	5
6	1	6	15	8	1	1	1	14	14	2	2	5	10	15	15	23	20	19	18	12	19	9	3	14
7	7	0	7	6	9	0	0	13	7	9	11	11	17	8	2	13	13	14	14	6	0	3	11	0
8	0	0	6	8	8	0	3	12	10	1	4	23	8	0	3	14	14	0	3	12	9	0	3	13
9	3	0	4	13	2	0	4	13	1	0	4	13	5	0	4	14	14	1	4	11	12	1	4	15
10	4	1	5	14	3	1	5	13	3	14	8	11	10	6	1	10	10	7	12	15	7	1	10	15
11	7	1	1	9	7	11	14	2	13	3	9	22	22	20	7	12	21	25	24	17	6	2	12	1
12	13	6	0	6	6	11	0	1	2	5	15	23	23	19	15	24	20	15	14	14	15	15	15	15
13	15	15	15	15	7	12	7	2	23	23	4	11	13	14	13	1	14	14	8	1	13	9	0	1
14	13	9	0	1	13	7	0	1	13	7	0	1	13	14	2	1	13	14	3	1	13	9	0	1
15	13	8	0	1	13	7	0	1	13	5	0	1	13	14	14	3	9	14	3	1	13	9	0	1
16	13	7	0	1	13	6	0	1	13	6	0	1	13	14	3	1	14	14	4	1	14	9	0	1
17	14	7	0	1	14	6	0	1	14	17	10	20	23	12	1	23	23	24	10	19	15	7	1	6
18	13	7	1	7	10	8	1	5	6	11	4	13	10	5	1	10	22	17	17	16	17	20	20	19
19	17	15	15	15	14	15	15	8	6	3	4	19	11	6	1	4	16	17	17	15	14	15	15	15
20	14	15	15	14	14	14	14	14	20	23	19	15	9	6	2	18	24	25	24	19	13	10	6	7
21	15	4	8	3	15	3	7	3	11	14	9	21	19	12	1	21	15	17	10	12	6	10	4	3
22	14	4	1	9	6	9	2	3	26	18	7	24	16	14	7	2	13	14	2	2	14	8	0	3
23	13	5	0	5	11	6	0	3	14	3	6	9	6	13	10	3	13	15	3	3	14	10	1	3
24	15	7	1	3	15	6	1	4	17	16	8	21	21	19	1	24	25	21	13	10	5	1	13	5
25	7	13	1	3	14	4	1	10	23	11	6	10	7	16	15	26	16	25	6	3	13	7	1	3
26	14	6	1	3	14	8	1	7	20	17	6	19	15	21	15	23	26	25	18	1	2	15	14	14
27	14	15	15	14	5	1	2	14	14	21	5	10	10	18	15	14	20	25	18	19	10	16	18	6
28	5	1	1	4	13	1	1	9	6	11	19	23	14	17	1	13	23	15	7	11	4	10	1	4
29	14	3	1	8	9	6	1	18	14	20	7	12	6	14	13	4	11	4	3	13	5	0	8	4
30	11	0	3	13	3	0	8	4	9	0	3	13	3	0	9	4	12	0	3	13	4	0	3	13

Tabla 4: consumo horario mes de abril.

6. MES DE MAYO

Mayo 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	6	5	9	11	5	4	6	15	4	4	12	9	13	3	6	16	12	3	6	16	10	3	11	7
2	13	3	8	14	5	4	6	16	9	22	20	15	25	13	14	17	11	12	17	17	18	10	7	17
3	6	7	10	14	5	8	7	15	4	24	11	25	23	4	12	24	14	13	17	17	17	8	6	16
4	7	3	13	13	4	8	7	16	4	20	11	26	26	11	6	25	27	24	19	15	12	3	12	12
5	7	2	13	13	5	6	6	15	11	12	8	12	12	7	3	20	26	26	9	6	11	8	6	16
6	5	1	10	14	5	5	14	6	23	13	17	21	20	16	16	15	16	4	12	14	9	6	9	15
7	4	6	8	13	2	3	6	15	2	8	6	17	8	3	16	10	17	5	6	16	12	3	9	15
8	4	4	12	13	3	6	10	14	14	18	12	14	12	7	3	11	23	30	18	6	17	13	6	6
9	17	2	10	12	8	3	6	16	16	20	13	18	13	7	3	19	18	22	16	16	17	11	6	15
10	10	1	9	14	9	4	7	16	20	22	15	25	18	16	7	17	12	13	21	22	21	6	11	16
11	8	6	13	14	3	8	9	15	12	12	8	12	12	8	3	4	5	14	16	15	16	16	16	15
12	16	14	15	11	6	8	9	15	4	2	2	4	2	12	16	6	7	16	16	16	16	16	15	16
13	16	14	18	13	16	9	11	12	7	10	6	14	15	3	12	10	16	8	12	9	13	3	8	9
14	12	10	8	7	11	4	5	9	11	3	7	9	16	3	10	13	13	7	5	15	6	13	2	14
15	12	3	10	8	11	8	5	9	12	2	10	9	16	4	6	15	13	17	3	10	17	6	4	15
16	11	3	6	12	12	3	7	4	6	16	16	16	16	4	2	5	4	12	17	15	17	7	4	15
17	15	0	11	7	13	3	8	10	15	10	9	20	26	21	17	15	21	24	18	17	18	18	18	17
18	18	16	12	10	17	6	10	10	18	12	8	24	26	17	17	18	18	18	19	22	22	22	22	18
19	14	7	9	11	11	8	7	10	9	17	17	18	16	24	17	27	23	18	16	15	16	16	16	15
20	16	14	18	11	16	2	10	10	7	4	3	17	17	16	16	16	17	17	17	15	14	10	6	15
21	13	5	11	8	13	2	9	10	10	5	8	9	15	13	2	13	17	11	2	14	15	6	6	14
22	22	18	5	22	19	3	24	25	24	19	19	19	29	31	33	27	30	31	34	27	30	25	20	30
23	16	3	11	10	14	4	9	10	17	5	15	15	19	19	5	19	26	23	17	16	17	17	5	14
24	17	2	10	10	13	4	8	10	15	20	18	18	26	18	3	25	22	20	18	10	17	4	14	10
25	16	3	11	10	15	4	10	10	20	17	9	22	26	21	14	18	26	23	21	20	22	10	15	11
26	17	2	10	10	14	3	6	11	15	20	13	20	17	21	17	24	20	20	17	16	17	17	17	16
27	17	15	10	10	18	10	6	15	24	16	7	11	13	2	2	10	10	2	2	2	6	16	16	16
28	16	11	10	10	17	6	2	13	2	4	14	13	16	6	2	13	16	13	2	13	16	3	2	13
29	15	10	7	14	14	8	2	13	7	12	2	13	15	8	4	15	18	12	16	12	16	5	8	12
30	16	5	9	9	15	2	9	10	18	22	20	21	14	7	3	12	10	10	20	19	22	12	5	15
31	15	5	7	13	16	2	5	15	13	9	12	23	27	11	3	13	10	18	17	16	17	17	17	16

Tabla 5: consumo horario mes de mayo.

7. MES DE JUNIO

Junio 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	15	15	2	13	15	1	10	11	15	12	8	11	15	13	0	2	13	15	16	15	16	15	15	14
2	15	15	12	11	15	2	6	11	14	7	14	1	1	8	14	13	20	15	15	14	15	15	15	14
3	15	15	15	14	14	14	14	14	14	14	15	21	18	20	20	19	17	15	15	14	15	15	15	8
4	3	14	12	7	5	14	6	7	4	14	8	7	6	14	14	8	0	3	14	8	6	14	7	7
5	0	11	10	7	0	8	10	7	9	12	5	8	22	18	14	17	17	15	15	11	15	14	8	7
6	9	14	0	7	12	8	0	8	17	22	6	16	19	19	15	17	12	23	15	9	4	15	15	9
7	1	3	15	9	1	15	9	8	12	12	1	20	24	20	16	17	14	21	21	14	15	15	15	8
8	7	14	10	7	0	6	14	8	11	24	5	21	25	20	15	19	15	18	20	16	20	18	16	7
9	0	10	15	8	0	10	14	9	8	3	2	11	21	20	13	20	20	12	15	14	15	15	15	14
10	15	15	15	14	15	15	14	12	11	25	20	25	19	20	20	19	20	17	15	14	15	15	15	14
11	15	15	15	14	15	15	15	9	5	14	14	8	14	15	15	8	0	0	0	13	15	15	15	8
12	4	15	15	9	0	9	15	8	12	21	6	7	4	5	0	4	9	18	17	14	15	15	15	9
13	13	15	15	9	0	6	15	8	18	14	14	8	2	15	15	14	15	15	15	14	15	15	15	14
14	15	15	15	14	15	15	14	11	4	9	14	10	9	18	15	22	21	18	21	20	21	21	21	18
15	17	16	15	14	15	15	25	22	23	23	19	19	19	17	17	14	16	16	15	14	15	15	15	14
16	15	15	15	14	15	15	16	14	15	15	15	11	12	16	16	14	16	16	16	14	16	15	15	14
17	15	15	15	14	15	15	15	14	14	17	15	14	15	15	16	14	16	16	16	14	18	20	20	19
18	20	18	16	9	11	14	0	12	15	10	0	12	15	15	15	9	7	15	14	7	11	15	2	11
19	15	3	0	12	15	6	12	12	11	23	17	18	17	16	16	14	15	15	15	10	15	15	4	10
20	15	8	0	11	15	9	4	14	16	20	20	16	17	23	16	14	15	16	16	14	16	20	20	15
21	20	19	16	8	0	12	16	10	13	23	18	16	21	15	15	14	15	15	15	14	15	15	15	11
22	15	15	15	9	0	13	23	18	20	23	13	23	24	18	16	19	20	20	20	12	0	11	15	9
23	0	13	15	9	0	12	17	14	12	24	18	9	5	9	2	0	0	0	0	0	0	6	15	14
24	15	15	15	14	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	14	15	15	15	13	15	15	15	9
25	9	15	1	11	15	5	0	12	15	8	0	11	15	15	5	7	15	15	1	11	15	11	0	11
26	15	4	0	12	15	6	14	4	23	23	15	14	4	5	17	19	20	20	20	16	15	15	15	13
27	15	15	15	13	15	15	5	1	7	14	14	13	13	15	15	13	15	15	15	14	15	15	14	13
28	14	14	14	13	14	15	16	14	14	14	18	16	14	14	14	9	9	14	14	9	0	12	14	9
29	0	8	14	9	0	5	17	18	12	22	11	15	9	16	15	12	14	14	19	14	5	5	17	10
30	0	6	14	9	0	1	3	16	17	5	1	13	14	14	5	10	14	12	0	10	14	5	0	11

Tabla 6: consumo horario mes de junio.

8. MES DE JULIO

Julio 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	14	0	0	11	13	1	11	22	13	1	0	13	11	14	2	9	14	16	7	12	20	12	1	11
2	12	0	0	12	12	0	0	12	12	0	0	12	14	14	3	7	14	15	7	6	9	14	3	6
3	11	8	0	11	12	3	12	7	1	14	12	20	24	13	14	11	15	15	5	10	15	9	0	12
4	15	4	0	12	15	1	12	9	7	24	14	18	22	15	11	11	15	15	15	19	21	21	13	15
5	16	2	1	12	15	7	4	14	3	2	1	3	9	1	12	13	15	15	15	8	28	29	30	24
6	21	31	31	22	24	31	27	24	28	27	32	33	33	29	3	4	5	5	5	4	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	26	33	33	33	32	28	33	30	25	30	30	30	29	30	28	30	28	30
8	30	30	26	30	30	28	24	33	33	23	22	30	32	33	31	33	33	33	31	30	28	30	28	18
9	30	23	20	29	24	15	22	30	20	15	22	30	30	30	23	16	23	31	28	16	28	30	22	16
10	30	27	20	15	28	24	12	16	1	11	22	28	31	31	25	25	31	31	22	17	29	29	22	19
11	31	22	20	24	30	16	24	31	21	16	22	16	16	17	27	33	33	33	33	33	31	32	29	31
12	31	31	26	25	31	31	32	27	32	33	33	33	30	18	26	32	32	32	30	32	29	32	29	32
13	32	31	27	31	31	31	33	33	33	33	32	33	33	33	30	33	33	33	33	33	29	31	28	31
14	31	29	26	17	30	30	33	18	32	33	33	26	30	31	31	32	30	32	32	31	28	32	32	31
15	29	30	30	31	21	24	33	33	28	33	33	29	32	33	33	33	33	33	32	30	28	32	31	31
16	24	29	30	31	21	16	21	25	16	24	30	29	18	14	29	30	20	32	32	29	18	25	31	30
17	18	14	27	30	18	20	32	29	26	31	35	37	38	40	39	12	30	31	31	28	18	31	31	29
18	30	20	15	14	15	29	19	23	22	23	22	30	30	28	15	25	23	21	21	21	17	19	31	29
19	24	23	15	14	3	1	26	27	10	15	14	15	18	20	31	30	19	27	32	27	19	16	24	29
20	8	5	20	19	8	5	2	0	10	18	9	3	12	17	19	18	6	6	12	20	19	22	19	5
21	8	13	6	19	15	16	10	19	4	29	19	14	11	12	24	28	18	30	30	23	1	8	15	9
22	14	21	20	12	1	0	8	17	15	21	7	11	22	27	30	28	16	16	16	18	30	30	30	13
23	3	10	15	19	18	14	9	15	14	15	10	7	14	25	30	29	14	0	0	20	31	27	15	11
24	14	9	1	19	22	15	18	31	23	22	4	12	27	23	31	29	29	32	32	24	16	26	30	17
25	7	27	29	13	0	20	29	15	0	5	28	17	10	22	33	33	21	31	33	31	20	33	33	31
26	18	15	3	29	18	15	19	23	24	26	15	28	29	25	31	30	27	31	31	27	11	21	30	27
27	2	6	9	29	17	14	17	18	4	15	16	29	25	27	25	30	18	23	32	26	2	11	30	25
28	2	6	19	29	8	0	9	3	1	1	0	15	17	19	33	33	33	33	33	30	33	33	32	30
29	30	28	31	29	30	31	33	29	26	30	31	30	30	28	32	30	31	32	32	28	31	32	31	30
30	30	29	31	30	30	31	31	27	30	30	31	29	30	29	32	30	31	32	32	28	31	32	31	30
31	30	28	31	29	30	31	32	28	29	29	23	27	24	25	31	30	22	31	31	27	18	26	30	27

Tabla 7: consumo horario mes de julio.

9. MES DE AGOSTO

Agosto 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	17	17	30	28	17	15	31	27	26	28	15	18	24	27	32	29	20	19	25	30	20	31	31	22
2	17	14	21	28	17	24	31	14	15	11	7	14	13	29	26	30	19	21	31	29	8	16	30	29
3	12	3	7	22	19	25	26	13	10	1	11	28	33	33	28	33	33	33	33	32	20	33	33	32
4	30	30	17	15	14	15	17	6	8	24	24	16	27	30	31	31	30	32	32	29	30	32	31	30
5	29	29	16	21	30	31	33	33	17	33	32	30	30	29	16	28	30	32	32	28	18	32	32	31
6	30	28	15	14	14	19	31	27	14	15	30	30	30	27	15	17	30	32	32	26	14	28	31	30
7	29	26	15	14	14	15	20	22	29	30	33	33	32	29	16	18	30	32	32	25	19	31	31	30
8	29	25	15	14	14	15	18	31	32	33	24	29	29	23	15	14	23	31	31	23	14	21	31	30
9	29	23	15	14	14	15	4	8	2	15	18	17	23	24	31	30	30	31	31	28	33	33	33	32
10	31	24	17	16	15	16	29	22	14	27	29	29	25	17	19	30	29	31	31	20	14	15	24	29
11	29	20	14	14	14	24	31	22	20	30	30	26	14	27	30	30	29	31	30	25	29	31	30	30
12	28	19	15	14	14	15	17	18	17	16	15	16	19	27	31	30	30	31	30	18	18	31	31	30
13	28	18	15	14	14	18	29	17	27	30	30	30	28	18	15	15	15	32	30	26	30	31	31	30
14	28	17	15	14	14	15	19	29	29	30	30	30	27	16	15	15	14	15	30	30	30	31	31	30
15	27	16	15	15	14	15	20	29	29	30	30	30	27	15	15	15	14	23	29	31	30	31	31	30
16	27	15	15	14	14	15	21	30	29	31	30	26	25	15	15	15	14	27	28	33	33	33	33	33
17	28	18	18	16	15	15	22	33	31	33	33	33	26	18	16	15	14	15	27	31	30	31	31	30
18	24	15	15	15	14	25	18	15	23	30	30	30	23	15	15	15	14	30	29	31	30	31	31	30
19	22	15	15	14	14	19	27	22	14	24	31	23	21	32	33	32	31	33	23	30	31	32	32	32
20	22	15	15	15	29	31	22	14	19	31	31	30	20	15	15	25	30	32	21	31	30	32	32	31
21	19	15	15	15	27	31	22	15	25	30	31	33	25	16	28	31	30	31	20	18	30	31	31	30
22	18	15	15	14	23	30	11	27	28	28	30	30	16	15	15	15	14	22	29	31	29	31	31	29
23	17	15	15	14	14	24	24	31	28	30	30	33	10	10	25	31	30	30	18	27	29	31	31	29
24	16	15	15	15	20	30	28	33	29	23	25	24	16	20	31	31	29	30	17	15	21	31	31	29
25	15	15	15	14	25	29	10	25	32	33	33	33	19	18	15	30	29	30	20	31	30	31	31	28
26	14	15	15	14	20	29	18	33	27	31	31	24	14	15	15	14	29	28	25	31	30	31	31	27
27	13	15	15	14	13	23	31	30	29	30	30	26	14	15	15	14	13	21	15	14	19	30	30	25
28	13	14	14	27	28	25	14	11	14	29	29	23	12	15	16	29	20	20	14	14	8	15	27	23
29	5	1	14	22	20	11	5	28	30	31	30	29	15	6	13	14	14	28	30	29	20	15	29	22
30	5	0	12	14	5	14	33	19	27	30	30	30	27	24	15	14	24	23	30	29	28	29	29	20
31	10	14	14	14	5	16	31	30	28	33	33	27	20	13	15	29	28	20	15	26	28	30	29	19

Tabla 8: consumo horario mes de agosto.

10. MES DE SEPTIEMBRE

Septiembre 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	13	14	14	14	10	26	31	33	19	21	29	16	15	20	21	30	28	18	15	23	29	30	29	18
2	14	14	14	14	11	25	29	29	20	15	26	17	5	7	15	14	19	19	30	30	20	19	29	17
3	5	1	14	14	9	14	21	29	20	15	26	16	5	2	15	14	13	23	31	30	20	15	25	16
4	5	1	14	14	10	15	19	30	27	21	20	15	5	2	22	33	23	8	28	32	21	17	27	14
5	5	0	13	14	11	13	20	23	30	33	21	11	22	20	24	30	26	15	18	30	29	30	27	14
6	5	12	14	18	17	8	28	30	28	23	29	19	6	14	31	30	16	13	19	30	20	18	26	14
7	5	0	10	24	16	3	18	25	20	15	15	28	20	32	32	30	27	30	30	30	19	21	24	15
8	19	15	24	29	14	5	8	9	24	29	23	14	14	15	23	33	31	33	33	32	30	32	22	14
9	23	30	30	29	14	14	22	20	32	29	21	15	14	28	30	30	13	12	15	17	20	19	21	14
10	5	10	24	29	11	0	3	14	5	0	16	28	19	15	27	29	10	3	14	14	5	1	23	29
11	20	15	19	28	9	0	7	15	6	2	19	15	9	27	33	29	9	18	30	24	19	26	18	14
12	5	0	0	14	18	23	18	25	26	28	18	17	12	30	30	29	28	30	30	29	25	29	17	14
13	6	18	29	28	7	0	12	14	5	8	10	29	20	24	31	29	7	4	15	14	15	17	16	14
14	18	15	25	28	6	0	13	14	5	6	18	29	19	23	30	28	5	1	15	14	9	15	15	28
15	19	15	25	28	5	0	8	14	5	6	8	14	14	16	30	27	4	1	20	29	19	13	9	14
16	4	0	2	22	19	15	26	29	19	12	0	6	10	14	14	20	5	0	0	7	24	25	14	14
17	19	15	15	13	2	9	14	14	4	10	15	15	15	23	29	25	14	11	0	0	0	14	14	14
18	14	11	1	11	15	19	15	16	33	25	5	9	16	15	14	18	10	19	33	33	33	23	3	13
19	16	11	0	7	16	25	24	29	29	18	0	0	10	10	2	14	21	28	30	30	29	16	13	14
20	14	10	0	10	27	25	15	22	13	21	18	23	23	17	16	31	30	28	30	30	29	15	8	14
21	18	25	15	5	9	10	0	11	22	15	11	33	33	19	15	10	5	12	24	30	29	14	12	14
22	21	25	15	4	3	10	12	14	24	30	19	24	24	28	28	11	19	26	33	33	33	15	2	13
23	15	10	7	10	27	25	15	23	19	5	15	15	15	14	15	30	31	26	20	30	28	12	0	10
24	15	19	14	1	14	10	15	18	14	0	12	14	13	0	8	25	28	20	30	30	25	0	4	14
25	13	0	8	25	27	15	28	27	14	12	14	15	11	7	20	12	15	26	30	30	23	14	15	15
26	13	14	24	29	28	29	29	29	12	1	5	14	13	14	18	19	24	17	29	33	26	16	14	13
27	13	18	21	12	24	27	27	26	18	1	9	6	1	21	20	27	33	33	27	29	21	14	13	14
28	27	29	20	14	14	14	24	29	20	17	19	28	30	19	13	20	16	16	15	30	27	29	28	30
29	29	29	20	24	29	29	23	14	16	15	13	10	7	16	22	33	33	31	23	27	19	15	23	15
30	17	29	13	0	9	14	9	3	23	17	25	22	20	30	24	27	33	32	25	16	12	14	9	0

Tabla 9: consumo horario mes de septiembre.

11. MES DE OCTUBRE

Octubre 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	23	12	13	24	29	23	14	3	5	8	10	14	18	17	15	15	22	25	28	17	14	9	0
2	0	4	25	29	29	29	23	14	5	3	5	10	21	24	21	18	17	22	26	28	15	14	9	0
3	4	14	12	16	29	29	24	14	9	16	9	16	33	33	8	19	33	33	23	15	14	14	8	14
4	15	16	11	14	14	14	11	14	18	22	25	10	25	28	23	29	33	33	22	12	16	29	23	15
5	23	26	9	0	0	3	8	20	12	1	10	15	19	24	13	16	28	30	32	29	19	18	15	21
6	31	24	13	14	14	27	23	13	16	15	10	3	22	21	23	33	33	33	23	12	14	14	8	7
7	15	17	8	4	16	29	23	9	10	33	25	20	24	22	8	9	14	14	16	8	17	29	23	15
8	29	21	8	0	0	3	8	17	14	19	23	15	16	7	5	15	15	29	23	6	0	0	26	30
9	29	20	8	0	0	0	6	14	24	30	25	28	31	20	8	4	15	29	24	15	29	29	22	15
10	14	13	8	5	14	17	22	4	2	9	29	33	33	21	7	8	12	24	27	17	14	21	22	15
11	16	17	8	0	9	14	11	15	22	32	27	24	14	19	7	20	28	32	26	22	29	29	22	25
12	28	16	7	0	0	1	18	15	14	21	21	15	18	6	9	17	25	32	21	0	0	0	19	29
13	28	14	7	0	3	15	17	1	4	16	15	17	15	14	7	21	30	19	20	14	14	14	7	13
14	12	0	7	24	29	28	18	0	2	6	14	30	28	30	28	30	30	30	24	14	14	26	28	30
15	25	14	7	2	14	14	17	15	20	29	22	15	21	14	7	5	15	14	17	18	30	29	22	15
16	9	11	7	2	14	14	13	1	15	22	25	22	16	19	7	31	32	27	8	3	24	29	21	14
17	8	13	7	0	10	21	13	2	17	16	24	24	21	17	9	25	26	25	21	15	30	29	21	15
18	13	14	7	0	6	15	12	0	15	17	10	5	17	30	21	24	32	31	11	0	4	14	7	2
19	11	23	21	19	28	27	11	1	2	3	6	6	7	16	7	16	20	31	13	14	32	32	23	16
20	5	3	11	14	14	4	9	0	3	16	8	28	16	32	22	33	33	33	8	0	5	14	6	5
21	14	24	21	18	28	27	8	0	10	16	12	19	21	30	22	16	16	16	15	15	14	14	7	9
22	12	15	19	15	14	22	6	5	14	14	6	6	0	0	4	8	15	27	17	15	15	15	28	26
23	14	6	6	0	0	7	4	1	20	25	15	12	0	1	0	20	33	33	25	29	29	29	21	11
24	0	13	6	0	6	20	6	1	16	21	22	5	14	16	13	23	31	24	24	24	33	32	22	11
25	1	1	14	14	11	7	6	0	3	14	6	11	27	29	20	15	27	22	6	14	15	29	20	8
26	0	1	6	14	14	19	20	15	16	19	7	16	21	18	6	10	21	22	20	18	29	29	20	6
27	0	1	12	14	14	13	5	2	17	18	24	21	16	14	5	3	11	16	26	29	31	29	19	5
28	0	1	3	9	14	16	5	1	21	19	27	18	14	14	25	29	29	18	9	15	27	29	19	4
29	0	11	5	3	17	17	5	0	10	10	14	8	15	20	15	3	0	9	14	13	0	11	0	19
30	28	25	17	0	0	0	4	0	13	23	17	3	4	25	26	4	18	19	15	24	26	14	13	0
31	0	1	19	0	7	14	14	14	3	15	22	30	33	33	24	10	3	1	14	29	24	19	28	14

Tabla 10: consumo horario mes de octubre.

12. MES DE NOVIEMBRE

Noviembre 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	14	9	11	0	14	14	9	0	7	0	4	0	15	29	22	12	15	15	21	29	22	8	7	0
2	0	0	10	7	14	4	7	1	14	15	19	32	33	33	21	23	25	24	15	15	8	1	14	29
3	29	20	14	0	0	0	4	12	24	25	27	14	14	14	11	4	14	14	12	1	13	14	21	28
4	28	9	12	0	0	0	4	2	18	24	28	16	14	14	14	10	5	1	6	1	18	14	14	14
5	23	4	14	14	9	1	6	2	9	6	17	13	2	8	11	6	2	26	28	26	14	11	0	0
6	0	4	15	12	0	7	1	0	13	16	14	13	15	24	14	15	31	23	15	14	27	10	0	0
7	0	13	14	4	0	6	0	0	9	15	14	12	10	0	0	20	29	20	14	27	27	9	0	0
8	2	10	17	7	1	17	14	14	10	22	18	20	31	20	14	9	17	26	28	28	27	7	0	0
9	1	14	14	1	9	10	14	12	1	8	14	5	2	10	13	2	14	20	26	22	7	6	0	0
10	1	3	7	0	1	12	13	5	8	16	14	28	31	9	6	16	20	9	0	0	11	22	27	23
11	1	6	7	0	1	3	0	12	17	10	15	15	21	30	30	18	14	8	16	15	12	3	0	0
12	12	5	7	0	1	13	16	15	11	5	0	0	3	27	23	14	23	19	14	14	9	2	0	0
13	2	12	20	1	2	5	0	0	18	22	11	14	30	20	8	16	18	7	0	0	15	27	27	15
14	2	5	6	0	2	2	0	0	14	10	14	23	13	24	7	11	15	29	28	24	8	5	0	0
15	2	3	5	0	2	13	12	2	14	19	18	23	24	18	5	1	4	3	17	17	11	6	2	2
16	3	8	4	8	17	27	21	5	8	9	5	19	14	20	16	33	16	3	20	9	6	0	0	0
17	11	23	27	15	7	0	7	0	7	12	15	1	13	3	14	10	14	13	16	10	28	31	29	7
18	14	0	0	0	4	0	7	0	17	27	28	29	22	0	0	0	11	14	15	14	12	1	14	14
19	13	8	14	14	5	0	7	0	7	0	13	14	14	14	15	14	14	14	11	3	20	4	7	0
20	0	0	11	14	5	0	7	6	18	21	12	24	24	19	10	14	16	29	22	14	6	0	10	14
21	3	1	10	0	0	4	13	13	7	12	21	29	29	29	18	4	14	6	7	8	5	0	11	14
22	16	26	17	0	0	0	4	3	6	16	32	23	29	28	16	1	1	3	18	16	9	4	17	16
23	16	25	16	0	0	0	4	5	21	29	27	15	5	5	6	2	27	29	26	14	2	0	5	14
24	14	8	8	0	0	0	4	13	17	15	15	15	5	16	32	15	10	15	32	29	24	22	23	24
25	18	17	7	6	3	3	7	12	16	10	17	22	22	16	10	6	3	15	24	18	3	3	10	5
26	3	10	24	19	17	14	8	12	3	3	8	6	3	9	8	6	7	18	23	16	3	3	8	5
27	3	9	8	7	7	16	23	15	10	7	8	6	3	12	22	14	13	8	24	15	3	3	11	19
28	17	11	8	5	3	2	8	11	3	17	25	33	28	17	11	16	17	3	10	10	3	3	10	4
29	14	10	9	4	11	16	23	13	3	7	1	11	18	10	8	6	5	15	22	12	3	2	10	4
30	3	15	22	18	9	2	9	8	4	11	16	11	13	22	20	30	21	15	19	6	1	1	6	1

Tabla 11: consumo horario mes de noviembre.

13. MES DE DICIEMBRE

Diciembre 2017 (kWh)																								
	Hora																							
Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	3	5	6	1	0	1	9	4	1	11	12	11	8	14	14	14	1	26	26	16	13	13	13	13
2	17	16	13	13	13	23	26	15	23	25	19	19	17	26	26	27	27	27	25	14	13	13	13	13
3	18	14	13	13	13	13	18	13	12	12	12	13	19	26	26	27	27	26	25	13	13	13	12	13
4	9	0	12	11	0	0	17	8	2	2	1	12	19	26	27	33	33	16	23	13	13	13	13	13
5	19	13	9	9	13	4	12	10	11	12	22	17	25	8	7	11	10	15	14	4	13	10	13	14
6	10	0	4	0	0	0	10	0	0	0	12	27	21	3	6	7	14	14	11	0	0	0	3	0
7	6	9	8	0	4	14	11	0	3	11	12	15	8	0	0	25	30	25	13	14	14	14	13	13
8	13	13	9	11	13	13	9	0	0	2	8	7	15	28	22	14	13	15	23	27	27	26	21	12
9	5	0	3	12	14	26	12	11	12	20	26	23	7	12	8	0	5	20	12	12	14	27	19	3
10	3	0	11	13	13	16	11	0	0	0	10	14	3	0	3	0	14	14	12	13	13	13	14	13
11	0	6	0	0	0	0	0	0	6	14	19	23	22	6	0	11	10	17	13	13	16	12	8	0
12	3	0	0	0	14	14	12	0	5	9	17	16	27	18	14	24	27	23	16	13	8	0	6	0
13	4	0	0	0	10	0	0	0	4	5	7	0	17	14	14	14	10	6	15	15	10	2	7	1
14	5	1	1	3	17	15	15	4	7	4	8	1	12	14	13	25	13	1	14	14	18	14	5	0
15	3	0	0	3	7	0	0	0	16	29	22	25	31	19	14	20	14	6	5	5	8	7	12	16
16	19	7	0	4	12	13	13	13	10	5	3	1	11	14	14	14	5	0	0	0	3	5	1	2
17	7	0	0	6	4	9	13	23	16	15	2	1	5	1	0	8	18	16	27	16	8	7	1	1
18	4	0	0	7	4	0	0	0	5	8	4	19	27	14	14	26	10	12	13	13	7	6	0	0
19	4	0	0	9	17	14	7	8	8	7	1	1	21	18	14	29	21	9	14	10	4	6	0	0
20	4	0	0	7	3	0	0	0	5	5	15	15	7	0	0	1	4	10	15	15	17	8	0	0
21	3	0	0	11	19	27	20	13	7	7	1	1	5	1	0	14	18	8	28	25	6	6	0	1
22	3	0	0	7	2	9	13	13	18	7	1	3	5	12	14	7	16	11	0	1	2	0	0	1
23	12	13	13	13	6	0	0	2	26	15	19	24	23	18	13	12	3	14	13	13	8	13	14	11
24	2	0	3	5	2	0	0	2	7	5	1	13	19	27	27	16	5	0	0	2	6	3	26	27
25	12	0	5	4	2	0	0	2	7	2	0	2	4	21	26	14	5	0	0	2	13	1	2	16
26	15	3	6	3	1	11	13	13	11	12	17	18	7	15	15	13	13	11	2	2	12	27	27	26
27	4	0	0	0	0	5	10	13	2	11	14	4	13	14	23	28	27	29	20	6	3	1	5	1
28	7	0	4	0	4	14	12	0	2	33	30	21	11	6	3	12	11	28	16	4	24	28	23	3
29	7	0	4	0	0	0	21	27	17	16	11	2	8	14	18	11	13	13	16	13	13	12	16	26
30	19	13	9	0	0	1	17	14	9	9	17	3	10	29	27	17	15	14	18	15	13	13	9	2
31	4	0	10	14	12	3	7	0	1	1	4	4	17	27	22	4	0	3	7	0	0	0	3	4

Tabla 12: consumo horario mes de diciembre.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ANEXO II

DATOS DE RADIACIÓN Y TEMPERATURA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBTENCIÓN DE IRRADIANCIA MEDIA Y TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA.....	3
3. DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 14°	5
4. DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 30°	6

1. INTRODUCCIÓN

En este documento básico vamos a analizar cuáles son los valores de radiación y de temperatura para inclinaciones de 14° y 30° , estando estas referidas a la inclinación de la cubierta y a la inclinación óptima respectivamente.

Para ello tenemos la base de datos europea de PVGIS, que facilita los datos de irradiación global (G) y temperatura ambiente (T_a) para una determinada localización en tramos horarios de 15 minutos, de manera que podemos conocer unos valores medios por hora que nos sirven para el desarrollo de los cálculos del proyecto.

2. OBTENCIÓN DE IRRADIANCIA MEDIA Y TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA

Los datos que se muestran en la siguiente tabla han sido obtenidos para los siguientes parámetros característicos del lugar:

Parámetros	Valor
Longitud del lugar ($^\circ$)	$37^\circ 44' 59''$ Norte
Latitud del lugar ($^\circ$)	$3^\circ 54' 40''$ Oeste
Acimut ($^\circ$)	40
Inclinación ($^\circ$)	14

Tabla 1: parámetros obtención de G y T_a .

A partir de los valores que obtenemos de la base de datos tenemos que calcular los valores de irradiación media y de temperatura ambiente media. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo realizado para el mes de enero con una inclinación de 14° .

Enero 2017				
Hora	Irradiación global, G (W/m ²)	Irradiación media, G_m (W/m ²)	Temperatura ambiente, T_a (°C)	Temperatura ambiente media, T_{am} (°C)
4:52	0	0	3,2	3,2
5:07	0		3,2	
5:22	0		3,2	
5:37	0		3,2	
5:52	0		3,2	
6:07	0	0	3,3	3,375
6:22	0		3,3	
6:37	0		3,4	
6:52	0		3,5	
7:07	0	29,75	3,6	3,85
7:22	0		3,8	
7:37	41		3,9	
7:52	78		4,1	
8:07	109	157,25	4,3	4,65
8:22	141		4,5	

8:37	174		4,8	
8:52	205		5	
9:07	236	278,25	5,3	5,8
9:22	265		5,6	
9:37	293		6	
9:52	319		6,3	
10:07	344	375	6,7	7,25
10:22	366		7,1	
10:37	386		7,4	
10:52	404		7,8	
11:07	419	436,25	8,1	8,55
11:22	432		8,4	
11:37	443		8,7	
11:52	451		9	
12:07	456	457,5	9,3	9,575
12:22	459		9,5	
12:37	459		9,7	
12:52	456		9,8	
13:07	451	436	9,9	10,025
13:22	443		10	
13:37	432		10,1	
13:52	418		10,1	
14:07	401	369,5	10	9,925
14:22	382		10	
14:37	360		9,9	
14:52	335		9,8	
15:07	308	260,25	9,6	9,275
15:22	278		9,4	
15:37	245		9,2	
15:52	210		8,9	
16:07	172	94,25	8,7	8,25
16:22	124		8,4	
16:37	81		8,1	
16:52	0		7,8	
17:07	0	0	7,5	7,05
17:22	0		7,2	
17:37	0		6,9	
17:52	0		6,6	
18:07	0	0	6,3	6,2
18:22	0		6,1	
18:37	0		6,2	

Tabla 2: obtención de Gm y Tam.

3. DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 14°

La hora que nos proporciona PVGIS es hora solar, por lo tanto, si pasamos estos datos a hora legal y repetimos el proceso para cada mes del año tenemos las siguientes tablas.

Irradiación global media, G (w/m ²)												
	Mes											
Hora	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	26	0	25	33	25	7	0	0	0	0
8	10	48	129	67	100	108	92	57	30	0	25	9
9	126	192	296	188	248	282	274	222	142	83	146	107
10	250	335	444	339	410	474	485	430	321	238	280	236
11	354	454	561	477	557	651	685	630	496	395	393	342
12	425	535	640	586	674	795	849	796	641	523	470	414
13	456	572	677	659	754	895	962	910	741	611	505	446
14	446	561	669	694	792	942	1015	964	787	651	493	435
15	390	501	616	687	785	932	1003	951	774	641	434	379
16	292	393	514	637	732	865	925	870	702	576	328	279
17	147	241	367	543	633	743	785	727	573	459	175	130
18	0	48	178	408	491	575	594	531	395	295	15	0
19	0	0	12	240	318	374	371	304	188	88	0	0
20	0	0	0	62	135	170	152	88	20	0	0	0
21	0	0	0	0	9	21	13	0	0	0	0	0

Tabla 3: irradiación para acimut 40° SO e inclinación 14°.

Temperatura ambiente media, T _a (°C)												
	Mes											
Hora	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
6	3,2	2,2	4,3	7,6	10,8	14,9	18,5	18,7	14,6	10,9	5,9	3,1
7	3,3	2,4	4,7	8,3	11,6	15,8	19,2	19,4	15,1	11,5	6,2	3,4
8	3,7	3,2	6,1	9,9	13,5	17,7	21,3	21,4	16,9	13,1	7,3	4,0
9	4,4	4,3	7,9	12,0	15,9	20,1	23,9	24,0	19,1	15,1	8,6	5,1
10	5,5	5,6	9,7	13,9	17,9	22,1	26,2	26,4	21,2	16,9	10,1	6,5
11	6,9	6,8	11,1	15,2	19,2	23,5	27,8	28,0	22,6	18,2	11,3	8,1
12	8,3	7,9	12,2	16,0	20,1	24,5	28,9	29,1	23,6	19,2	12,4	9,7
13	9,4	8,9	13,0	16,6	20,7	25,1	29,7	29,8	24,4	19,9	13,2	10,9
14	10,0	9,6	13,5	17,1	21,2	25,6	30,4	30,5	25,0	20,4	13,6	11,5
15	10,0	9,9	13,7	17,4	21,5	26,0	30,9	30,9	25,4	20,5	13,6	11,5
16	9,5	9,4	13,4	17,2	21,5	26,1	31,0	31,0	25,1	20,0	13,0	10,9
17	8,5	8,4	12,6	16,7	21,1	25,8	30,7	30,6	24,3	18,8	12,0	9,9
18	7,4	7,1	11,6	15,8	20,4	25,2	30,0	29,7	23,1	17,2	10,7	8,5
19	6,3	5,9	10,4	14,7	19,3	24,0	28,8	28,4	21,9	16,0	9,6	7,3
20	-	-	-	-	18,6	23,2	28,0	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4: temperatura ambiente media para acimut 40° SO e inclinación 14°.

4. DATOS PARA ACIMUT 40° SO E INCLINACIÓN 30°

Cambiamos los parámetros necesarios para la obtención de los datos, aunque en este caso solo hay que cambiar la inclinación, ya que la localización y el acimut son el mismo.

Parámetros	Valor
Longitud del lugar (°)	37°44'59" Norte
Latitud del lugar (°)	3°54'40" Oeste
Acimut (°)	40
Inclinación (°)	30

Tabla 5: parámetros obtención de G y Ta.

Irradiación global media, G (w/m2)												
Hora	Mes											
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	16	0	16	23	16	4	0	0	0	0
8	7	28	74	47	72	66	53	42	19	0	14	5
9	81	120	191	99	117	108	94	80	65	47	92	69
10	218	281	361	217	255	273	271	246	193	149	241	209
11	349	431	512	374	423	474	495	469	387	325	383	342
12	453	549	629	513	572	657	700	676	569	488	496	448
13	518	626	705	622	690	803	866	842	715	617	568	514
14	539	652	736	694	769	899	974	951	809	700	591	536
15	510	624	715	722	801	937	1018	993	844	730	560	505
16	425	536	639	704	782	913	987	960	811	700	469	418
17	274	384	504	634	710	824	883	851	710	606	312	259
18	32	139	309	513	585	675	712	672	541	445	65	26
19	0	0	53	343	414	477	489	437	314	207	0	0
20	0	0	0	136	214	254	243	176	67	0	0	0
21	0	0	0	0	21	47	38	0	0	0	0	0

Tabla 6: irradiación para acimut 40° SO e inclinación 30°.

La tabla de temperatura ambiente media para la inclinación de 30° es la misma que para la inclinación de 14° (ver tabla 4).

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ANEXO III

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

INDICE

1. PRODUCTIVIDAD HORARIA	3
2. DATOS DE GENERACIÓN PARA LA POTENCIA ÓPTIMA	4
3. PRECIO MEDIO kWh GENERADO.....	6
4. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR	9
5. POSICIÓN DE MÓDULOS	11
6. CÁLCULO DE CONDUCTORES	15
6.1. Conductores CC	17
6.1.1. Conductores de rama	17
6.1.2. Conductores caja conexión CC-Inversor.....	18
6.2. Conductores AC.....	22
7. PROTECCIONES.....	24
7.1. Resistencia de aislamiento	24
7.2. Protección de sobreintensidad en CC	24
7.2.1. Conductores de rama	24
7.2.2. Conductores de caja de conexión-inversor	25

1. PRODUCTIVIDAD HORARIA

Para la determinación de la productividad horaria se parte de la ecuación siguiente:

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \quad (1)$$

Esta representa el valor del performance ratio, o lo que es lo mismo, el cociente entre la productividad final y la productividad de referencia que se tiene en la instalación. El valor de este suele oscilar entre 0,7 y 0,8 y vienen a representar el rendimiento que tiene la instalación cuando se le restan las pérdidas de funcionamiento de esta al trabajar en condiciones distintas de las estándar.

A partir de la página de PVGIS se pueden obtener los valores de PR para los diferentes meses del año, quedando estos reflejados en la siguiente tabla.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
PR	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,73	0,71	0,71	0,73	0,75	0,78	0,79

Tabla 1: PR para cada mes del año.

Las productividades que aparecen en la ecuación (1) se calculan:

$$Y_F = \frac{E_{AC}}{P_{maxG,STC}} \quad (2)$$

$$Y_R = \frac{H_i}{G_{STC}} \quad (3)$$

Si se sustituyen estas ecuaciones en dicha ecuación y se despeja el valor de E_{AC} se tiene el valor de la productividad de la energía que se genera en el lado de corriente alterna.

$$E_{AC} = PR * \frac{P_{maxG,STC} * H_i}{G_{STC}} \quad (4)$$

Siendo:

- PR: Performance ratio (factor de agrupación de las pérdidas de funcionamiento en condiciones no ideales).
- E_{AC} : Energía inyectada en la red para un tiempo determinado (kWh).
- G_{STC} : Radiación en condiciones estándar (1 kW/m²).
- H_i : Irradiación producida para una superficie y tiempo determinados (kWh/m²).
- $P_{maxG,STC}$: potencia pico del generador (kWp).

Como es conocido el valor de PR, G_{STC} y $P_{maxG,STC}$ vendrá dada en función de nuestro generador, solo queda por estudiar cómo se determina la irradiancia (H_i).

De PVGIS se obtienen los valores de radiación global para todo un día en tramos horarios de 15 min y para una inclinación y acimut determinados. Para analizar la producción de energía y tal y como se define en la ecuación (4) expuesta anteriormente,

se tendrá que trabajar con valores de irradiancia. Esta, se puede obtener a partir de la radiación global aplicando la integral de la radiación por el diferencial de tiempo.

$$H_i = \int G \times dt \quad (5)$$

Como la radiación que se conoce es en tramos de 15 min, para cada hora se tendrán 4 lecturas de radiación distintas. Ahora bien, si se consideran constantes los valores de radiación, la irradiancia se puede calcular mediante la expresión:

$$H_i = \sum G \times \Delta t = \sum_1^4 G \times 0,25h \quad (6)$$

Conocidas todas las variables que influyen en la ecuación (4) se puede conocer la producción de energía en el lado de corriente alterna.

2. DATOS DE GENERACIÓN PARA LA POTENCIA ÓPTIMA

Tal y como se indica en el punto 4.4 del documento básico Anexo IV “Potencia óptima de la instalación” la potencia óptima para la instalación de estudio es de aproximadamente 30 kWp.

En este apartado se analiza cual es la generación de la instalación para esta potencia pico instalada, conociendo así la generación de energía y pudiendo llevar a cabo los cálculos convenientes en el diseño de la instalación. Estos cálculos se han desarrollado para el acimut e inclinación indicados en el punto 10 del documento básico Memoria.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	G. media (W/m²)											
7:00/8:00	---	---	26	---	25	33	25	7	---	---	---	---
8:00/9:00	10	48	129	67	100	108	84	57	30	---	25	9
9:00/10:00	126	173	296	188	248	282	274	222	142	77	146	107
10:00/11:00	250	319	444	339	410	474	485	430	321	238	280	236
11:00/12:00	354	442	561	477	557	651	685	631	497	395	393	342
12:00/13:00	425	528	640	586	674	796	849	796	641	523	470	414
13:00/14:00	456	570	677	659	754	895	963	911	741	611	505	446
14:00/15:00	446	566	670	694	792	942	1015	964	787	651	493	435
15:00/16:00	391	512	616	687	785	932	1003	951	775	641	434	379
16:00/17:00	292	410	514	637	732	865	925	870	702	576	328	279
17:00/18:00	147	262	367	543	633	743	785	727	573	459	175	130
18:00/19:00	---	48	178	408	491	575	594	531	395	295	15	---
19:00/20:00	---	---	12	240	318	374	371	304	188	88	---	---
20:00/21:00	---	---	---	63	135	170	152	88	20	---	---	---
21:00/22:00	---	---	---	---	9	21	13	---	---	---	---	---
Total G. diaria (W/m²)	2894	3878	5128	5584	6662	7860	8222	7487	5809	4553	3263	2776

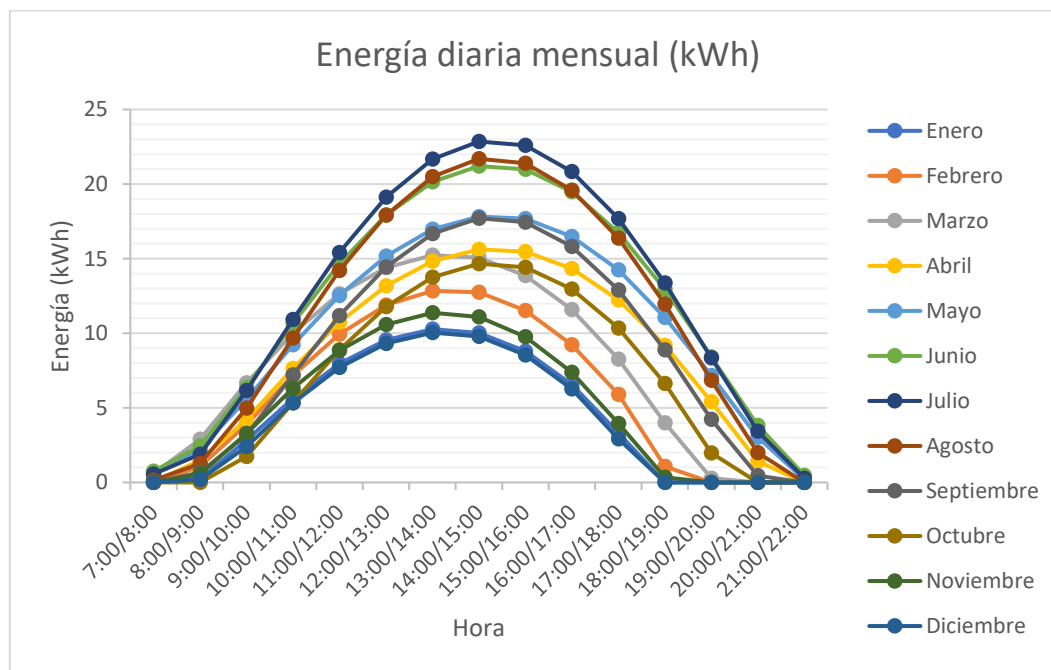
Tabla 2: Radiación para 1 kWp.

Con estos valores de radiación, tenemos una producción de energía:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía diaria salida del inversor (kWh)											
7:00/8:00	0	0	0,59	0	0,56	0,75	0,56	0,16	0	0	0	0
8:00/9:00	0,23	1,08	2,90	1,50	2,25	2,44	1,89	1,27	0,66	0	0,56	0,19
9:00/10:00	2,83	3,89	6,66	4,22	5,57	6,34	6,16	4,99	3,19	1,73	3,28	2,40
10:00/11:00	5,62	7,17	10,00	7,63	9,24	10,66	10,92	9,69	7,22	5,35	6,31	5,32
11:00/12:00	7,96	9,94	12,63	10,73	12,54	14,66	15,42	14,20	11,18	8,89	8,85	7,70
12:00/13:00	9,56	11,89	14,40	13,18	15,18	17,91	19,11	17,93	14,43	11,78	10,58	9,32
13:00/14:00	10,27	12,84	15,23	14,83	16,98	20,14	21,67	20,50	16,68	13,76	11,37	10,04
14:00/15:00	10,03	12,74	15,07	15,62	17,82	21,20	22,85	21,69	17,71	14,66	11,10	9,79
15:00/16:00	8,79	11,53	13,86	15,47	17,67	20,99	22,59	21,40	17,44	14,42	9,77	8,53
16:00/17:00	6,56	9,23	11,58	14,33	16,48	19,48	20,83	19,59	15,81	12,97	7,37	6,27
17:00/18:00	3,30	5,91	8,26	12,23	14,25	16,73	17,67	16,37	12,90	10,34	3,95	2,93
18:00/19:00	0	1,08	4,00	9,17	11,05	12,93	13,37	11,95	8,89	6,63	0,34	0
19:00/20:00	0	0	0,27	5,41	7,16	8,41	8,35	6,84	4,23	1,97	0	0
20:00/21:00	0	0	0	1,41	3,03	3,83	3,43	1,99	0,45	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	0,20	0,47	0,29	0	0	0	0	0
Total E. diaria (kWh)	65,16	87,30	115,45	125,72	149,98	176,96	185,10	168,56	130,78	102,50	73,47	62,49

Tabla 3: Energía diaria de salida para 30 kWp.

Si se representan estos valores de energía se obtiene la representación gráfica de la tendencia que sigue la generación de la energía para un día en cada uno de los meses.



Gráfica 1: Producción energía horaria por mes.

Observando la gráfica anterior, se puede ver como los meses de mayor y menor producción de energía son los meses de julio y diciembre respectivamente.

3. PRECIO MEDIO kWh GENERADO

Conocidos los consumos horarios de la industria y la generación de la instalación fotovoltaica que se proyecta en el presente documento, se puede determinar el precio medio del kWh generado mediante la evaluación de los ingresos, ya sean procedentes del autoconsumo o por la inyección de energía eléctrica en la red.

A continuación, se puede observar la tabla donde aparecen los datos de consumo, generación, inyección a red y autoconsumo para cada uno de los meses.

Mes	Cons (kWh)	Gen (kWh)	Red (kWh)	Autocons (kWh)
Enero	6239	2020	51	1969
Febrero	6145	2444	157	2287
Marzo	7446	3579	153	3426
Abril	6910	3772	451	3321
Mayo	9235	4649	482	4167
Junio	9181	5309	979	4330
Julio	15937	5738	0	5738
Agosto	17313	5225	39	5186
Septiembre	12877	3923	0	3923
Octubre	11619	3177	38	3139
Noviembre	8249	2204	0	2204
Diciembre	7543	1937	0	1937

Tabla 4: Consumo, generación, inyección a red y autoconsumo mensuales.

Ahora bien, como la empresa trabaja con la tarifa 3.0 A, a la hora de calcular los ingresos se tendrán que hacer distinciones en el autoconsumo, ya que dependiendo del periodo tarifario en el que se esté auto consumiendo la energía se tendrá un precio u otro. En la siguiente tabla queda reflejado consumo, inyección a red, generación y autoconsumo, distinguiendo en estos dos últimos para cada periodo tarifario.

Mes	Cons (kWh)	Gen P1(kWh)	Gen P2(kWh)	Gen P3(kWh)	AutoC P1 (kWh)	AutoC P2 (kWh)	AutoC P3 (kWh)	Red (kWh)
Enero	6239	0	2020	0	0	1969	0	51
Febrero	6145	30	2414	0	30	2257	0	157
Marzo	7446	132	3428	18	132	3275	18	153
Abril	6910	1631	2141	0	1289	2032	0	451
Mayo	9235	1938	2694	17	1509	2641	17	482
Junio	9181	2218	3069	22	1703	2605	22	979
Julio	15937	2450	3270	17	2450	3270	17	0
Agosto	17313	2304	2917	5	2264	2917	5	39
Septiembre	12877	1800	2124	0	1800	2124	0	0
Octubre	11619	1522	1656	0	1483	1656	0	38
Noviembre	8249	10	2194	0	10	2194	0	0
Diciembre	7543	0	1937	0	0	1937	0	0

Tabla 5: Consumo, inyección a red, autoconsumo y generación mensuales distribuidos en los distintos periodos tarifarios.

Una vez se conocen autoconsumo en cada periodo tarifario e inyección a red se puede calcular los ingresos que se tienen y por lo tanto el precio medio del kWh generado. Para ello, se han de tener en cuenta los precios indicados en el punto 9 del documento básico Memoria.

Mes	Gen (kWh)	AutoC P1 (kWh)	AutoC P2 (kWh)	AutoC P3 (kWh)	Ing P1 (€)	Ing P2 (€)	Ing P3 (€)	Red (kWh)	Ing Red (€)	Ing Total (€)	Precio medio (€/kWh)
Enero	2020	0	1969	0	0,00	190,80	0,00	51	2,53	193,33	0,0957
Febrero	2444	30	2257	0	3,45	218,65	0,00	157	7,87	229,97	0,0941
Marzo	3579	132	3275	18	15,17	317,28	1,28	153	7,66	341,40	0,0954
Abril	3772	1289	2032	0	147,64	196,90	0,00	451	22,54	367,08	0,0973
Mayo	4649	1509	2641	17	172,91	255,84	1,21	482	24,11	454,07	0,0977
Junio	5309	1703	2605	22	195,06	252,37	1,57	979	48,95	497,95	0,0938
Julio	5738	2450	3270	17	280,75	316,85	1,21	0	0,00	598,81	0,1044
Agosto	5225	2264	2917	5	259,44	282,59	0,34	39	1,97	544,34	0,1042
Septiembre	3923	1800	2124	0	206,21	205,76	0,00	0	0,00	411,96	0,1050
Octubre	3177	1483	1656	0	169,95	160,41	0,00	38	1,92	332,29	0,1046
Noviembre	2204	10	2194	0	1,18	212,55	0,00	0	0,00	213,73	0,0970
Diciembre	1937	0	1937	0	0,00	187,68	0,00	0	0,00	187,68	0,0969
Anual	43978	12671	28876	80	1452	2798	6	2351	118	4373	0,0988

Tabla 6: Precio medio sin cargos.

El precio medio de la tabla anterior ha sido calculado sin tener en cuenta los cargos establecidos en el RD 900/2015, por lo que habrá que calcularlos para el supuesto en el que dicho RD se aplique.

En esta instalación al carecer de almacenamiento, generación no gestionable, y de acuerdo con el anexo I del RD 900/2015, la potencia aplicación de cargos es cero y por tanto no existen cargos fijos. Los cargos variables se recogen en la siguiente tabla.

Mes	AutoC P1 (kWh)	AutoC P2 (kWh)	AutoC P3 (kWh)	Cost AutoC P1 (€)	Cost AutoC P2 (€)	Cost AutoC P3 (€)	Coste total (€)
Enero	0	1969	0	0	38	0	38
Febrero	30	2257	0	1	44	0	45
Marzo	132	3275	18	4	63	0	67
Abril	1289	2032	0	38	39	0	77
Mayo	1509	2641	17	44	51	0	96
Junio	1703	2605	22	50	50	0	101
Julio	2450	3270	17	72	63	0	135
Agosto	2264	2917	5	67	56	0	123
Septiembre	1800	2124	0	53	41	0	94
Octubre	1483	1656	0	44	32	0	76
Noviembre	10	2194	0	0	42	0	43
Diciembre	0	1937	0	0	37	0	37
Anual	12671	28876	80	373	558	1	932

Tabla 7: Costes aplicables según RD 900/2015.

Una vez calculados los costes, se pueden conocer los ingresos que se tienen y por lo tanto el precio medio.

Mes	Ing Total sin cargos (€)	Coste total (€)	Ingreso neto (€)	Gen (kWh)	Precio medio (€/kWh)
Enero	193	38	155	2020	0,0769
Febrero	230	45	185	2444	0,0759
Marzo	341	67	274	3579	0,0766
Abril	367	77	290	3772	0,0769
Mayo	454	96	358	4649	0,0771
Junio	498	101	397	5309	0,0748
Julio	599	135	463	5738	0,0807
Agosto	544	123	421	5225	0,0806
Septiembre	412	94	318	3923	0,0810
Octubre	332	76	257	3177	0,0808
Noviembre	214	43	171	2204	0,0776
Diciembre	188	37	150	1937	0,0776
Anual	4373	932	3441	43978	0,0782

Tabla 8: Precio medio con cargos.

4. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR

Según el estudio realizado en el anexo IV la potencia óptima de la instalación se encuentra alrededor de los 30 kWp, por tanto, la potencia a instalar deberá rondar este valor sin sobrepasar los límites indicados en las restricciones legales (ver punto 3 de este mismo anexo).

Como la potencia máxima será de 30 kWp y la potencia de los módulos a instalar es de 275 Wp se podrán instalar un total de:

$$N_{mt} = \frac{30000 \text{ Wp}}{275 \text{ Wp}} = 109,09 \rightarrow 109 \text{ módulos}$$

Esto significa, que como máximo, se podrán instalar 109 módulos para no sobrepasar los 30 kWp. Se tiene que determinar ahora la configuración que tendrán dichos módulos, tanto en serie como en paralelo. Para ello, se ha de tener claro cuál será la configuración de inversor elegida para la conversión de energía, que en este caso será de dos inversores de 15 kW con los siguientes valores límite.

Parámetros	Valores
Tensión mínima punto de máxima potencia, $V_{mpp,min}$ (V)	240
Tensión máxima punto de máxima potencia, $V_{mpp,max}$ (V)	800
Intensidad máxima punto de máxima potencia, $I_{mpp,max}$ (A)	33
Intensidad máxima de cortocircuito, $I_{sc,max}$ (A)	33
Máxima tensión de entrada DC (V)	1000

Tabla 9: Valores límite del inversor.

Para el buen funcionamiento de la instalación no se deberán de superar en ningún caso estos valores límite de tensión en intensidad, por lo que para determinar el número máximo de módulos en serie y paralelo se deberán de utilizar los valores límites del inversor.

En condiciones estándar se tienen que los valores de tensión e intensidad del módulo son los indicados a continuación:

Parámetro	Valor
Tensión punto de máxima potencia, V_{mpp} (V)	31,2
Intensidad punto de máxima potencia, I_{mpp} (A)	8,82
Tensión en circuito abierto, V_{oc} (V)	38,7
Intensidad de cortocircuito, I_{sc} (A)	9,26
Coeficiente de reducción de tensión (% / °C)	-0,31

Tabla 10: Valores característicos del módulo.

$$N_{min,ms} = \frac{V_{mpp,min}}{V_{mpp}} = \frac{240}{31,20} = 7,69 \text{ módulos} \rightarrow 8 \text{ módulos}$$

$$N_{max,ms} = \frac{V_{mpp,max}}{V_{mpp}} = \frac{800}{31,20} = 25,64 \text{ módulos} \rightarrow 25 \text{ módulos}$$

El número de módulos en serie para las condiciones estándar deberá de estar entre 8 y 25, número que vendrá determinado según el número de ramas en paralelo de cada inversor. Ahora bien, las condiciones de funcionamiento del generador se encontrarán alejadas de las condiciones estándar de funcionamiento, condiciones que son muy difíciles de conseguir por la variabilidad del clima ambiental. Por lo tanto, se han de calcular los valores límites de tensión que se producirán en el generador y ver que se encuentran dentro de los límites que soportan los inversores. Estos límites se calcularán para -10°C y 50°C , valores de temperaturas extremas en la zona donde se prevé desarrollar la instalación.

La variación de tensión se calculará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_{oc,mod} = V_{oc,modSTC} + V_{oc,modSTC} * \left(\frac{CoefV}{100} \right) * \Delta T \quad (7)$$

Siendo el CoefV el coeficiente de reducción de tensión reflejado en la tabla 10. Aplicando la ecuación para -10°C y 50°C se tiene:

$$V_{oc,-10^{\circ}\text{C}} = 38,7\text{ V} + 38,7\text{ V} * \left(\frac{-0,31}{100} \right) \% * ((-10) - 25)^{\circ}\text{C} = 42,90\text{ V}$$

$$V_{oc,+50^{\circ}\text{C}} = 38,7\text{ V} + 38,7\text{ V} * \left(\frac{-0,31}{100} \right) \% * (50 - 25)^{\circ}\text{C} = 35,70\text{ V}$$

Según estas temperaturas, calculamos el número máximo y mínimo de módulos que se pueden disponer en serie.

$$N_{min,ms} = \frac{V_{mpp,min}}{V_{mpp}} = \frac{240\text{ V}}{35,70\text{ V}} = 6,72\text{ módulos} \rightarrow 7\text{ módulos}$$

$$N_{max,ms} = \frac{V_{mpp,max}}{V_{mpp}} = \frac{800\text{ V}}{42,90\text{ V}} = 18,68\text{ módulos} \rightarrow 18\text{ módulos}$$

El número máximo de ramas en paralelo que se pueden disponer por cada inversor será el menor de:

$$N_{max,mp} = \frac{I_{mpp,max}}{I_{mpp}} = \frac{33\text{ A}}{8,82\text{ A}} = 3,74 \rightarrow 3\text{ ramas}$$

$$N_{max,mp} = \frac{I_{sc,max}}{I_{sc}} = \frac{33\text{ A}}{9,26\text{ A}} = 3,56 \rightarrow 3\text{ ramas}$$

Si elegimos el $N_{max,ms}$ como el número de módulos en serie y de acuerdo con el número de módulos totales se tendrán en paralelo.

$$N_{mp} = \frac{N_{mt}}{N_{ms}} = \frac{109}{18} = 6,05 \rightarrow 6\text{ ramas paralelo}$$

Que al tener 2 inversores se podrán disponer en 3 ramas en cada uno de ellos, quedando así dentro de los límites establecidos por intensidad. Por lo tanto, la configuración elegida para nuestro generador es la división en dos subgeneradores de 3 ramas de 18 módulos en serie cada una de ellas, estando conectado cada subgenerador a un inversor de 15 kW. De acuerdo con esta configuración se tendrá un total de 108 módulos, haciendo un total de 29,7 kWp instalados.

Una vez elegida la configuración del generador, se ha de comprobar que los valores de tensión quedarán dentro de los límites que soporta el inversor, expresados en la tabla 9.

$$V_{oc,-10^{\circ}\text{C rama}} = V_{oc,-10} * 18 = 42,90 \text{ V} * 18 = 772,2 \text{ V} < 800 \text{ V}$$

$$V_{oc,+50^{\circ}\text{C rama}} = V_{oc,+50} * 18 = 35,70 \text{ V} * 18 = 642,6 \text{ V} > 240 \text{ V}$$

Como se puede ver, los valores de tensión obtenidos están dentro de los límites del inversor.

5. POSICIÓN DE MÓDULOS

Este punto se van a tratar las diferentes posibilidades existentes para la colocación de los módulos fotovoltaicos, valorando cada una de ellas y viendo cual resulta más ventajosa para el desarrollo de la instalación.

En un principio se barajan tres posibilidades.

- Disposición de los módulos con acimut 0 e inclinación de 25° aproximadamente.
- Acimut 40° (SO) e inclinación 30°, siendo esta la inclinación óptima.
- Acimut 40° (SO) e inclinación 14°, siendo esta la inclinación de la cubierta.

Para el primer caso se obtendría el mayor aprovechamiento de radiación y por lo tanto es con el que mayor energía eléctrica se podría obtener. Sin embargo, la disposición de los módulos en esta posición daría lugar a una gran pérdida de superficie útil debido a las sombras que se producirían y además de esto, se transmitiría una gran cantidad de esfuerzos a la estructura de la nave industrial como consecuencia de las soportes y contrapesos necesarios para su instalación, que se agravaría en caso de soplar vientos. Por lo tanto, este método de instalación queda totalmente descartado.

Si, a partir de los datos de radiación para ambas inclinaciones, se realiza el estudio de la producción de energía para los dos métodos restantes, se podrá determinar cuál es la posición que nos permite una mayor generación de energía. Para ello, se realiza una comparativa suponiendo que se tiene instalada una potencia de 1 kWp.

En primer lugar, se calcula la radiación global media diaria a partir de los datos obtenidos de PVGIS para una inclinación de 30°, correspondiente esta con la inclinación óptima.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	G. media diaria (W/m²)											
7:00/8:00	---	---	24	---	23	31	23	7	---	---	---	---
8:00/9:00	10	37	91	61	84	75	61	53	29	---	19	8
9:00/10:00	113	139	234	118	139	136	122	104	83	62	127	100
10:00/11:00	252	301	401	257	298	324	327	301	241	193	278	244
11:00/12:00	378	448	545	411	463	522	549	523	435	368	414	372
12:00/13:00	473	562	652	544	605	697	747	722	610	524	518	468
13:00/14:00	528	633	717	644	714	832	899	876	744	643	578	524
14:00/15:00	537	653	735	705	781	914	991	969	824	713	588	533
15:00/16:00	494	617	702	722	801	937	1018	992	842	728	543	489
16:00/17:00	395	521	611	691	769	897	967	940	793	682	436	387
17:00/18:00	221	361	462	609	684	793	847	813	674	572	258	202
18:00/19:00	---	75	245	474	547	630	661	618	489	394	24	---
19:00/20:00	---	---	18	295	366	423	428	373	251	129	---	---
20:00/21:00	---	---	---	82	162	199	185	116	29	---	---	---
21:00/22:00	---	---	---	---	11	26	15	---	---	---	---	---
Total G. diaria (W/m²)	3399	4347	5437	5612	6444	7434	7838	7405	6041	5007	3783	3327

Tabla 11: Radiación media diaria por horas para acimut 40° SO e inclinación 30°.

Una vez se conoce el valor de radiación diaria, se puede calcular el valor mensual obtenido.

Mes	G. Diaria (W/m²)	G. Mensual (W/m²)	G. Mensual (kW/m²)
Enero	3399,25	105376,75	105,37
Febrero	4346,67	121706,67	121,71
Marzo	5436,75	168539,25	168,54
Abril	5611,50	168345,00	168,35
Mayo	6443,50	199748,50	199,75
Junio	7434,25	223027,50	223,03
Julio	7838,25	242985,75	242,99
Agosto	7404,50	229539,50	229,54
Septiembre	6041,00	181230,00	181,23
Octubre	5007,00	155217,00	155,22
Noviembre	3783,25	113497,50	113,50
Diciembre	3327,25	103144,75	103,14
Total	---	2012358,17	2012,36

Tabla 12: Radiación media diaria y mensual para acimut 40° SO e inclinación 30°. Total anual.

Como los valores de radiación son dados por m² y los cálculos se van a realizar para 1 kWp de potencia se tendrá que ver con cuantos módulos se consigue dicha potencia y la superficie que estos ocupan para poder así analizar la producción de energía.

$$n^{\circ} \text{ módulos/kWp} = \frac{1000 \text{ Wp}}{275 \text{ Wp/mod}} = 3,636 \text{ módulos}$$

Dadas las dimensiones del módulo (largo: 1,65 m y ancho: 0,994 m) se tiene una superficie de módulo igual a:

$$S_{mod} = a_m * h_m = 0,994 \text{ m} * 1,65 \text{ m} = 1,64 \text{ m}^2$$

Por lo que la superficie para 1 kWp es de:

$$S/kWp = 3,636 \text{ módulos} * 1,64 \frac{\text{m}^2}{\text{módulo}} = 5,963 \text{ m}^2 /kWp$$

Teniendo en cuenta el PR y la eficiencia del módulo, se puede decir que el rendimiento en la transformación de energía es:

$$\eta_t = PR * \eta_m = 0,749 * 0,168 = 0,1258 \rightarrow 12,58 \%$$

Conocido el rendimiento total del proceso, la radiación total incidente en 1 m² y el número de módulos necesario para instalar 1 kWp, se tiene que la producción anual de energía es:

$$E_{ca} = \eta_t * G_m * n^o \text{ módulos} = 0,1258 * 2012,36 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} * 5,963 \frac{\text{m}^2}{\text{kWp}} = 1509,56 \text{ kWh}$$

Si se repiten los cálculos para los datos de radiación de 14° se obtiene la producción de energía para dicha inclinación y se podrá ver cuál de los dos métodos de instalación permite obtener mayor energía.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	G. media (W/m ²)											
7:00/8:00	---	---	26	---	25	33	25	7	---	---	---	---
8:00/9:00	10	48	129	67	100	108	84	57	30	---	25	9
9:00/10:00	126	173	296	188	248	282	274	222	142	77	146	107
10:00/11:00	250	319	444	339	410	474	485	430	321	238	280	236
11:00/12:00	354	442	561	477	557	651	685	631	497	395	393	342
12:00/13:00	425	528	640	586	674	796	849	796	641	523	470	414
13:00/14:00	456	570	677	659	754	895	963	911	741	611	505	446
14:00/15:00	446	566	670	694	792	942	1015	964	787	651	493	435
15:00/16:00	391	512	616	687	785	932	1003	951	775	641	434	379
16:00/17:00	292	410	514	637	732	865	925	870	702	576	328	279
17:00/18:00	147	262	367	543	633	743	785	727	573	459	175	130
18:00/19:00	---	48	178	408	491	575	594	531	395	295	15	---
19:00/20:00	---	---	12	240	318	374	371	304	188	88	---	---
20:00/21:00	---	---	---	63	135	170	152	88	20	---	---	---
21:00/22:00	---	---	---	---	9	21	13	---	---	---	---	---
Total G. diaria (W/m ²)	2894	3878	5128	5584	6662	7860	8222	7487	5809	4553	3263	2776

Tabla 13: Radiación media diaria por horas para acimut 40° SO e inclinación 14°.

Mes	G. Diaria (W/m ²)	G. Mensual (W/m ²)	G. Mensual (kW/m ²)
Enero	2894,25	89721,75	89,72
Febrero	3877,50	108570,00	108,57
Marzo	5127,75	158960,25	158,96
Abril	5584,25	167527,50	167,53
Mayo	6661,50	206506,50	206,51
Junio	7860,00	235800,00	235,80
Julio	8221,50	254866,50	254,87
Agosto	7487,00	232097,00	232,10
Septiembre	5809,00	174270,00	174,27
Octubre	4552,75	141135,25	141,14
Noviembre	3263,25	97897,50	97,90
Diciembre	2775,50	86040,50	86,04
Total anual	---	1953392,75	1953,39

Tabla 14: Radiación media diaria y mensual para acimut 40° SO e inclinación 14°. Total anual.

$$E_{ca} = \eta_t * G_m * n^{\circ} \text{ módulos} = 0,1258 * 1953,39 \frac{kW}{m^2} * 5,963 \frac{m^2}{kWp} = 1465,33 kWh$$

Como se puede observar, la diferencia anual en cuanto a producción de energía es prácticamente despreciable, ya que solo hay una diferencia de unos 45 kWh. Aun así, si fuese el único parámetro a tener en cuenta se elegiría la inclinación de 30°. Sin embargo, al igual que ocurría con el primer caso, para la disposición de los módulos con 30° grados de inclinación se deberán de instalar unos soportes con una inclinación diferente a la de la cubierta, por lo que se transmitirán unos esfuerzos de viento muy elevados a la estructura de la nave. Esto no ocurre para el caso de la instalación con 14°, ya que en este caso la instalación se realiza sobre la cubierta mediante unos soportes especiales para ello que hace que los esfuerzos de viento que se transmiten a la estructura sean nulos respecto a los que ya en su día fue diseñada la cubierta.

Por otro lado, estos soportes son menos costosos que los rieles con inclinación, al igual que más sencillos de instalar y por lo tanto se abarata la mano de obra durante la instalación.

Por tanto, la posición en la que se instalarán los módulos será la de 40° de acimut y 14° de inclinación (coincidente con la cubierta) ya que, aunque la producción de energía sea ligeramente inferior a la de la inclinación óptima, permite una instalación más económica y mucho más sencilla técnicamente.

6. CÁLCULO DE CONDUCTORES

Para el cálculo de la sección de los conductores se procederá mediante la aplicación del criterio térmico y de caída de tensión y posteriormente se comprobará mediante la densidad de corriente correspondiente al conductor elegido. El procedimiento en sí es el mismo tanto para corriente continua como para corriente alterna, solo que cambian los parámetros de estas.

Según lo establecido en el punto 5 de la ITC BT-40 “Instalaciones generadoras de baja tensión” los conductores se deberán dimensionar teniendo en cuenta:

- Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.
- La caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior no será superior al 1,5% para la intensidad nominal.

Criterio térmico

Se calcula la intensidad que circulará por el conductor en cuestión y una vez conocida esta se elige una sección cuya intensidad máxima admisible sea superior a la que circula por este.

$$S(mm^2) \rightarrow I_{cond} \leq I_{max,ad} \quad (8)$$

I_{cond} : intensidad que circula por el conductor.

$I_{max,ad}$: intensidad máxima admisible para una determinada sección.

Caída de tensión

Conocido el valor de la caída de tensión disponible (1,5% de la tensión total) así como la longitud del conductor, conductividad Cu o Al dependiendo del material que sea y la intensidad que circula por dicho conductor, se calcula el valor de la sección necesaria para no superar la caída de tensión permitida.

Dependiendo del tipo de corriente que se tenga se aplicará una u otra fórmula.

- Corriente continua:

$$S = \frac{2 * L * I_{B,\Delta U}}{\sigma * \Delta V_{disp}} (mm^2) \quad (9)$$

- Alterna monofásica:

$$S = \frac{2 * L * I_{B,\Delta U} * \cos\varphi}{\sigma * \Delta V_{disp}} (mm^2) \quad (10)$$

- Alterna trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I_{B,\Delta U} * \cos\varphi}{\sigma * \Delta V_{disp}} (mm^2) \quad (11)$$

Una vez conocido el valor de la sección necesario, para no sobrepasar la caída de tensión permitida, se ajusta a la sección normalizada superior y se calcula la caída de tensión que se tiene con esta sección, comprobando que es inferior a la disponible (ΔV_{disp}). Si no lo es, se procede a elegir la sección normalizada superior.

- Corriente continua:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I_{B,\Delta U}}{\sigma * S} (V) \quad (12)$$

- Alterna monofásica:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I_{B,\Delta U} * \cos\varphi}{\sigma * S} (V) \quad (13)$$

- Alterna trifásica:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * L * I_{B,\Delta U} * \cos\varphi}{\sigma * S} (V) \quad (14)$$

La caída de tensión disponible para el siguiente tramo vendrá definida por:

$$\Delta V_{disp,2} = \Delta V_{disp,1} - \Delta V \quad (15)$$

Siendo:

$\Delta V_{disp,1}$: Caída de tensión disponible en total.

$\Delta V_{disp,2}$: Caída de tensión disponible para el tramo 2.

La sección elegida será la mayor entre el criterio térmico y el de caída de tensión.

Densidad de corriente.

Finalmente, se comprueba que la intensidad que circula por el conductor es inferior que la intensidad máxima admisible para la sección elegida.

$$S(mm^2) \rightarrow I_{cond} \leq I_{max,ad} \quad (16)$$

6.1. Conductores CC

6.1.1. Conductores de rama

Estos conductores irán instalados sobre superficie con una temperatura ambiente máxima de y una temperatura del conductor de 60 °C y 120 °C respectivamente.

Criterio térmico

Comenzamos viendo el valor de la intensidad que circula por dicho conductor. Según la comprobación realizada en el punto 7.2 de este mismo documento básico, los conductores de rama tendrán una protección frente sobreintensidades realizada con un magnetotérmico, por lo que la intensidad de diseño es de:

$$I_{b_{Iz}} (A) = 1,25 * I_{sc} = 1,25 * 9,26 A = 11,58 A$$

En la siguiente tabla se pueden ver las intensidades máximas admisibles para cada una de las secciones normalizadas con distintos tipos de instalación.

Sección	Tipo de instalación		
	Al aire 60 °C	Sobre superficie	Adyacente a superficies
mm ²	A	A	A
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176

Tabla 15: Intensidad máxima admisible para distintas secciones y tipos de instalación.

De acuerdo con el tipo de instalación para los conductores de rama y según los valores establecidos en la tabla 15 la sección necesaria será de 1,5 mm².

$$I_{b_{Iz}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 11,58 A \leq 29 A$$

Caída de tensión

Al tener dos subgeneradores se tendrá que realizar el cálculo para cada uno de ellos. Dicho cálculo se realiza teniendo en cuenta la mayor longitud, que será la correspondiente con el caso más desfavorable.

Las distancias de los conductores de rama para cada subgenerador son:

Subgenerador 1		Subgenerador 2	
Rama 1 (m)	25	Rama 4 (m)	25
Rama 2 (m)	20	Rama 5 (m)	20
Rama 3 (m)	25	Rama 6 (m)	25

Tabla 16: Distancia de los conductores de rama a la caja de conexión.

Como se puede ver, la distancia más desfavorable para cada uno de los subgeneradores es de 25 m, y como las ramas de cada uno de ellos están formadas por el mismo número de módulos, circulará por ellos la misma intensidad y se producirá la misma caída de tensión, teniendo que realizar el cálculo solo una vez para conocer las secciones de los conductores de rama para cada uno de los subgeneradores.

De acuerdo con la fórmula de aplicación para corriente continua se tiene que conocer la máxima caída de tensión permitida, intensidad en el punto de trabajo, longitud del conductor y la conductividad del conductor (en este caso cobre).

Tensión módulo, V_{mod} (V)	31,2
Tensión rama, V_{rama} (V)	561,6
Caída de tensión disponible, ΔV_{disp} (V)	8,42
Conductividad Cu (σ)	56
Intensidad, $I_{B,\Delta V}$ (A)	8,82

Tabla 17: Parámetros para el cálculo de la caída de tensión.

$$S = \frac{2 * 25 \text{ m} * 8,82 \text{ A}}{56 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} * \text{mm}^2} * 8,42 \text{ V}} = 0,94 \rightarrow \mathbf{1,5 \text{ mm}^2}$$

Tanto para el criterio de térmico como para la caída de tensión la sección obtenida es de 1,5 mm². Sin embargo, para la mejora de la resistencia mecánica del conductor, la sección más adecuada para los conductores de rama es de 4 mm² de sección.

La caída de tensión que se produce con esta sección es:

$$\Delta V = \frac{2 * 25 \text{ m} * 8,82 \text{ A}}{56 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} * \text{mm}^2} * 4 \text{ mm}^2} = 1,97 \text{ V}$$

Por lo que la caída de tensión disponible en la caja de conexión será de:

$$\Delta V_{disp,2} = 8,42 \text{ V} - 1,97 \text{ V} = \mathbf{6,45 \text{ V}}$$

De acuerdo con esto, se realiza la comprobación por densidad de corriente.

Densidad de corriente

$$I_{bIz} \leq I_{max,ad} \rightarrow 11,58 \text{ A} \leq 52 \text{ A}$$

Finalmente, como la comprobación es correcta, el conductor elegido es de **4 mm² de sección**.

6.1.2. Conductores caja conexión CC-Inversor

Estos conductores irán instalados a lo largo de su recorrido de tres formas distintas, siendo estas:

- Bandeja perforada: Se instalarán dos bandejas dispuestas una encima de la otra y separadas por una distancia de 30 cm. En cada una de ellas se instalarán los

conductores de la misma polaridad de los distintos subgeneradores, de manera que queden separados los conductores de distinta polaridad.

- Interior de tubos: Tubos unipolares instalados sobre la pared, de manera que quedarán 4 tubos en paralelo, garantizado la separación entre conductores de distinta polaridad.
- Zanja: Instalados en tubos directamente enterrados en zanja de 1 m de profundidad y 0,4 m de ancho.

Para el cálculo de la sección de estos conductores y con el objetivo de simplificar los cálculos, estando en cualquier caso a favor de la seguridad, se considerará la longitud total del tramo para el cálculo de cada uno de los casos. Dicha longitud será de un valor aproximado de 42 m.

De acuerdo con el tipo de instalación para dichos conductores y según lo establecido en la norma UNE-HD 60364-5-52:2014 por la que se regulan los coeficientes a utilizar en función del tipo de instalación se tendrán unos coeficientes de reducción o ampliación de la intensidad. Esto dependerá si se aplican a la intensidad máxima admisible o a la intensidad de diseño.

6.1.2.1. Instalación en bandeja perforada

Criterio térmico

Para los tres casos, la intensidad que circulará por los conductores de conexión entre la caja de conexión de CC y el inversor, será directamente proporcional al número de ramas de cada subgenerador.

$$I_{b_{IZ}} (A) = 1,25 * n * I_{sc} = 1,25 * 3 * 9,26 A = 34,73 A$$

Los factores aplicables son:

- Temperatura ambiente de 40 °C para XLPE o EPR (k_1): 0,91.
- Bandeja perforada con dos conductores en contacto (k_2): 0,88.
- 2 bandejas separadas verticalmente una distancia de 30 cm (k_3): 0,87.

Por tanto, si se tienen en cuenta dichos coeficientes, quedará una intensidad de diseño:

$$I_{b_{IZ,cor}}(A) = \frac{I_{b_{IZ}}}{k_1 * k_2 * k_3} = \frac{34,73}{0,91 * 0,88 * 0,87} = 49,85 A$$

Habrà que elegir ahora la sección que cuya intensidad máxima admisible sea superior que la intensidad de diseño corregida.

$$I_{b_{IZ,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 49,85 A \leq 58 A$$

Esta intensidad máxima admisible es correspondiente a una sección de 6 mm².

Caída de tensión

Aplicando la ecuación de la sección se obtiene:

$$S = \frac{2 * 42 \text{ m} * 8,82 \text{ A} * 3}{56 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} * \text{mm}^2} * 6,46 \text{ V}} = 6,14 \rightarrow \mathbf{10 \text{ mm}^2}$$

Se comprueba cuál es la caída de tensión para esta sección.

La caída de tensión que se produce con esta sección es:

$$\Delta V = \frac{2 * 42 \text{ m} * 8,82 \text{ A} * 3}{56 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} * \text{mm}^2} * 10 \text{ mm}^2} = 3,97 \text{ V}$$

Como se puede observar, la caída de tensión es inferior a la caída de tensión disponible (6,46 V), por el valor de sección de 10 mm² es adecuado.

Según los resultados obtenidos para el criterio térmico y para la caída de tensión, la sección correcta es la de 10 mm². Sin embargo, de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-50618: 2015 la sección para los conductores que conectan la caja de conexión con el inversor no puede ser inferior a 16 mm².

$$\Delta V = \frac{2 * 42 \text{ m} * 8,82 \text{ A} * 3}{56 \frac{\text{m}}{\text{Ohm} * \text{mm}^2} * 16 \text{ mm}^2} = 2,48 \text{ V}$$

La caída de tensión disponible en la caja de conexión será de:

$$\Delta V_{disp,2} = 6,46 \text{ V} - 2,48 \text{ V} = 3,98 \text{ V}$$

De acuerdo con esto, se realiza la comprobación por densidad de corriente.

Densidad de corriente

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 49,85 \text{ A} \leq 115 \text{ A}$$

Finalmente, como la comprobación es correcta, el conductor elegido es de **16 mm² de sección**.

6.1.2.2. Instalación en el interior de tubos

Criterio térmico

$$I_{b_{Iz}} (A) = 34,73 \text{ A}$$

Los factores aplicables a este caso son:

- Cuatro tubos en contacto (k_1): 0,7.
- Conductor unipolar en el interior de tubo (k_2): 0,88.

Por tanto, si se tienen en cuenta dichos coeficientes, quedará una intensidad de diseño:

$$I_{b_{Iz,cor}} (A) = \frac{I_{b_{Iz}}}{k_1 * k_2} = \frac{34,73}{0,7 * 0,8} = 62,02 A$$

Habrà que elegir ahora la sección que cuya intensidad máxima admisible sea superior que la intensidad de diseño corregida.

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 62,02 A \leq 68 A$$

Esta intensidad máxima admisible es correspondiente a una sección de 10 mm².

Caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión es el mismo que para la instalación en bandeja perforada, ya que tanto la longitud como la intensidad y la caída de tensión disponible son iguales a dicho caso.

Solo faltará comprobar la densidad de corriente.

Densidad de corriente

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 62,02 A \leq 91 A$$

Finalmente, como la comprobación es correcta, el conductor elegido es de **16 mm² de sección**.

6.1.2.3. Instalación en el interior de tubos

Criterio térmico

$$I_{b_{Iz}} (A) = 34,73 A$$

Los factores aplicables a este caso son:

- Temperatura ambiente del terreno de 35 °C (k_1): 0,89.
- Conductor unipolar en el interior de tubo (k_2): 0,8.

Por tanto, si se tienen en cuenta dichos coeficientes, quedará una intensidad de diseño:

$$I_{b_{Iz,cor}} (A) = \frac{I_{b_{Iz}}}{k_1 * k_2} = \frac{34,73}{0,89 * 0,8} = 48,78 A$$

Habrà que elegir ahora la sección que cuya intensidad máxima admisible sea superior que la intensidad de diseño corregida.

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 48,78 A \leq 56 A$$

Esta intensidad máxima admisible es correspondiente a una sección de 4 mm².

Caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión es el mismo que para la instalación en bandeja perforada, ya que tanto la longitud como la intensidad y la caída de tensión disponible son iguales a dicho caso.

Solo faltará comprobar la densidad de corriente.

Densidad de corriente

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 48,78 A \leq 95 A$$

Finalmente, como la comprobación es correcta, el conductor elegido es de **16 mm² de sección**.

6.2. Conductores AC

Una vez calculadas las secciones de los conductores hasta el inversor, solo faltará conocer la sección del conductor de conexión de este con el cuadro general de baja tensión. Para ello, se seguirá básicamente el mismo procedimiento descrito en el punto 6 de este mismo documento básico y es semejante al utilizado en el cálculo de los conductores de CC.

Lo primero en calcular será la intensidad de diseño ($I_{b_{Iz}}$), la cuál se obtendrá a partir de la intensidad nominal del inversor. Esta, viene dada por la ecuación:

$$I_{N,inv} = \frac{P_{N,inv}}{\sqrt{3} * U_L * \cos \varphi} \quad (A) \quad (17)$$

Según lo establecido en el RD 1699/2011, en el que se indica que el factor de potencia será como mínimo de 0,98 y teniendo en cuenta que la potencia de salida y la tensión son 15 kW y 400 V respectivamente, se tiene una intensidad nominal del inversor tal que:

$$I_{N,inv} = \frac{15000 W}{\sqrt{3} * 400 V * 0,98} = 22,09 A$$

Criterio térmico

Al igual que ocurría en el diseño de los conductores de CC se debe que tener en cuenta la intensidad que circula por el conductor a diseñar, que en este caso es la suma de la salida de los dos inversores, aplicando la mayoración del 125% de la intensidad máxima, por lo que la intensidad de diseño es de:

$$I_{b_{Iz}} = 1,25 * I_{N,inv} * 2 = 1,25 * 2 * 22,09 = 55,23 A$$

En este caso, la instalación transcurre enterrada en zanja bajo tubo a una profundidad de 0,9 m por lo que los factores aplicables son:

- Instalación de conductor en el interior de tubo (k_1): 0,8.
- Temperatura ambiente del terreno de 35 °C (k_2): 0,92.
- 1 circuito en contacto (k_3): 1.

Por tanto, si se tienen en cuenta dichos coeficientes, quedará una intensidad de diseño:

$$I_{b_{Iz,cor}}(A) = \frac{I_{b_{Iz}}}{k_1 * k_2 * k_3} = \frac{55,23 A}{0,8 * 0,92 * 1} = 75,04 A$$

Habrà que elegir ahora la sección que cuya intensidad máxima admisible sea superior que la intensidad de diseño corregida.

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 75,04 A \leq 79 A$$

Esta intensidad máxima admisible es correspondiente a una sección de 16 mm².

Caída de tensión

La caída de tensión disponible será del 1,5% del valor de la tensión de línea correspondiente (400 V), teniendo esta un valor de:

$$\Delta V_{disp} = \frac{1,5}{100} * 400 V = 6 V$$

Aplicando la ecuación de la sección para corriente alterna trifásica se obtiene:

$$S = \frac{\sqrt{3} * 20 m * 22,09 A * 2 * 0,98}{56 \frac{m}{\Omega m * mm^2} * 6 V} = 4,46 \rightarrow 6 mm^2$$

La caída de tensión que se produce con esta sección es:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 20 m * 22,09 A * 2 * 0,98}{56 \frac{m}{\Omega m * mm^2} * 6 mm^2} = 4,46 V$$

Como se puede observar, la caída de tensión es inferior a la caída de tensión disponible (6 V), por lo que el valor de sección de 6 mm² es adecuado para cumplir la caída de tensión

Según los resultados obtenidos para el criterio térmico y para la caída de tensión, la sección correcta es la de 16 mm², por lo que habrá que comprobar la caída de tensión con esta sección.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 20 m * 22,09 A * 2 * 0,98}{56 \frac{m}{\Omega m * mm^2} * 16 mm^2} = 1,67 V$$

Siendo esta inferior que los 6 V disponibles. Se ha de realizar ahora la comprobación por densidad de corriente.

Densidad de corriente

$$I_{b_{Iz,cor}} \leq I_{max,ad} \rightarrow 75,04 A \leq 79 A$$

Finalmente, como la comprobación es correcta, el conductor elegido es de **16 mm²** de sección.

7. PROTECCIONES

7.1. Resistencia de aislamiento

El valor de la resistencia de aislamiento a la que se tiene que ajustar el controlador de aislamiento será, como mínimo, 10 veces superior a la tensión de circuito abierto que se tiene en el generador (696,6 V).

$$R_{ISO} \geq 10 * V_{oc,gen}$$

$$R_{ISO} \geq 10 * 696,6 V = 6966 \Omega$$

De esta manera, queda asegurado que el valor de la intensidad de defecto ante una falla de aislamiento quedará por debajo de los 100 mA en CC a partir de los cuales el cuerpo humano puede sufrir efectos patofisiológicos peligrosos.

$$I_d = \frac{V_{oc,gen}}{R_{ISO}} = \frac{696,6 V}{6966 \Omega} = 0,1 A \rightarrow 100 mA$$

7.2. Protección de sobreintensidad en CC

7.2.1. Conductores de rama

Para saber o no de la necesidad de protección mediante magnetotérmicos en los conductores de rama se deberá de ver la intensidad de diseño con y sin protección y ver si los módulos instalados son capaces de soportar esos valores de corriente inversa.

Las intensidades en cada uno de los casos son:

- Con protección:

$$I_{b_{Iz}} (A) = 1,25 * I_{sc,mod} = 1,25 * 9,26 A = 11,58 A$$

- Sin protección:

$$I_{b_{Iz}} (A) = 1,25 * (n - 1) * I_{sc,mod} = 1,25 * (3 - 1) * 9,26 A$$

$$= 23,16 A$$

Como el valor de la intensidad inversa que es capaz de soportar el módulo (15 A), que es inferior a la intensidad de diseño si no se dispone de protección frente sobreintensidades, se tendrá que diseñar la instalación con la utilización de interruptores magnetotérmicos, siendo la intensidad de diseño de esta de 11,58 A.

7.2.2. Conductores de caja de conexión-inversor

Como estos conductores han sido diseñados para el régimen de funcionamiento en cortocircuito del generador, que es un valor de intensidad prácticamente igual al que tienen en su régimen de funcionamiento normal, no será necesario disponer de protección frente a las sobreintensidades.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ANEXO IV

POTENCIA ÓPTIMA DE LA INSTALACIÓN

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LAS CUBIERTAS.....	3
3. RESTRICCIONES LEGALES DE LA INSTALACIÓN.....	5
4. POTENCIA ÓPTIMA.....	6
4.1. Coste de instalación por Wp	6
4.2. Precio medio kWh generado.....	6
4.2.1. Energía generada.....	8
4.2.2. Energía inyectada a red	9
4.2.3. Energía de autoconsumo	10
4.3. Relación de autoconsumo respecto a generación y consumo.....	15
4.4. Potencia óptima de la instalación	17

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo se realiza con el fin de determinar la potencia óptima a instalar en las cubiertas de la industria de manera que el aprovechamiento de los recursos sea lo más rentable posible. Para determinar si el proyecto es viable económicamente realizaremos un estudio de viabilidad económica (ver documento de estudio económico).

La determinación de esta potencia óptima está asociada a una serie de parámetros como son el potencial económico del edificio, restricciones legales, coste del Wp pico a instalar, generación de energía y su vertido a la red, así como la tarifa de acceso de la industria que en este caso es la tarifa 3.0A y que determina los distintos periodos tarifarios de los que tendremos que tener en cuenta el precio de la energía determinar el precio medio de cada kWh. Aunque estos peajes de acceso no se aplican en la actualidad, también se realizarán los cálculos considerándolos, y se verá, así, como influyen en los costes de la instalación.

Una vez que se hayan realizado todos los cálculos necesarios para la determinación de los parámetros anteriormente mencionados se pasará a la interpretación de datos y se determinará la potencia óptima de la instalación (ver punto 4.4 de este mismo anexo).

2. POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LAS CUBIERTAS

En primer lugar, se va a determinar el potencial fotovoltaico de las cubiertas. Tal y como se especifica en el punto 9 de la memoria, para la instalación de los módulos solo se utilizarán las partes del tejado orientadas hacia el SO (zonas 1 y 3 de la siguiente figura), teniendo estas una inclinación de 14° y una superficie total de aproximadamente 573 m^2 . Se instalarán los módulos sobre la propia cubierta, descartando la instalación de estos con una inclinación o acimut distintos a los que tenemos en las zonas 1 y 3 de la cubierta por suponer unas mejoras de rendimiento en la instalación despreciables y tener un coste económico mucho más elevado (ver punto 5 del Anexo III de cálculos justificativos).



Figura 1: Distintas zonas de la cubierta.

Las zonas 1 y 3 tienen una superficie de $284,3 \text{ m}^2$ y $288,6 \text{ m}^2$ respectivamente, pero debido a la forma perimetral de estas no se podrá utilizar la totalidad de la superficie para la instalación de los módulos fotovoltaicos. El número de módulos que se pueden instalar dependerá de la disposición de estos sobre cada zona.

Los módulos se pueden instalar con el lado corto dispuesto en paralelo (tipo I) o perpendicular (tipo II) a la cumbrera de la cubierta. Para cada uno de los casos hemos analizado el número de módulos a instalar, conociendo así que disposición es la que permite un mejor aprovechamiento de la superficie disponible.

Si vemos la figura 2, que representa la disposición tipo I, vemos que podemos instalar 158 y 161 módulos en las zonas 1 y 3 respectivamente, que hacen un total de 319 módulos y que de acuerdo con la potencia pico del módulo hace que tengamos una potencia pico de $87,725 \text{ kWp}$.



Figura 2: Disposición de módulos tipo I.

En el caso de tener la disposición tipo II se tienen 162 y 157 módulos para la zona 1 y 3 respectivamente, que al igual que antes hacen un total de 319 módulos y una potencia pico de 87,725 kWp. Como en ambas disposiciones se puede instalar el mismo número de módulos se realizará el diseño considerando la disposición tipo I por mayor facilidad en la instalación.



Figura 3: Disposición de módulos tipo II.

Descartamos las zonas 2 y 4 de la cubierta, ya que, si disponemos los módulos en estas, dado que están orientadas al SE habrá horas del día en las que no se esté aprovechando toda la radiación disponible de la zona.

3. RESTRICCIONES LEGALES DE LA INSTALACIÓN

Como el objeto del proyecto es la realización de una instalación fotovoltaica de autoconsumo, hay que acogerse a lo establecido en el RD 900/2015 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.

La instalación pertenece a la modalidad tipo 2, que es para instalaciones de potencia mayores de 10 kW correspondientes a consumidores de energía eléctrica que estén asociados a una o varias instalaciones de producción debidamente inscritas en el registro administrativo y conectadas en el interior de su red o que comparten infraestructura de conexión con este o conectadas a través de una línea directa. De esta manera la instalación puede verter a red los excedentes de generación que no se consuman.

Por otro lado, como la potencia pico de la instalación no superará en ningún caso los 100 kW, tal y como hemos visto en el apartado anterior, y la instalación se conectará a

una red eléctrica de tensión no superior a 1 kV propiedad del consumidor tendremos que acogernos también a lo establecido en el RD 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. En este Real Decreto también se establece que la potencia máxima de la instalación cuando esta se conecta a una red de baja tensión será igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se puede decir que la potencia máxima a instalar según las restricciones legales será igual o inferior a la potencia contratada, que en este caso es de 31,177 kW.

4. POTENCIA ÓPTIMA

Para la determinación de la potencia óptima se tendrán que valorar unos parámetros, que son el coste de instalación por Wp, el precio del kWh generado y la relación de autoconsumo respecto al consumo, de manera que el valor de esta potencia será el que permita obtener un coste final más bajo teniendo un equilibrio entre todos estos.

4.1. Coste de instalación por Wp

El coste de instalación por Wp representa el coste que tiene la instalación total de un Wp, de manera que este precio engloba todos los gastos de módulos, inversor, cableado, protecciones, instalación y demás factores que suponen coste y que forman parte de la ejecución del proyecto.

De acuerdo con el análisis realizado a distintos presupuestos facilitados por empresas de instalación y tras la consulta a varios especialistas del sector para el precio para una potencia de instalación entre 1 y 40 kWp se establece un precio de instalación de 1,38 €/Wp.

4.2. Precio medio kWh generado

Representa el beneficio que se obtiene en €/kWh por la generación de un kWh en la instalación que se proyecta. Para la determinación de este precio se ha de realizar un análisis de consumo, generación y energía autoconsumida para distintos valores de potencias pico del generador, de manera que realizando el cociente entre los ingresos obtenidos por la energía autoconsumida y los kWh generados, se puede determinar el precio medio por cada kWh generado.

Evaluaremos lo anteriormente dicho para cada periodo tarifario, siendo los precios de la energía para cada uno de ellos:

Coste energía (€/kWh)		
P1	P2	P3
0,114571	0,096887	0,069842

Tabla 1: coste de energía.

A continuación, se va a describir el procedimiento para la obtención del precio medio para el caso de una instalación de 25 kWp y que posteriormente se aplicará para cada una de las potencias del generador.

En primer lugar, se determina el consumo total mensual para cada hora del día.

Consumo total mensual por horas												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía consumida (kWh)											
00:00/01:00	184	90	244	318	398	327	593	660	413	384	266	244
01:00/02:00	153	79	264	196	200	385	553	520	407	405	289	115
02:00/03:00	178	191	269	149	324	345	528	477	445	331	358	145
03:00/04:00	217	197	275	256	362	322	646	511	513	243	157	178
04:00/05:00	218	223	244	282	337	265	570	521	431	396	146	221
05:00/06:00	296	128	150	149	157	311	500	643	424	497	191	245
06:00/07:00	241	202	168	116	246	355	619	692	533	394	251	307
07:00/08:00	235	196	242	266	390	340	669	715	625	223	193	211
08:00/09:00	270	246	329	379	368	397	550	705	549	371	335	255
09:00/10:00	264	263	310	286	400	481	631	829	449	525	409	312
10:00/11:00	162	315	283	199	349	341	603	843	478	512	469	347
11:00/12:00	316	319	448	416	510	409	685	829	517	495	487	358
12:00/13:00	323	310	454	393	549	430	736	683	439	576	499	443
13:00/14:00	312	284	443	374	357	463	726	635	524	616	498	446
14:00/15:00	279	300	370	200	293	401	760	634	651	416	405	426
15:00/16:00	346	320	507	385	495	396	765	718	736	528	348	476
16:00/17:00	321	382	401	527	517	416	714	740	575	688	436	431
17:00/18:00	332	386	299	443	485	440	776	843	554	748	445	427
18:00/19:00	360	492	308	294	445	426	752	818	693	595	531	437
19:00/20:00	361	320	355	334	460	373	718	822	765	497	424	323
20:00/21:00	280	266	280	324	493	389	665	749	659	582	357	334
21:00/22:00	224	212	259	215	329	428	755	892	538	651	221	315
22:00/23:00	171	280	283	172	320	398	743	951	501	537	284	300
23:00/00:00	194	144	262	237	451	345	678	884	457	408	251	245

Tabla 2: consumo mensual por horas.

Después, de acuerdo con los datos de radiación (ver en Anexo II), se obtiene la generación que se tiene para cada hora del día con 25 kWp instalado y posteriormente se calcula esta para la totalidad del mes.

4.2.1. Energía generada

Generación para 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía diaria salida del inversor (kWh)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	0,49	0	0,46	0,62	0,46	0,13	0	0	0	0
08:00/09:00	0,19	0,90	2,42	1,25	1,88	2,03	1,57	1,06	0,55	0	0,46	0,16
09:00/10:00	2,35	3,25	5,55	3,52	4,64	5,29	5,14	4,16	2,66	1,44	2,73	2,00
10:00/11:00	4,69	5,98	8,33	6,36	7,70	8,88	9,10	8,07	6,01	4,46	5,26	4,43
11:00/12:00	6,64	8,29	10,53	8,94	10,45	12,22	12,85	11,83	9,32	7,41	7,37	6,42
12:00/13:00	7,96	9,91	12,00	10,98	12,65	14,92	15,92	14,94	12,03	9,82	8,81	7,76
13:00/14:00	8,56	10,70	12,69	12,36	14,15	16,79	18,06	17,08	13,90	11,47	9,47	8,37
14:00/15:00	8,36	10,62	12,56	13,02	14,85	17,67	19,04	18,08	14,76	12,22	9,25	8,16
15:00/16:00	7,33	9,61	11,55	12,89	14,73	17,49	18,82	17,83	14,53	12,02	8,14	7,11
16:00/17:00	5,47	7,69	9,65	11,94	13,73	16,23	17,35	16,33	13,18	10,81	6,14	5,23
17:00/18:00	2,75	4,92	6,88	10,19	11,87	13,94	14,73	13,64	10,75	8,62	3,29	2,44
18:00/19:00	0	0,90	3,33	7,65	9,21	10,78	11,14	9,96	7,41	5,53	0,29	0
19:00/20:00	0	0	0,23	4,51	5,97	7,01	6,96	5,70	3,52	1,64	0	0
20:00/21:00	0	0	0	1,17	2,53	3,19	2,86	1,66	0,38	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	0,16	0,39	0,24	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3: generación horaria por día con 25 kWp.

Generación para 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía mensual salida del inversor (kWh)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	15,3	0	14,4	18,7	14,4	4,1	0	0	0	0
08:00/09:00	6,0	25,1	74,9	37,4	58,2	60,9	48,7	32,9	16,6	0	13,9	4,9
09:00/10:00	73,0	90,9	172,2	105,5	143,9	158,6	159,2	128,8	79,8	44,8	81,9	62,1
10:00/11:00	145,3	167,4	258,2	190,8	238,6	266,5	282,2	250,2	180,4	138,1	157,7	137,4
11:00/12:00	205,7	232,0	326,3	268,2	324,0	366,6	398,3	366,8	279,5	229,6	221,2	198,9
12:00/13:00	246,9	277,4	371,9	329,5	392,1	447,7	493,6	463,1	360,8	304,3	264,4	240,6
13:00/14:00	265,4	299,6	393,5	370,8	438,5	503,6	559,8	529,6	416,9	355,5	284,2	259,4
14:00/15:00	259,1	297,3	389,4	390,5	460,3	530,1	590,3	560,4	442,7	378,8	277,5	252,9

15:00/16:00	227,1	269,0	358,0	386,7	456,6	524,7	583,5	552,8	435,9	372,5	244,3	220,4
16:00/17:00	169,5	215,4	299,1	358,3	425,7	487,0	538,0	506,1	395,3	335,0	184,3	162,0
17:00/18:00	85,4	137,8	213,3	305,6	368,0	418,3	456,6	422,8	322,5	267,1	98,6	75,6
18:00/19:00	0	25,1	103,4	229,4	285,6	323,4	345,3	308,8	222,3	171,3	8,6	0
19:00/20:00	0	0	7,0	135,2	185,0	210,4	215,8	176,7	105,7	50,9	0	0
20:00/21:00	0	0	0	35,2	78,4	95,7	88,5	51,3	11,3	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	5,1	11,8	7,4	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4: generación horaria en un mes con 25 kWp.

4.2.2. Energía inyectada a red

Conocido como se reparten los consumos y la generación por horas para todo el mes y realizando la diferencia entre estas, se procede a determinar cuándo se tiene energía inyectada en red (celdas en verde). En caso de tener un resultado negativo se traduce en que toda la energía que se genera es consumida y por lo tanto no se tiene energía inyectada en red.

Inyectada a red para 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía mensual salida del inversor (kWh)											
00:00/01:00	-184	-90	-244	-318	-398	-327	-593	-660	-413	-384	-266	-244
01:00/02:00	-153	-79	-264	-196	-200	-385	-553	-520	-407	-405	-289	-115
02:00/03:00	-178	-191	-269	-149	-324	-345	-528	-477	-445	-331	-358	-145
03:00/04:00	-217	-197	-275	-256	-362	-322	-646	-511	-513	-243	-157	-178
04:00/05:00	-218	-223	-244	-282	-337	-265	-570	-521	-431	-396	-146	-221
05:00/06:00	-296	-128	-150	-149	-157	-311	-500	-643	-424	-497	-191	-245
06:00/07:00	-241	-202	-168	-116	-246	-355	-619	-692	-533	-394	-251	-307
07:00/08:00	-235	-196	-227	-266	-376	-321	-655	-711	-625	-223	-193	-211
08:00/09:00	-264	-221	-254	-342	-310	-336	-502	-672	-532	-371	-321	-250
09:00/10:00	-191	-172	-138	-180	-256	-322	-471	-700	-369	-480	-327	-250
10:00/11:00	-17	-148	-25	-8	-111	-74	-321	-593	-298	-374	-311	-209
11:00/12:00	-110	-87	-121	-148	-186	-42	-287	-462	-238	-266	-266	-159
12:00/13:00	-77	-33	-82	-63	-157	18	-242	-220	-79	-272	-235	-202
13:00/14:00	-46	15	-49	-4	82	40	-166	-105	-108	-261	-214	-187
14:00/15:00	-20	-3	19	191	167	129	-170	-73	-208	-37	-127	-173
15:00/16:00	-119	-51	-149	1	-38	128	-182	-165	-300	-156	-103	-256
16:00/17:00	-151	-167	-102	-168	-92	71	-176	-234	-180	-353	-251	-269
17:00/18:00	-247	-248	-86	-138	-117	-21	-320	-420	-231	-481	-346	-352
18:00/19:00	-360	-467	-205	-65	-160	-102	-407	-509	-470	-423	-523	-437
19:00/20:00	-361	-320	-348	-199	-275	-163	-502	-645	-660	-446	-424	-323
20:00/21:00	-280	-266	-280	-289	-414	-293	-577	-698	-648	-582	-357	-334
21:00/22:00	-224	-212	-259	-215	-324	-416	-747	-892	-538	-651	-221	-315
22:00/23:00	-171	-280	-283	-172	-320	-398	-743	-951	-501	-537	-284	-300
23:00/00:00	-194	-144	-262	-237	-451	-345	-678	-884	-457	-408	-251	-245

Tabla 5: energía inyectada a red en un mes con 25 kWp.

Como se han de determinar los ingresos y en cada periodo tarifario la energía tiene un coste distinto, se tendrá que tener en cuenta cuales son las horas para la determinación de los ingresos en cada uno de estos periodos.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Verano	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2
Invierno	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P2	P2

Tabla 6: horas de los distintos periodos tarifarios en tarifa 3.0A.

4.2.3. Energía de autoconsumo

Conocida la generación y la energía inyectada a red podremos determinar la potencia autoconsumida para cada hora a lo largo de todo el mes.

Autoconsumo para 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Energía mensual de autoconsumo (kWh)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	15	0	14	19	14	4	0	0	0	0
08:00/09:00	6	25	75	37	58	61	49	33	17	0	14	5
09:00/10:00	73	91	172	106	144	159	159	129	80	45	82	62
10:00/11:00	145	167	258	191	239	267	282	250	180	138	158	137
11:00/12:00	206	232	326	268	324	367	398	367	279	230	221	199
12:00/13:00	247	277	372	330	392	430	494	463	361	304	264	241
13:00/14:00	265	284	393	371	357	463	560	530	417	356	284	259
14:00/15:00	259	297	370	200	293	401	590	560	443	379	277	253
15:00/16:00	227	269	358	385	457	396	583	553	436	373	244	220
16:00/17:00	170	215	299	358	426	416	538	506	395	335	184	162
17:00/18:00	85	138	213	306	368	418	457	423	323	267	99	76
18:00/19:00	0	25	103	229	286	323	345	309	222	171	9	0
19:00/20:00	0	0	7	135	185	210	216	177	106	51	0	0
20:00/21:00	0	0	0	35	78	96	89	51	11	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	5	12	7	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7: energía autoconsumida en un mes con 25 kWp.

En la siguiente gráfica se puede ver la comparativa entre todas las potencias.

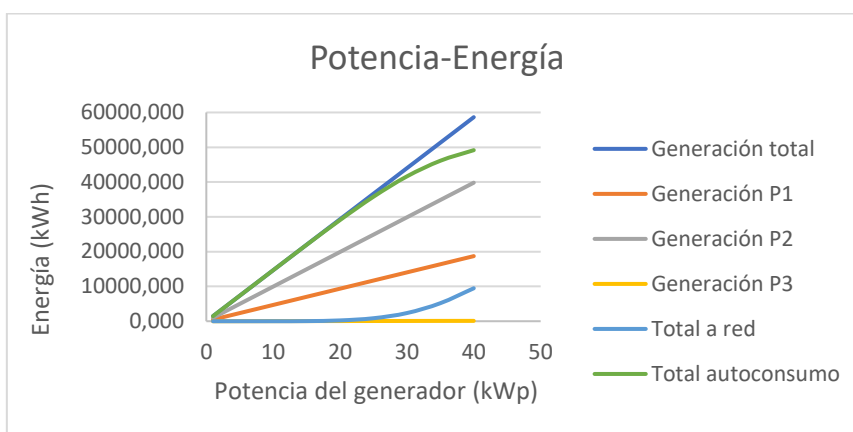


Figura 4: comparativa energía.

Realizando el cociente de energía autoconsumida de cada hora por su precio de acuerdo con su periodo tarifario correspondiente, se tiene el valor de los ingresos por energía autoconsumida.

Ingresos por autoconsumo 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Ingresos (€)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	1,07	0	1,01	1,31	1,01	0,28	0	0	0	0
08:00/09:00	0,58	2,43	7,26	3,63	5,64	5,90	4,72	3,18	1,61	0	1,35	0,48
09:00/10:00	7,07	8,81	16,68	10,22	13,95	15,36	15,43	12,48	7,73	4,34	7,93	6,02
10:00/11:00	14,07	16,22	25,02	18,49	23,12	25,82	27,34	24,24	17,48	13,38	15,28	13,31
11:00/12:00	19,93	22,48	31,61	30,73	37,12	42,00	45,63	42,03	32,02	26,30	21,43	19,27
12:00/13:00	23,92	26,87	36,04	37,76	44,93	49,26	56,56	53,06	41,34	34,87	25,62	23,31
13:00/14:00	25,71	27,54	38,12	42,48	40,90	53,07	64,14	60,67	47,77	40,73	27,54	25,13
14:00/15:00	25,10	28,81	35,86	22,88	33,56	45,92	67,63	64,20	50,72	43,40	26,88	24,50
15:00/16:00	22,00	26,06	34,68	37,32	44,23	38,40	56,53	53,56	42,24	36,09	23,67	21,36
16:00/17:00	16,43	20,87	28,98	34,71	41,25	40,31	52,12	49,04	38,30	32,46	17,86	15,69
17:00/18:00	8,27	13,35	20,67	29,61	35,66	40,53	44,23	40,97	31,25	25,88	9,56	7,33
18:00/19:00	0	2,87	11,84	22,22	27,67	31,33	33,46	29,92	21,54	16,60	0,98	0
19:00/20:00	0	0	0,80	13,10	17,92	20,38	20,91	17,12	10,24	4,93	0	0
20:00/21:00	0	0	0	3,41	7,59	9,27	8,58	4,97	1,09	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	0,49	1,15	0,72	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 8: ingresos por energía autoconsumida con 25 kWp.

El precio aproximado de la energía inyectada en red es de 0,05 €/kWh. Como se conoce la energía inyectada en red, se puede conocer el valor de los ingresos por esto.

Ingresos por inyectada a red 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Ingresos (€)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:00/09:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:00/10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00/11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00/12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00/13:00	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13:00/14:00	0	0,766	0	0	4,078	2,021	0	0	0	0	0	0
14:00/15:00	0	0	0,961	9,539	8,371	6,461	0	0	0	0	0	0
15:00/16:00	0	0	0	0,073	0	6,418	0	0	0	0	0	0
16:00/17:00	0	0	0	0	0	3,547	0	0	0	0	0	0
17:00/18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00/19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00/20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00/21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 9: ingresos por energía a red con 25 kWp.

Resultando unos ingresos totales:

Ingresos totales para 25 kWp												
Mes	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
Hora	Ingresos (€)											
00:00/01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00/02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00/03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00/04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00/05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00/06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00/07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00/08:00	0	0	1,07	0	1,01	1,31	1,01	0	0	0	0	0
08:00/09:00	0,58	2,43	7,26	3,63	5,64	5,90	4,72	3,18	1,61	0	1,35	0
9:00/10:00	7,07	8,81	16,68	10,22	13,95	15,36	15,43	12,48	7,73	4,34	7,93	6,02
10:00/11:00	14,07	16,22	25,02	18,49	23,12	25,82	27,34	24,24	17,48	13,38	15,28	13,31
11:00/12:00	19,93	22,48	31,61	30,73	37,12	42,00	45,63	42,03	32,02	26,30	21,43	19,27
12:00/13:00	23,92	26,87	36,04	37,76	44,93	50,15	56,56	53,06	41,34	34,87	25,62	23,31

13:00/14:00	25,71	28,31	38,12	42,48	44,98	55,09	64,14	60,67	47,77	40,73	27,54	25,13
14:00/15:00	25,10	28,81	36,83	32,42	41,93	52,39	67,63	64,20	50,72	43,40	26,88	24,50
15:00/16:00	22,00	26,06	34,68	37,40	44,23	44,82	56,53	53,56	42,24	36,09	23,67	21,36
16:00/17:00	16,43	20,87	28,98	34,71	41,25	43,86	52,12	49,04	38,30	32,46	17,86	15,69
17:00/18:00	8,27	13,35	20,67	29,61	35,66	40,53	44,23	40,97	31,25	25,88	9,56	7,33
18:00/19:00	0	2,87	11,84	22,22	27,67	31,33	33,46	29,92	21,54	16,60	0,98	0
19:00/20:00	0	0	0,80	13,10	17,92	20,38	20,91	17,12	10,24	4,93	0	0
20:00/21:00	0	0	0	3,41	7,59	9,27	8,58	4,97	1,09	0	0	0
21:00/22:00	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
22:00/23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00/00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10: ingresos totales con 25 kWp.

Una vez conocidos la totalidad de los ingresos, podemos conocer el precio medio realizando el cociente entre ingresos y generación totales.

Ingreso total (€)	Generación total (kWh)	Precio medio (€/kWh)
3704,27	36648,68	0,1011

Tabla 11: precio medio para 25 kWp.

Repitiendo este procedimiento para valores de potencias entre 1 y 40 kWp en intervalos de 5 kWp tendremos el siguiente resultado:

P (kWp)	Generación			Autoconsumo			Red			
	GP1(kWh)	GP2(kWh)	GP3(kWh)	AP1(kWh)	AP2(kWh)	AP3(kWh)	R1(kWh)	R2(kWh)	R3(kWh)	Rt (kWh)
1	468	995	3	468	995	3	0	0	0	0
5	2339	4977	13	2339	4977	13	0	0	0	0
10	4678	9954	27	4678	9954	27	0	0	0	0
15	7018	14932	40	6983	14932	40	35	0	0	35
20	9357	19909	53	9145	19885	53	211	23	0	235
25	11696	24886	67	11069	24651	67	627	235	0	863
30	14035	29863	80	12671	28876	80	1364	987	0	2351
35	16374	34840	94	13700	32326	94	2674	2515	0	5189
40	18713	39817	107	14323	34735	107	4390	5083	0	9473

P (kWp)	Ingresos					Precio medio (€/kWh gen)
	Ing Auto P1 (€)	Ing Auto P2 (€)	Ing Auto P3 (€)	Ing Red (€)	Ing totales (€)	
1	53,60	96,44	0,19	0,00	150,23	0,102
5	268,00	482,22	0,93	0,00	751,16	0,102
10	536,01	964,45	1,87	0,00	1502,32	0,102
15	800,04	1446,67	2,80	1,73	2251,25	0,102
20	1047,81	1926,63	3,73	10,56	2988,73	0,102
25	1268,15	2388,32	4,67	31,36	3692,50	0,101
30	1451,76	2797,69	5,60	68,19	4323,24	0,098
35	1569,68	3131,92	6,54	133,69	4841,83	0,094
40	1641,05	3365,33	7,47	219,50	5233,35	0,089

Tabla 12: precio medio para varias potencias.

En la siguiente figura se va a realizar una representación de los distintos precios medios en función de la potencia, la cual ofrece una idea más clara de la evolución del precio medio según aumenta la potencia instalada.

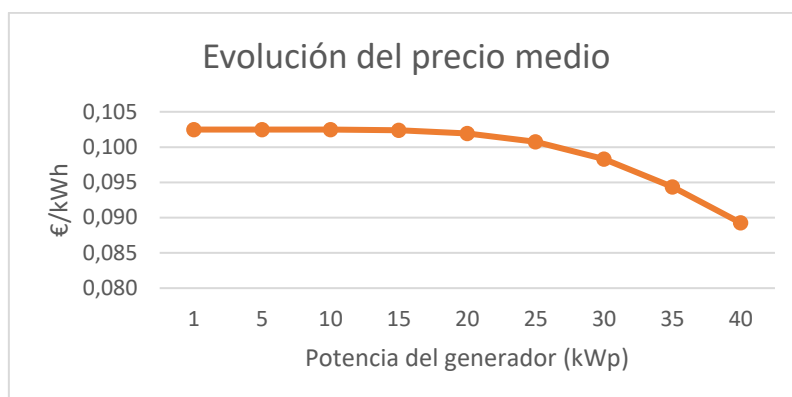


Figura 5: evolución del precio medio con distintas potencias.

Como se puede ver en la figura 5, el precio medio, es decir, el precio que cuesta generar un kWh va disminuyendo a medida que aumenta la potencia del generador, aunque este valor es prácticamente constante, ya que varía entre los 0,102 y 0,089 €/kWh.

Por otro lado, en el artículo 9 del RD 900/2015 se establece que las instalaciones que se acojan a la modalidad de autoconsumo tipo 2, como es el caso que se proyecta, deberán satisfacer los peajes de acceso establecidos, para el vertido horario, en el Real Decreto 1544/2011 por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica. Para el pago de estos peajes la potencia instalada ha de ser mayor de 10 kW.

Estos peajes vienen definidos en la disposición transitoria primera del RD 900/2015, donde se reflejan los cargos tanto por potencia instalada como por energía autoconsumida, siendo estos:

Peaje de acceso	Cargo transitorio por energía autoconsumida (€/kWh)					
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
2.0 A ($P_c \leq 10$ kW)	0,049033					
2.0 DHA ($P_c \leq 10$ kW)	0,063141	0,008907				
2.0 DHS ($P_c \leq 10$ kW)	0,063913	0,009405	0,008767			
2.1 A ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,060728					
2.1 DHA ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074079	0,018282				
2.1 DHS ($10 < P_c \leq 15$ kW)	0,074851	0,021301	0,014025			
3.0 A ($P_c > 15$ kW)	0,029399	0,019334	0,011155			
3.1A (1 kV a 36 kV)	0,022656	0,015100	0,014197			
6.1A (1 kV a 30 kV)	0,018849	0,016196	0,011534	0,012518	0,013267	0,008879
6.1B (30 kV a 36 kV)	0,018849	0,013890	0,010981	0,011905	0,012871	0,008627
6.2 (36 kV a 72,5 kV)	0,020138	0,016194	0,011691	0,011696	0,011996	0,008395
6.3 (72,5 kV a 145 kV)	0,022498	0,017414	0,012319	0,011824	0,011953	0,008426
6.4 (Mayor o igual a 145 kV)	0,018849	0,013138	0,010981	0,011104	0,011537	0,008252

Tabla 13: cargos por energía autoconsumida.

Para potencias inferiores a los 10 kW o igual a esta, el cargo nulo, por tanto, el precio medio se mantiene constante. A continuación, se calcula el precio medio teniendo en cuenta los costes por energía consumida, aunque **hoy en día esto no se aplica, por lo que el precio medio a tener en cuenta es el de la tabla 12.**

Potencia (kWp)	Costes por E.autoconsumida (€)				Cargo total	Ingreso	Precio medio (€/kWh gen)
	P1	P2	P3	Cargos energía			
1	14	19	0	33	33	117	0,080
5	69	96	0	165	165	586	0,080
10	138	192	0	330	330	1172	0,080
15	205	289	0	494	494	1757	0,080
20	269	384	1	654	654	2336	0,080
25	325	477	1	803	803	2902	0,079
30	373	558	1	932	932	3441	0,078
35	403	625	1	1029	1029	3939	0,077
40	421	672	1	1094	1094	4394	0,075

Tabla 14: precio medio con cargos para varias potencias.

Observando los resultados obtenidos, se ve que la evolución del precio medio sigue la misma tendencia que en el caso de no tener estos costes, variando muy poco, al igual que ocurría en el caso anterior, solo que ahora oscila entre 0,080 y 0,075 €/kWh para 1 y 40 kWp respectivamente.

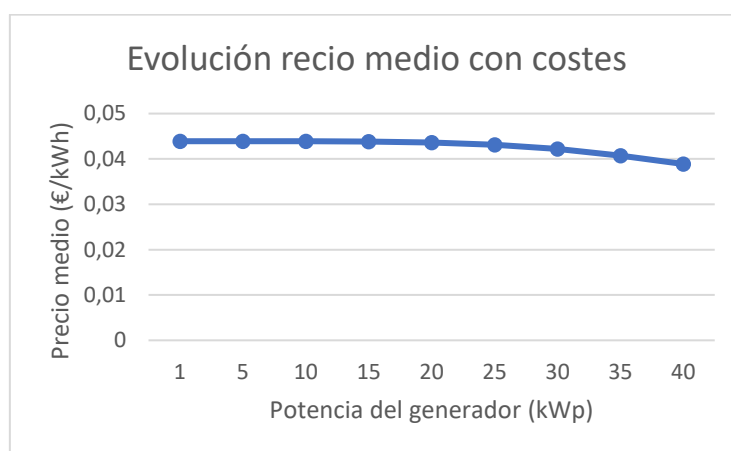


Figura 6: evolución del precio medio con costes en distintas potencias.

4.3. Relación de autoconsumo respecto a generación y consumo

Podemos conocer la relación del autoconsumo con la generación y el consumo, permitiendo así determinar cuál es la relación más adecuada para nuestra instalación. Se realiza, al igual que con el precio medio, para distintos valores de potencia del generador.

Potencia (kWp)	Consumo total (kWh)	Generación total (kWh)	Autoconsumo total (kWh)	% (auto/gen)	%(auto/consumo)
1	118693	1466	1466	100,000	1,235
5	118693	7330	7330	100,000	6,175
10	118693	14659	14659	100,000	12,351
15	118693	21989	21955	99,843	18,497
20	118693	29319	29084	99,199	24,504
25	118693	36649	35786	97,646	30,150
30	118693	43978	41627	94,654	35,071
35	118693	51308	46120	89,887	38,856
40	118693	58638	49165	83,845	41,422

Tabla 15: relación autoconsumo-generación y autoconsumo-consumo.

Como se puede ver en la tabla anterior, el cociente autoconsumo-generación va disminuyendo a medida que aumenta la potencia instalada. Esto se traduce en que, al tener mayor potencia, la energía generada será mayor, por tanto, se rebasará la generación necesaria para cubrir el consumo demandado por la industria y se inyectará más energía en la red. Por ejemplo, para el caso de 25 kWp tenemos que el 97,646 % de la energía que se genera es aprovechada por autoconsumo y 2,354 % restante es inyectado a la red.

Por otro lado, tenemos el % de autoconsumo frente al consumo. Esto representa el tanto por ciento del consumo que se ha cubierto, por así decirlo, por la producción de energía de la instalación fotovoltaica. En el caso de estudio, se tiene que el 30,15 % del consumo es cubierto por la energía que se genera.

Como cabe esperar, a mayor potencia del generador, mayor será la capacidad de autoconsumo de la industria. Sin embargo, estos datos han de ser analizados más profundamente para sacar unas conclusiones adecuadas. Para ello, se realiza la siguiente representación gráfica.

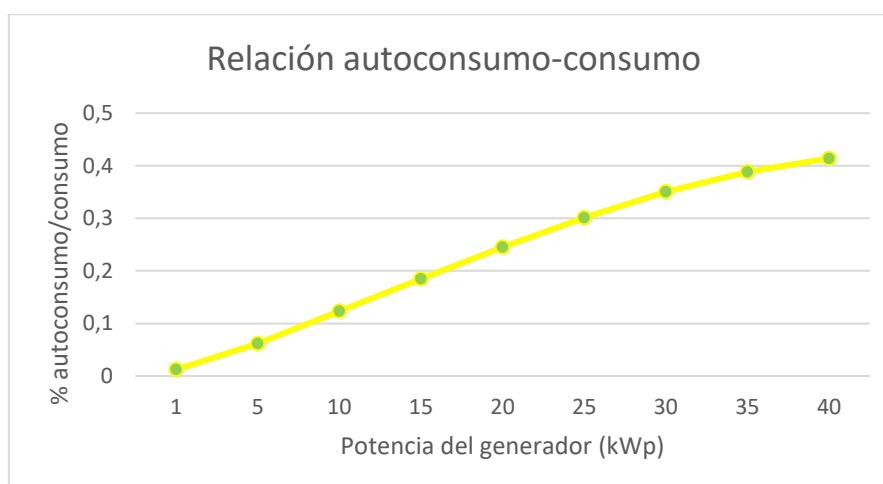


Figura 7: relación autoconsumo-consumo.

En esta, se ve como la tendencia que sigue la representación es prácticamente lineal en un comienzo y hasta aproximadamente los 30 kWp y a partir de este valor comienza ligeramente a tener un crecimiento menos pronunciado. Esto, se traduce como en un principio cabía esperar, que para mayor potencia instalada se tendrá más generación, pero a medida que aumenta la potencia del generador también aumenta la potencia que se inyecta en la red y por lo tanto disminuye el % de energía aprovechada para el autoconsumo. Esto se ve reflejado también en la tabla 15 (% auto/gen).

Este hecho, debido a la diferencia de precios que existe entre la energía consumida y la energía que se inyecta a red, hace que sea más rentable desde el punto de vista económico utilizar el máximo posible de la generación en autoconsumo, ya que aportará más ingresos que si se inyecta en red. Por tanto, si atendiendo a este hecho, conviene quedarse con el valor más alto de potencia dentro de esta dependencia lineal, que es de aproximadamente 30 kWp.

4.4. Potencia óptima de la instalación

Se determina en este apartado cuál será finalmente la potencia óptima de nuestra instalación. Para ello se atenderá a los parámetros anteriormente planteados:

- Coste de la instalación por Wp.
- Precio medio del kWh generado.
- Relación de autoconsumo respecto a generación y consumo.

El primer parámetro, tal y como se ha indicado en el punto 4.1. tendrá un valor fijo de 1,38 €/Wp para los valores de potencia pico de estudio que han sido impuestas por las restricciones legales (punto 3 de este mismo anexo), por lo que la determinación de la potencia óptima vendrá dada en función de los otros dos parámetros.

Se tendrá que encontrar un punto de paridad que permita que se instalen el mayor número de kWp sin que tengamos un % de autoconsumo frente a generación demasiado bajo y que a la vez permita tener un precio medio lo más alto posible, aunque este último no será muy relevante por oscilar entre valores muy próximos.

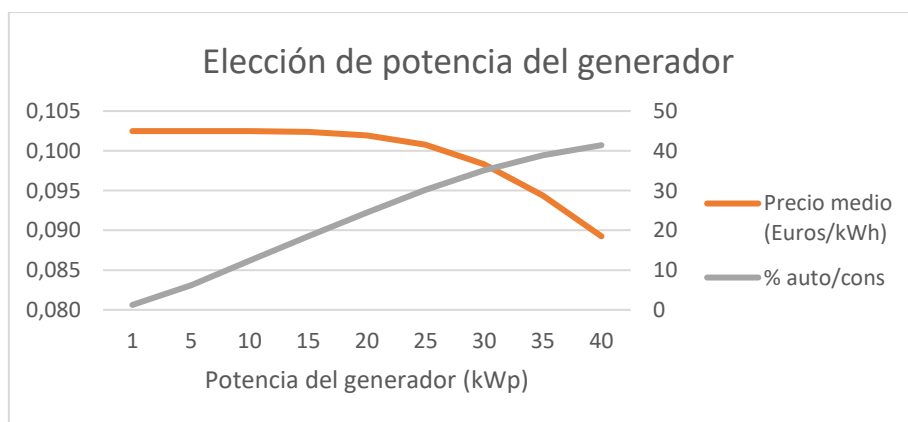


Figura 8: elección de potencia del generador.

Tal y como se observa en la figura 8, el punto de corte entre las dos curvas está aproximadamente en los 30 kWp, por lo tanto, esta será la potencia óptima de la instalación.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ANEXO V

DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

INDICE

1. MÓDULO FOTOVOLTAICO	3
2. INVERSOR	5
2.1. Certificación inversor	7
3. PROTECCIÓN DE SOBRETENSIONES	11
3.1. Tipo 1+2/Clase I+II	11
3.2. Tipo II/Clase II AC	12
4. PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDADES	14
4.1. Interruptor automático magnetotérmico conductores de rama	14
4.2. Interruptor automático magnetotérmico línea general alterna	15
4.3. Interruptor automático magnetotérmico salida inversores	16
5. INTERRUPTOR SECCIONADOR CC	17
6. INTERRUPTOR DIFERENCIAL	18

1. MÓDULO FOTOVOLTAICO

Mono

Multi

Solutions



MODULE

60 CELL

MONOCRYSTALLINE MODULE

265-275W

POWER OUTPUT RANGE

16.8%

MAXIMUM EFFICIENCY

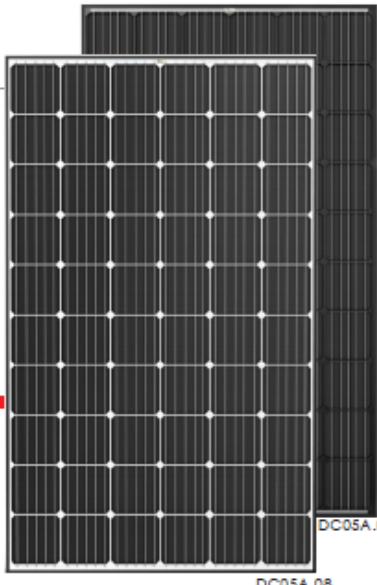
0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, we believe close cooperation with our partners is critical to success. With local presence around the globe, Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners as the backbone of our shared success in driving Smart Energy Together.

Trina Solar Limited
www.trinasolar.com





DC05A.05
DC05A.08



Maximize limited space with top-end efficiency

- Up to 168 W/m² power density
- Low thermal coefficients for greater energy production at high operating temperatures



Good aesthetics for residential applications

- Solid color dark mono cells



Excellent low light performance on cloudy days, mornings and evenings

- Advanced surface texturing
- Back surface field
- Selective emitter

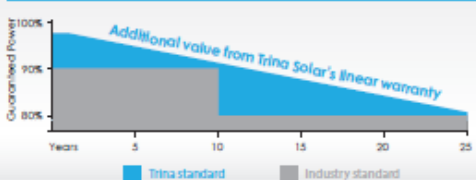


Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements
- 35mm hail stone at 97 km/h
- PID resistant

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

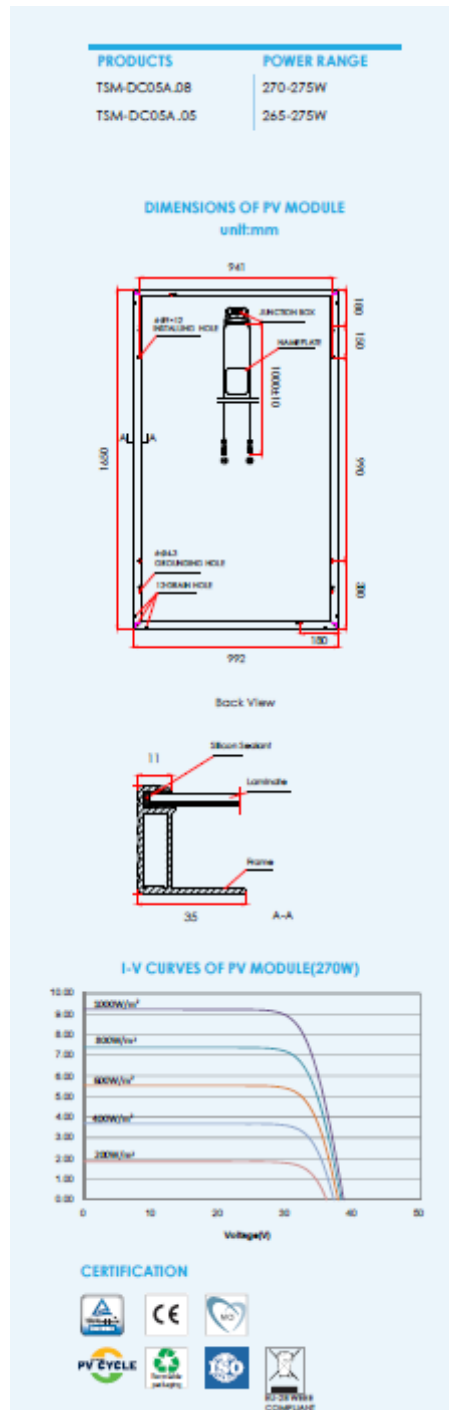


Guaranteed Power (%)

Years

Trina standard

Industry standard

**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power Watts- P_{max} (Wp)	265	270	275
Power Output Tolerance- P_{max} (W)	0 ~ +5		
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	30.7	30.8	31.2
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	8.63	8.77	8.82
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	38.5	38.6	38.7
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	9.10	9.23	9.26
Module Efficiency η (%)	16.2	16.5	16.8

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power- P_{max} (Wp)	197	201	205
Maximum Power Voltage- V_{mp} (V)	28.6	28.8	29.1
Maximum Power Current- I_{mp} (A)	6.88	6.99	7.03
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	35.7	35.9	35.9
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	7.35	7.45	7.48

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.**MECHANICAL DATA**

Solar cells	Monocrystalline 156 × 156 mm (6 inches)
Cell orientation	60 cells (6 × 10)
Module dimensions	1650 × 992 × 35 mm
Weight	18.6 kg
Glass	3.2 mm, High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White(DC05A.08); Black(DC05A.05)
Frame	Black anodized aluminum alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cable 4.0 mm ² , 1000 mm
Connector	MC4 Compatible

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C(± 2°C)
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.40%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.31%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

- 10 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 30 pieces
- Modules per 40' container: 840 pieces

TSM_EN_2015_B

2. INVERSOR

SUNNY TRIPOWER
15000TL / 20000TL / 25000TL




STP 15.000TL-30 / STP 20.000TL-30 / STP 25.000TL-30

Rentable • Rendimiento máximo del 98,4 %	Seguro • Descargador de sobretensión de CC integrable (DPS tipo II)	Flexible • Tensión de entrada de CC hasta 1000 V • Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring • Pantalla opcional	Innovador • Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control • Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)
---	--	---	--

SUNNY TRIPOWER 15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

SUNNY TRIPOWER

15000TL / 20000TL / 25000TL

Datos técnicos	Sunny Tripower 15000TL
Entrada (CC)	
Potencia máx. del generador fotovoltaico	27000 Wp
Potencia asignada de CC	15330 W
Tensión de entrada máx.	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	240 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A:3; B:3
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	15000 W
Potencia máx. aparente de CA	15000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE: 220 V / 380 V 3 / N / PE: 230 V / 400 V 3 / N / PE: 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/21,7 A
Factor de potencia a potencia asignada/Factor de desfase ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3
Rendimiento	
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%
Dispositivos de protección	
Punto de desconexión en el lado de entrada	●
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●
Descargador de sobretensión de CC: DPS tipo II	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC; III; DC: II
Datos generales	
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm [26,0/26,9/10,4 in]
Peso	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%
Equipamiento / función / accesorios	
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●
Relé multifunción/Power Control Module	○ / ○
OptiTrac Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●
Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones previstos	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2006, C10/11/2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G39/3, IEC 60068-2-4, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MBE 2013, NBR 16149, NEN-EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, RRC, RD 1699/413, RD 661/2007, Reg. n°7-2013, SIA7777, TCR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VDE 2014
Modelo comercial	STP 15000TL-30

* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438

2.1. Certificación inversor


**BUREAU
VERITAS**

Certificado de conformidad

Solicitante: SMA Solar Technology AG
Sonnenallee 1
34266 Niestetal
Alemania

Producto: Inversor fotovoltaico

Modelo: STP 15000TL-30
STP 17000TL-30
STP 20000TL-30
STP 25000TL-30

Certificamos que los inversores de conexión a la red citados en este documento cumplen con la normativa española sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

La corriente continua inyectada en la red de distribución por el inversor es inferior al 0,5% del valor eficaz de la corriente nominal de salida, medida tal como indica la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica".

Bases de certificación:
Nota de interpretación técnica de la equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en baja tensión.

El concepto de seguridad de un producto representativo de los mencionados arriba, corresponde, en el momento de la emisión de este certificado, a las especificaciones válidas de seguridad para el empleo especificado conforme a la normativa vigente.

Número de informe: 14TH0304-DC-Injection_1
Número de certificado: U16-0575
Fecha: 2016-10-07

Organismo de certificación



Organismo de certificación de Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH
Acreditado con arreglo a la normativa europea DIN EN ISO/IEC 17065

BUREAU VERITAS
Consumer Products Services Germany GmbH

Thurn-und-Taxis-Straße 10, 90411 Nürnberg, Germany
Phone: + 49 40 74041-0

cps-nuernberg@de.bureauveritas.com
www.bureauveritas.de/cps



Certificado de conformidad

Solicitante: SMA Solar Technology AG
Sonnenallee 1
34266 Niestetal
Alemania

Producto: Inversor fotovoltaico

Modelo: STP 15000TL-30
STP 17000TL-30
STP 20000TL-30
STP 25000TL-30

Uso reglamentario:

Los inversores listados previamente son trifásicos y disponen de un dispositivo de desconexión / conexión automática controlado por software, de acuerdo con la normativa que se detalla a continuación. El usuario final no tendrá acceso al software de ajustes.

La inyección de corriente continua del inversor a la red de distribución es inferior al 0,5 % de la corriente alterna nominal del inversor en condiciones normales. Su medición se realizó tal y como indica la "Nota de interpretación de equivalencia de la separación galvánica de la conexión de instalaciones generadoras en Baja Tensión" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio".

Cumplimiento de las reglas y normativas:

UNE 206007-1:2013 IN

Requisitos de conexión a la red eléctrica Parte 1: Inversores para conexión a la red de distribución

UNE 206006:2011 IN

Ensayos de detección de funcionamiento en isla de múltiples inversores fotovoltaicos conectados a red en paralelo IEC 62109-2:2012 (4.8.2.1 Detección de la resistencia de aislamiento del campo fotovoltaico para inversores para arrays sin conexión a tierra; 4.8.3.5.2 Prueba para la detección de exceso de corriente residual continua; 4.8.3.5.3 Prueba para la detección de los cambios bruscos de corriente residual)

Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos particulares para inversores.

RD 1699:2011

Por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

RD 413:2014

Por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

El concepto de seguridad de un producto representativo de los mencionados arriba, corresponde, en el momento de la emisión de este certificado, a las especificaciones válidas de seguridad para el empleo especificado conforme a la normativa vigente.

Número de informe: 14TH0304-UNE206007-1_0

Número de certificado: U18-0089

Fecha: 2018-03-21

Organismo de certificación



Holger Schaffer



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-ZE-12024-01-00

Organismo de certificación de Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH
Acreditado con arreglo a la normativa europea DIN EN ISO/IEC 17065

BUREAU VERITAS
Consumer Products Services Germany GmbH

Thurn-und-Taxis-Straße 18, 90411 Nürnberg, Germany
Phone: + 49 40 74041-0

cps-nuernberg@de.bureauveritas.com
www.bureauveritas.de/cps

SMA Solar Technology AG | Sonnenallee 1 | 34266 Niestetal | Germany
 Phone: +49 561 9522-0 | Fax: +49 561 9522-100 | Internet: www.SMA.de | E-Mail: info@SMA.de
 Amtsgericht (District court) Kassel HRB (registration number) 3972
 Vorsitzender des Aufsichtsrats (Chairman of the Supervisory Board): Dr. Erik Ehrentraut
 Managing Board: Roland Grebe, Dr.-Ing. Jürgen Reinert, Pierre-Pascal Urban



Declaración de conformidad UE

En virtud de las directivas europeas

- Compatibilidad electromagnética 2014/30/UE (29/3/2014 L 96/79-106) (CEM)
- Baja tensión 2014/35/UE (29/3/2014 L 96/357-374) (DBT)

Los elementos de la declaración descritos a continuación cumplen con la legislación de armonización correspondiente de la Unión.
 La siguiente tabla muestra las normas armonizadas que han sido aplicadas.

Sunny Tripower*	
STP 15000TL-30	
STP 17000TL-30	
STP 20000TL-30	
STP 25000TL-30	
Emisión de interferencias	
(Directiva CEM, artículo 6 - Anexo I.1.a)	
EN 61000-6-3:2007 + A1:2011	✓
EN 61000-6-4:2007 + A1:2011	✓
Repercusiones sobre la red	
(Directiva CEM, artículo 6 - Anexo I.1.a)	
EN 61000-3-11:2000	✓
EN 61000-3-12:2011	✓
Inmunidad a la interferencia	
(Directiva CEM, artículo 6 - Anexo I.1.b)	
EN 61000-6-1:2007	✓
EN 61000-6-2:2005	✓
Seguridad de equipos	
(DBT, artículo 3 - Anexo I)	
EN 62109-1:2010	✓
EN 62109-2:2011	✓
✓	Se aplica la normativa
X	No se aplica la normativa
*	Accesorios incluidos

Las últimas dos cifras del año en el que se colocó la identificación CE: 14

Esta declaración también es válida para los productos con los siguientes nombres de artículo: STP20000TL30-AT, STP20000TL30-D-AT, STP25000TL30-AT, STP25000TL30-D-AT, STP15000TL30-AT, STP15000TL30-D-AT, STP17000TL30-AT, STP17000TL30-D-AT

Indicación:

El responsable único de la expedición de esta declaración de conformidad es el fabricante.
 Esta declaración de conformidad pierde su validez si el producto ha sido modificado de algún modo sin el consentimiento expreso de SMA Solar Technology AG, si se han integrado componentes que no forman parte de los accesorios de SMA o si el producto se ha conectado de manera indebida o utilizado para un uso distinto del previsto.

Niestetal, 13/10/2016
 SMA Solar Technology AG
 ppa. Dr.-Ing. Johannes Kneip
 EVP Development Center

ZE_CE_STP130_03_13 1/2

Declaration of Conformity

with German, European and International (Non-European) standards

German Standard DIN EN		European Standard EN		International Standard IEC (IEC/CISPR)
DIN EN 61000-6-1:2007-10	based on	EN 61000-6-1:2007	based on	IEC 61000-6-1:2005
DIN EN 61000-6-2:2006-03	based on	EN 61000-6-2:2005	based on	IEC 61000-6-2:2005
DIN EN 61000-6-3:2011-09	based on	EN 61000-6-3:2007 + A1:2011	based on	IEC 61000-6-3:2006 + A1:2010
DIN EN 61000-6-4:2011-09	based on	EN 61000-6-4:2007 + A1:2011	based on	IEC 61000-6-4:2006 + A1:2010
DIN EN 61000-3-2:2010-03	based on	EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009	based on	IEC 61000-3-2:2005 + A1:2008 + A2: 2009
DIN EN 61000-3-3:2014-03	based on	EN 61000-3-3:2013	based on	IEC 61000-3-3:2013
DIN EN 61000-3-11:2001-04	based on	EN 61000-3-11:2000	based on	IEC 61000-3-11:2000
DIN EN 61000-3-12:2012-06	based on	EN 61000-3-12:2011	based on	IEC 61000-3-12:2011
DIN EN 62109-1:2011	based on	EN 62109-1:2010	based on	IEC 62109-1:2010
DIN EN 62109-2:2012	based on	EN 62109-2:2011	based on	IEC 62109-2:2011
DIN EN 62477-1:2014-06	based on	EN 62477-1:2012	based on	IEC 62477-1:2012
DIN EN 62311:2008-09	based on	EN 62311:2008	based on	IEC 62311:2007
DIN EN _____	based on	EN 301 489-1 V1.9.2	based on	IEC _____
DIN EN _____	based on	EN 301 489-17 V2.2.1	based on	IEC _____
DIN EN _____	based on	EN 300 328 V1.7.1	based on	IEC _____
DIN EN _____	based on	EN 300 328 V1.8.1	based on	IEC _____

3. PROTECCIÓN DE SOBRETENSIONES

3.1. Tipo 1+2/Clase I+II

Protectores fotovoltaicos Tipo 1+2

PSC 5 PV

PSC 5 PV es la gama de dispositivos combinados Tipo 1+2/Clase I+II para descargar corrientes tipo rayo (10/350 μ s) y proteger contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20 μ s) para instalaciones fotovoltaicas, según normas EN 50539-11 e IEC 61643-31

Cirprotec utiliza el sistema de desconexión dinámica térmica optimizado para tensiones en DC con alto poder de corte. De esta forma no se requiere instalar un fusible previo de back up para interrumpir las corrientes de cortocircuito típicas de cualquier instalación fotovoltaica.

Estos dispositivos de protección contra sobretensiones son adecuados para todas las aplicaciones fotovoltaicas: plantas y huertas solares, cubiertas y autoconsumo (off-grid); especialmente en instalaciones con sistema protección contra el rayo.

ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Corriente de impulso de rayo (10/350 μ s): 5 kA
- Corriente máxima de descarga (8/20 μ s): 40 kA
- Corriente nominal de descarga (8/20 μ s): 20 kA
- U_{cpv} : 1060 Vdc
- I_{scpv} : 10 kA (EN 50539-11), sin necesidad de fusible previo
- Formato enchufable para carril DIN
- Indicación remota y visual del estado de vida del protector
- Chasis reversible para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución



Vea el video en
www.youtube.com/cptcirprotec



REFERENCIAS

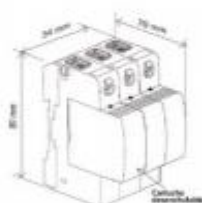
CÓDIGO	REFERENCIA	Network							Cartridges	
		RED	Esquema eléctrica	U_{cpv} (Vdc)	limp (10/350) (kA)	I_{scpv} (kA)	I_{max} (8/20) (kA)	I_n (8/20) (kA)	$U_{p@I_n}$ (8/20) (kV)	IR
77738377	PSC3-5/1000 PV	"Y" PV	A	1060	5	10	40	20	≤4	
77738378	PSC3-5/1000 PV IR	"Y" PV	A	1060	5	10	40	20	≤4	✓

Cartuchos de recambio

CÓDIGO	REFERENCIA	RED	U_{cpv} (Vdc)	limp (10/350) (kA)	I_{max} (8/20) (kA)	I_n (8/20) (kA)	$U_{p@I_n}$ (8/20) (kV)	Cartucho
77738643	PSC-5/1000 PV	PV	1060	5	40	20	≤2	C&F

DIMENSIONES

3 módulos



ESQUEMA ELÉCTRICO

A Y PV

Modelos con IR

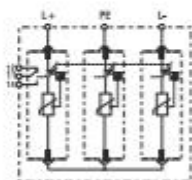


DIAGRAMA MICRORRUPTOR (IR)



3.2. Tipo II/Clase II AC

Protectores fotovoltaicos Tipo 2

PSM 40 PV

PSM 40 PV es la gama de dispositivos Tipo 2/Clase II para proteger contra sobretensiones transitorias inducidas (8/20 μ s) para instalaciones fotovoltaicas, según normas EN 50539-11 e IEC 61643-31. Producto certificado UL 1449 4th Ed.

Cirprotec utiliza el sistema de desconexión dinámica térmica optimizado para tensiones en DC con alto poder de corte. De esta forma no se requiere instalar un fusible previo de back up para interrumpir las corrientes de cortocircuito típicas de cualquier instalación fotovoltaica.

Estos dispositivos de protección contra sobretensiones son adecuados para todas las aplicaciones fotovoltaicas: plantas y huertas solares, cubiertas y autoconsumo (off-grid).

ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Corriente máxima de descarga (8/20 μ s): 40 kA
- Corriente nominal de descarga (8/20 μ s): 20 kA
- Ucpv: 65, 80, 660, 1060 Vdc y 1500 Vdc
- Iscpv: 10 kA (EN 50539-11), sin necesidad de fusible previo
- SCCR: 50 kA, 100 kA (UL 1449 4th Ed)
- Formato desenchufable carril DIN
- Indicación remota y visual del estado de vida del protector
- Chasis reversible para permitir la entrada de cables desde arriba o abajo
- Cartuchos codificados mecánicamente para evitar errores de sustitución



Vea el video en
www.youtube.com/cptcirprotec



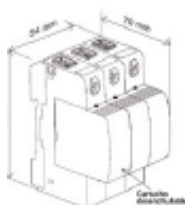
REFERENCIAS

CÓDIGO	REFERENCIA	Configuración		Ucpv [Vdc]	Iscpv [kA]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	IR	Cartucho L
		RED	Esquema eléctrico							
77707850	PSM3-40/600 PV	Y PV	A	660	10	40	20	≤2,6		C40
77707851	PSM3-40/600 PV IR	Y PV	A	660	10	40	20	≤2,6	✓	C40
77707852	PSM3-40/1000 PV	Y PV	A	1060	10	40	20	≤4		C41
77707853	PSM3-40/1000 PV IR	Y PV	A	1060	10	40	20	≤4	✓	C41
77707840	PSM3-40/1500 PV	Y PV	A	1500	10	40	15	≤5		C42
77707841	PSM3-40/1500 PV IR	Y PV	A	1500	10	40	15	≤5	✓	C42

Observación: ver también la página 27 «2 polos» para aplicaciones de CC de autoconsumo «off-grid» (muy baja tensión). Consulten para otras tensiones.

DIMENSIONES

3 módulos



ESQUEMA ELÉCTRICO

A Y PV

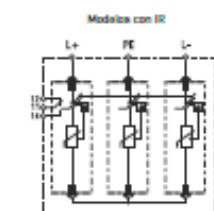


DIAGRAMA MICRORRUPTOR (IR)



Cartuchos de recambio

CÓDIGO	REFERENCIA	RED	Ucpv [Vdc]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	Cartucho
77707656	PSM-40/600 PV	PV	330	40	20	≤1,3	C40
77707657	PSM-40/1000 PV	PV	530	40	20	≤2	C41
77707683	PSM-40/1500 PV	PV	750	40	15	≤2,5	C42



Protectores Tipo 2 | PSM 40

3 polos

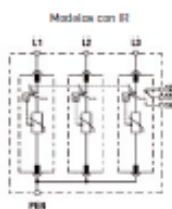
CÓDIGO	REFERENCIA	Configuración		Un [V]	Uc [V]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	IR	Cartucho	
		RED	Esquema eléctrico							L	N
77707864	PSM3-40/230 TNC	TNC (3Ph)	H	-/208	150	40	20	≤1		C22	-
77707865	PSM3-40/230 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/208	150	40	20	≤1	✓	C22	-
77707866	PSM3-40/400 TNC	TNC (3Ph)	H	-/400	275	40	20	≤1,3		C23	-
77707867	PSM3-40/400 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/400	275	40	20	≤1,3	✓	C23	-
77707882	PSM3-40/480 TNC	TNC (3Ph)	H	-/480	320	40	20	≤1,5		C24	-
77707883	PSM3-40/480 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/480	320	40	20	≤1,5	✓	C24	-
77707870	PSM3-30/750 TNC	TNC (3Ph)	H	-/690; -/1000	750	30	15	≤3		C26	-
77707871	PSM3-30/750 TNC IR	TNC (3Ph)	H	-/690; -/1000	750	30	15	≤3	✓	C26	-

4 polos

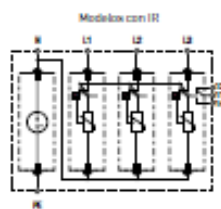
CÓDIGO	REFERENCIA	Configuración		Un [V]	Uc [V]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	IR	Cartucho	
		RED	Esquema eléctrico							L	N
77707804	PSM4-40/230 TT	TT (3Ph+N)	J	120/208	150	40	20	≤1 (L-N) ≤1,5 (N-PE)		C22	C27
77707805	PSM4-40/230 TT IR	TT (3Ph+N)	J	120/208	150	40	20	≤1 (L-N) ≤1,5 (N-PE)	✓	C22	C27
77707806	PSM4-40/400 TT	TT (3Ph+N)	J	230/400	275	40	20	≤1,3 (L-N) ≤1,5 (N-PE)		C23	C27
77707807	PSM4-40/400 TT IR	TT (3Ph+N)	J	230/400	275	40	20	≤1,3 (L-N) ≤1,5 (N-PE)	✓	C23	C27
77707810	PSM4-40/480 TT	TT (3Ph+N)	J	277/480	320	40	20	≤1,5 (L-N) ≤1,5 (N-PE)		C24	C27
77707811	PSM4-40/480 TT IR	TT (3Ph+N)	J	277/480	320	40	20	≤1,5 (L-N) ≤1,5 (N-PE)	✓	C24	C27
77707954	PSM4-40/230 TNS	TNS (3Ph+N)	L	120/208	150	40	20	≤1		C22	-
77707955	PSM4-40/230 TNS IR	TNS (3Ph+N)	L	120/208	150	40	20	≤1	✓	C22	-
77707956	PSM4-40/400 TNS	TNS (3Ph+N)	L	230/400	275	40	20	≤1,3		C23	-
77707957	PSM4-40/400 TNS IR	TNS (3Ph+N)	L	230/400	275	40	20	≤1,3	✓	C23	-
77707989	PSM4-40/480 TNS	TNS (3Ph+N)	L	277/480	320	40	20	≤1,5		C24	-
77707990	PSM4-40/480 TNS IR	TNS (3Ph+N)	L	277/480	320	40	20	≤1,5	✓	C24	-

ESQUEMAS ELÉCTRICOS

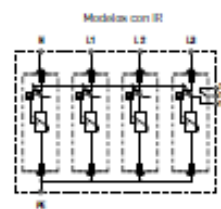
H TNC (3+0)



J TT (3+1)



L TNS (4+0)



Consultar con Cirprotec para modelos específicos para redes IT aisladas.

Cartuchos de recambio

CÓDIGO	REFERENCIA	RED	Un [V]	Uc [V]	Imax (8/20) [kA]	In (8/20) [kA]	Up@In (8/20) [kV]	Cartucho
77707680	PSM-40/48	L-N	48	60	40	20	≤0,7	C20
77707681	PSM-40/60	L-N	60	75	40	20	≤0,8	C21
77707653	PSM-40/120	L-N	120	150	40	20	≤1	C22
77707654	PSM-40/230	L-N	230	275	40	20	≤1,3	C23
77707671	PSM-40/277	L-N	277	320	40	20	≤1,4	C24
77707655	PSM-40/400	L-N	400	440	40	20	≤2	C25
77707668	PSM-30/750	L-N	690	750	30	15	≤3	C26
77707664	PSM-40N	N-PE	Neutro	277	40	20	≤1,5	C27



4. PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDADES

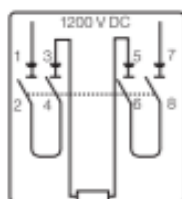
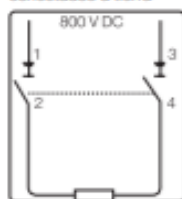
4.1. Interruptor automático magnetotérmico conductores de rama

Interruptor automático magnetotérmico S800PV

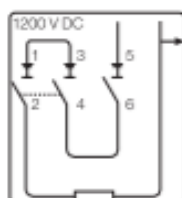
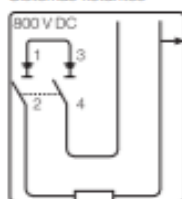


- Elevado rango de tensión (desde 800 V DC/2 polos hasta 1200 V DC/3 y 4 polos) que simplifica el diseño y asegura fiabilidad y seguridad en todo momento. Rango de intensidades de hasta 125 A.
- Kit de adaptación de terminales intercambiables de caja o de anilla vienen de serie.

Sistemas conectados a tierra



Sistemas flotantes



Tipo	Intensidad A	Polos	Código de pedido
S802PV-S10	10	2	2CCP842001R1109
S802PV-S13	13	2	2CCP842001R1139
S802PV-S16	16	2	2CCP842001R1169
S802PV-S20	20	2	2CCP842001R1209
S802PV-S25	25	2	2CCP842001R1259
S802PV-S32	32	2	2CCP842001R1329
S802PV-S40	40	2	2CCP842001R1409
S802PV-S50	50	2	2CCP842001R1509
S802PV-S63	63	2	2CCP842001R1639
S802PV-S80	80	2	2CCP842001R1809
S803PV-S10	10	3	2CCP843001R1109
S803PV-S13	13	3	2CCP843001R1139
S803PV-S16	16	3	2CCP843001R1169
S803PV-S20	20	3	2CCP843001R1209
S803PV-S25	25	3	2CCP843001R1259
S803PV-S32	32	3	2CCP843001R1329
S803PV-S40	40	3	2CCP843001R1409
S803PV-S50	50	3	2CCP843001R1509
S803PV-S63	63	3	2CCP843001R1639
S803PV-S80	80	3	2CCP843001R1809
S804PV-S10	10	4	2CCP844001R1109
S804PV-S13	13	4	2CCP844001R1139
S804PV-S16	16	4	2CCP844001R1169
S804PV-S20	20	4	2CCP844001R1209
S804PV-S25	25	4	2CCP844001R1259
S804PV-S32	32	4	2CCP844001R1329
S804PV-S40	40	4	2CCP844001R1409
S804PV-S50	50	4	2CCP844001R1509
S804PV-S63	63	4	2CCP844001R1639
S804PV-S80	80	4	2CCP844001R1809
S802PV-M32	32	2	2CCP812001R1329
S802PV-M125	125	2	2CCP812001R1849
S803PV-M32	32	3	2CCP813001R1329
S803PV-M125	125	3	2CCP813001R1849
S804PV-M32	32	4	2CCP814001R1329
S804PV-M125	125	4	2CCP814001R1849

Para mayor información, por favor consulte los catálogos técnicos:
"S800PV" - 2CCC4130002C0201.

4.2. Interruptor automático magnetotérmico línea general alterna.

Hoja de características del producto

Características

A9K24463

Interruptor automático magnetotérmico - iK60N -
4P - 63 A - curva C



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iK60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	iK60N
Número de polos	4P
Número de polos protegidos	4
Corriente nominal (In)	63 A en Ue 30 °C
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn de acuerdo con EN/IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz
Apto para seccionamiento	Sí de acuerdo con EN/IEC 60898-1
Normas	EN/IEC 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % x Icu de acuerdo con EN/IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 acorde a EN/IEC 60898-1
[U] Tensión nominal de aislamiento	440 V CA 50/60 Hz de acuerdo con EN/IEC 60898-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV de acuerdo con EN/IEC 60898-1
Indicador de posición del contacto	NA
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN

31-ago-2018

Utiliv-On | **Schneider**
Electricity

1

4.3. Interruptor automático magnetotérmico salida inversores.

Hoja de características del producto

Características

A9K17425

Interruptor automático magnetotérmico - iK60N - 4P - 25A - curva C



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iK60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	iK60N
Número de polos	4P
Número de polos protegidos	4
Corriente nominal (In)	25 A en Ue 30 °C
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	6000 A Icn de acuerdo con ENIEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz
Apto para seccionamiento	Sí de acuerdo con ENIEC 60898-1
Normas	ENIEC 60898-1
Certificaciones de producto	Aenor

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % x Icu de acuerdo con ENIEC 60898-1 - 230 V CA 50/60 Hz
Clase de limitación	3 acorde a ENIEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V CA 50/60 Hz de acuerdo con ENIEC 60898-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV de acuerdo con ENIEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN

03-sep-2018

Life is On | Schneider
ELECTRIC

1

Atento al legal. Esta documentación no pretende sustituir ni debe ser tomada como base para la decisión o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

5. INTERRUPTOR SECCIONADOR CC

Hoja de características del producto

Características

A9N61699

Interruptor en carga especial corriente continua

SW60-PC - 2P - 50A - 1000 V



Principal

Aplicación de interruptor	Protección del inversor para aplicaciones fotovoltaicas
Gama de producto	SW60
Tipo de producto o componente	Interruptor seccionador
Nombre corto del dispositivo	SW60-DC
Número de polos	2P
Categoría de utilización	DC-21A
Apto para seccionamiento	SI EN/IEC 60947-3

Complementario

[Ie] Corriente nominal de empleo	50 A DC-21A 1000 V CC 40 °C 63 A DC-21A 1000 V CC 5 °C 61 A DC-21A 1000 V CC 10 °C 60 A DC-21A 1000 V CC 15 °C 58 A DC-21A 1000 V CC 20 °C 56 A DC-21A 1000 V CC 25 °C 54 A DC-21A 1000 V CC 30 °C 52 A DC-21A 1000 V CC 35 °C 48 A DC-21A 1000 V CC 45 °C 46 A DC-21A 1000 V CC 50 °C 41 A DC-21A 1000 V CC 60 °C 35 A DC-21A 1000 V CC 70 °C
Tensión de desconexión	251 mV 5.02 mOhm 12.54 W 50 A
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	1000 V CC
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Pasos de 9 mm	8
Altura	132.7 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	77.4 mm

31-ago-2018

Life is On

Schneider

6. INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Hoja de características del producto

Características

A9R21463

Interruptor diferencial IID - 4P - 63A - 30mA - clase A



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IID
Tipo de producto o componente	Residual current circuit breaker (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	IID
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
Corriente nominal (In)	63 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad ante fugas a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Type A

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	380...415 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de corte y de cierre nominal	I _m 1500 A I _{dn} 1500 A
Intensidad de cortocircuito condicional	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición del contacto	Si
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Ajustable en clip

31-ago-2018

Libro On

1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni limitar el uso que pueda darse a la información o la información de red de productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

PLANOS

INDICE

PLANO 1: SITUACIÓN.

PLANO 2: DISPOSICIÓN SUBGENERADORES Y CONEXIÓN.

HOJA 1: Disposición de módulos.

HOJA 2: Conexión de ramas.

PLANO 3: CANALIZACIONES Y DETALLES.

HOJA 1: Trazado de canalizaciones.

HOJA 2: Detalles.

PLANO 4: ESQUEMA UNIFILAR.



Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este dibujo sin la autorización expresa del propietario.

 AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ 	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN SITUACIÓN: JAMILENA FECHA: SEPTIEMBRE 2018	PLANO: SITUACIÓN	Nº PLANO: 1 HOJA 1 DE 1
			ESCALA: 1/2000 y 1/1000 (Formato DIN A3)
			REFERENCIA: 0001

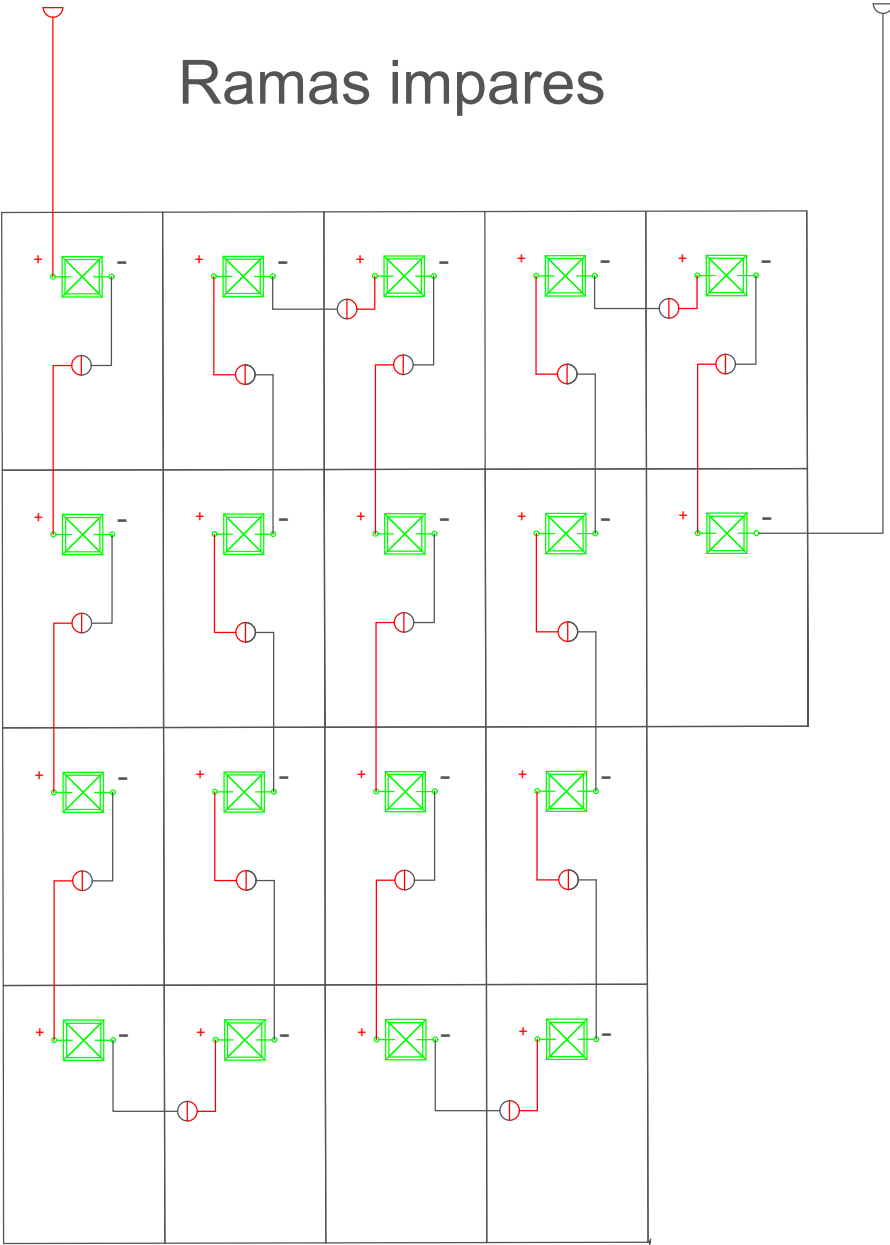


SUBGENERADOR 1
Rama 1 ———
Rama 2 ———
Rama 3 ———

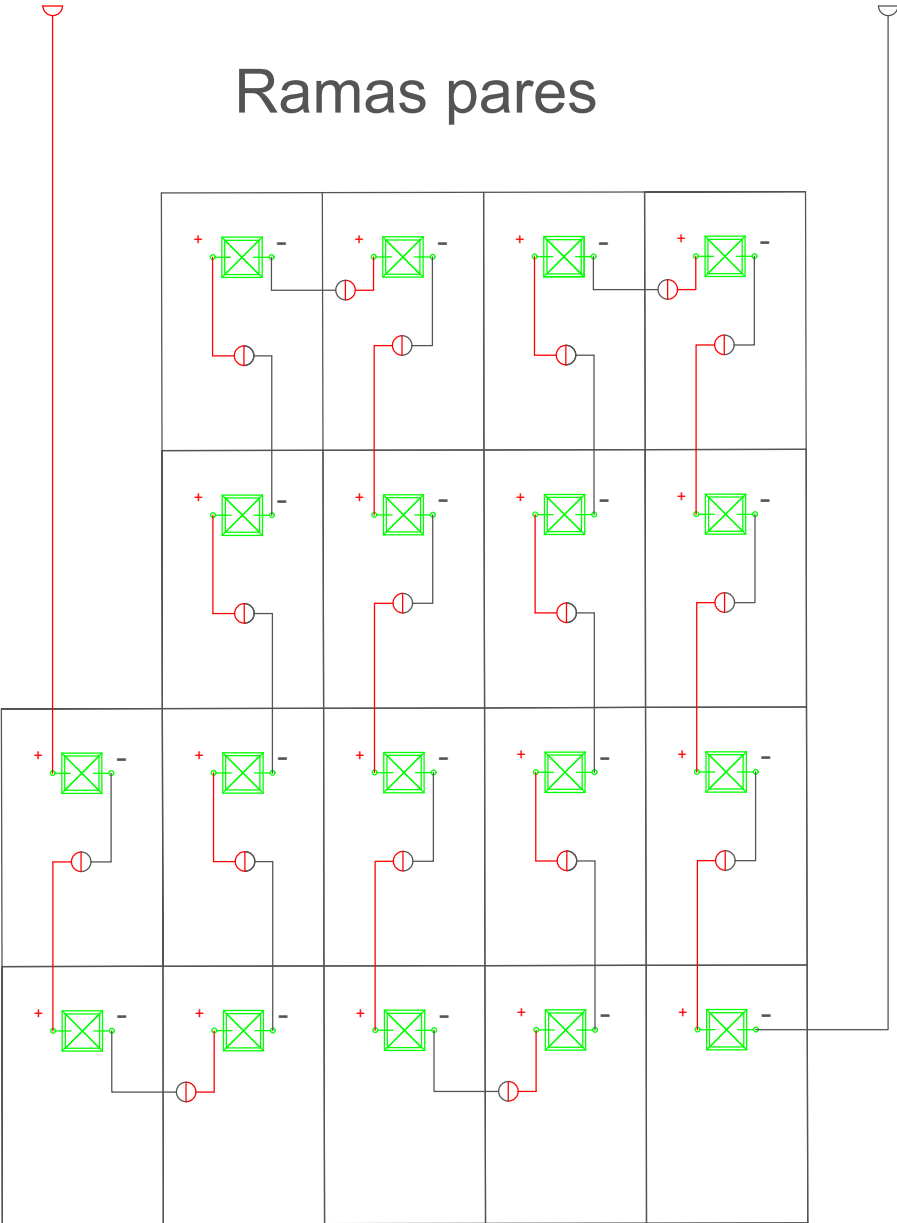
SUBGENERADOR 2
Rama 4 ———
Rama 5 ———
Rama 6 ———

 AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ  Escuela Politécnica Superior de Jaén	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA	Nº PLANO: 2 HOJA 1 DE 2
	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESCALA: s/e (Formato DIN A3)
	SITUACIÓN: JAMILENA	REFERENCIA: 0001
	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	PLANO: DISPOSICIÓN SUBGENERADORES Y CONEXIÓN

Ramas impares

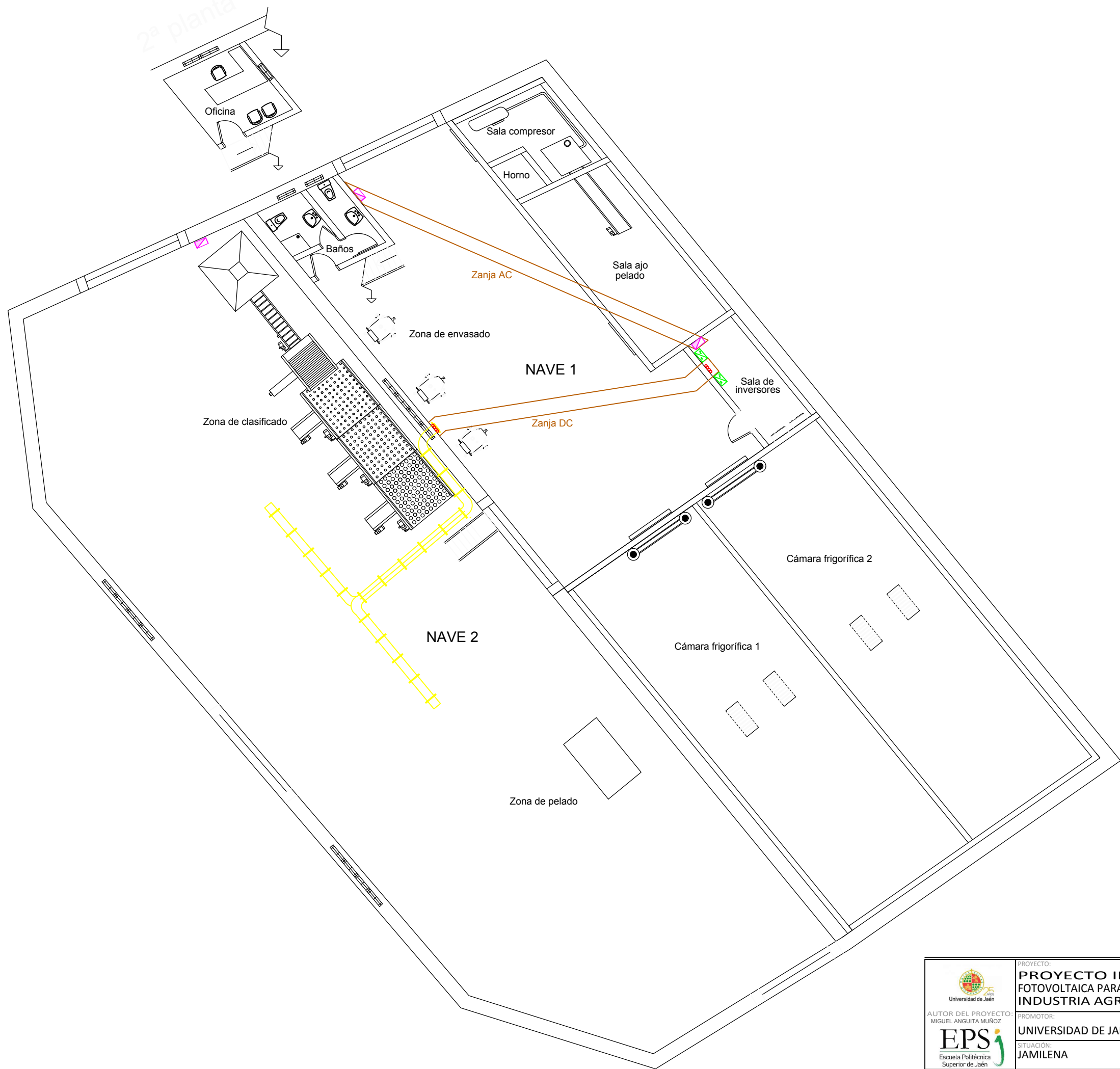


Ramas pares



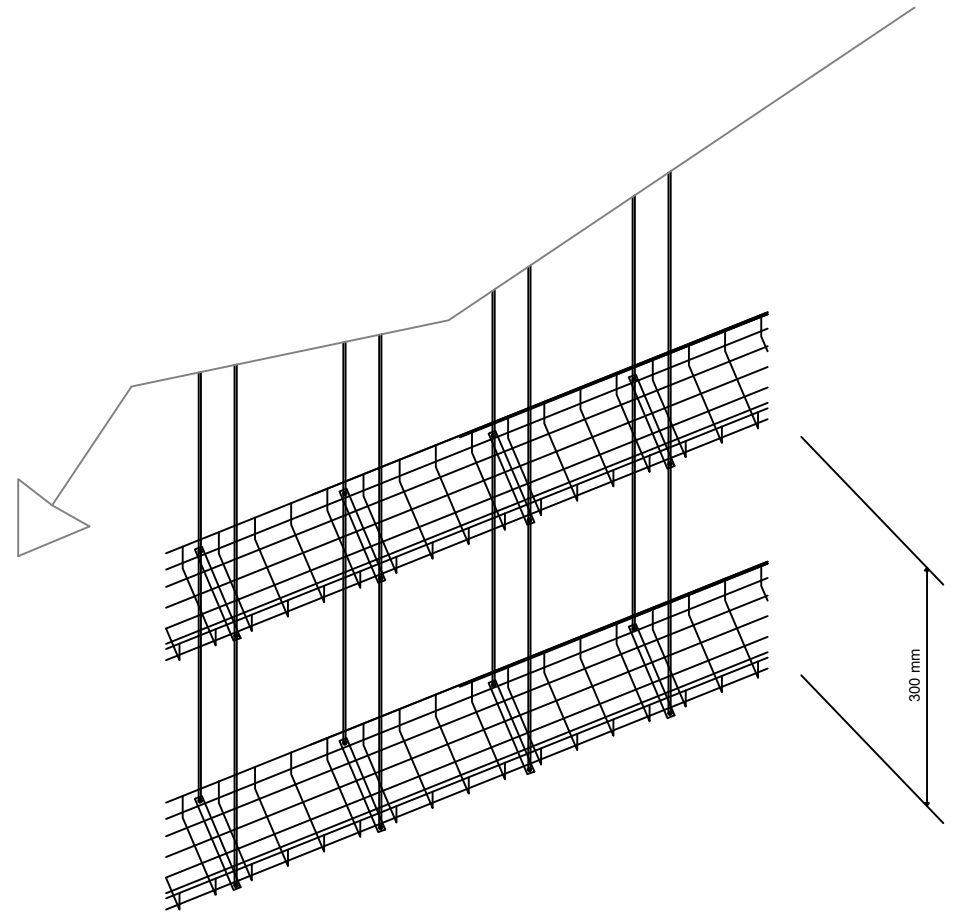
Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este dibujo sin la autorización expresa del propietario.

 AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ  FECHA: SEPTIEMBRE 2018	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA	Nº PLANO: 2 HOJA 2 DE 2
	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESCALA: s/e (Formato DIN A3)
	SITUACIÓN: JAMILENA	REFERENCIA: 0001
	PLANO: DISPOSICIÓN SUBGENERADORES Y CONEXIÓN	

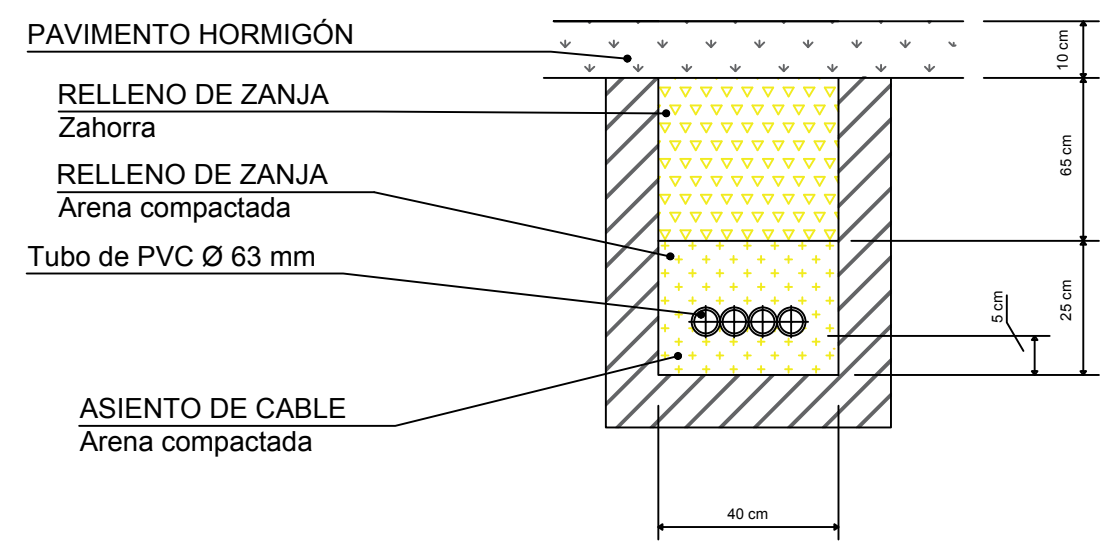


Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este dibujo sin la autorización expresa del propietario.

 Universidad de Jaén AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ  EPS Escuela Politécnica Superior de Jaén FECHA: SEPTIEMBRE 2018	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA		Nº PLANO: 3 HOJA 1 DE 2
	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN		ESCALA: s/e (Formato DIN A3)
	SITUACIÓN: JAMILENA		REFERENCIA: 0001
	PLANO: CANALIZACIONES Y DETALLES		

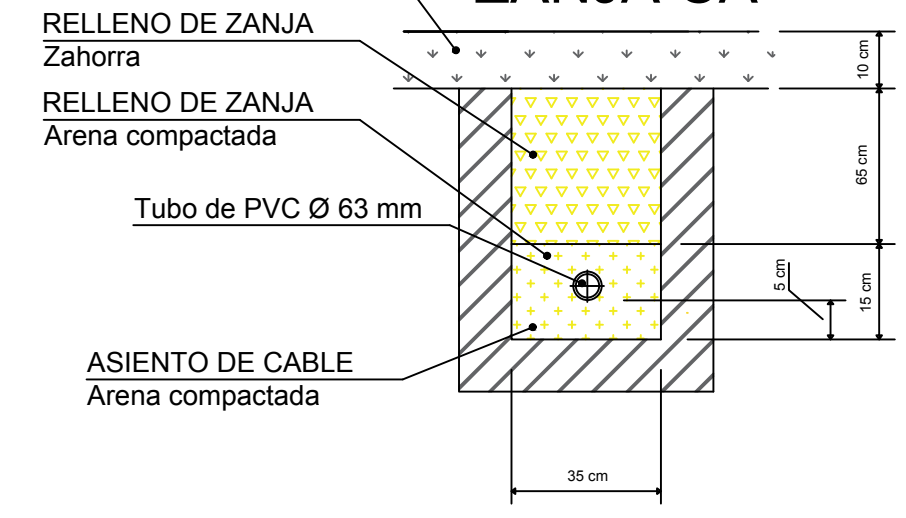


ZANJA CC



PAVIMENTO HORMIGÓN

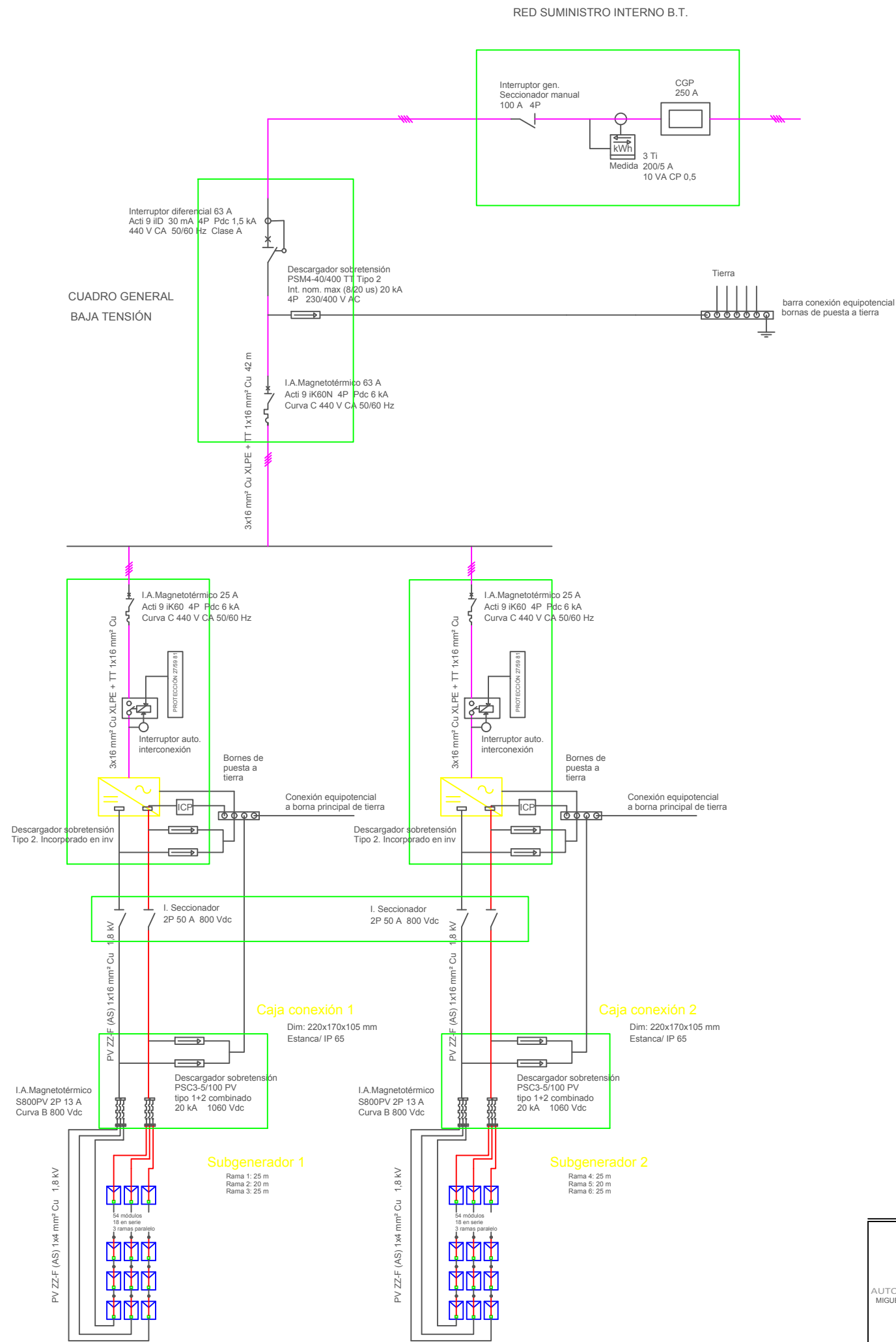
ZANJA CA



Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este dibujo sin la autorización expresa del propietario.

 AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ  FECHA: SEPTIEMBRE 2018	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA		Nº PLANO: 3 HOJA 2 DE 2
	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN		ESCALA: s/e (Formato DIN A3)
	SITUACIÓN: JAMILENA		REFERENCIA: 0001
	PLANO: CANALIZACIONES Y DETALLES		

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este dibujo sin la autorización expresa del propietario.



AUTOR DEL PROYECTO: MIGUEL ANGUITA MUÑOZ	PROYECTO: PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA AGROALIMENTARIA	Nº PLANO: 4 HOJA 1 DE 1
	PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE JAÉN	ESCALA: s/e (Formato DIN A3)
FECHA: SEPTIEMBRE 2018	SITUACIÓN: JAMILENA	REFERENCIA: 0001
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR.		

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	3
1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS DE APLICACIÓN	3
2. FASES DE EJECUCIÓN.....	4
2.1. Preparación de la obra	4
2.2. Comienzo de la obra.....	5
2.3. Ejecución de las obras	6
2.3.1. Dirección de obra	6
2.3.2. Contratista.....	7
2.3.3. Otros aspectos contractuales.....	8
2.4. Materiales	9
3. PLAZO DE EJECUCIÓN	10
4. RECEPCIÓN PROVISIONAL	10
5. GARANTÍA DE LA INSTALACIÓN.....	11
6. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	11
7. PAGO DE OBRAS.....	11
8. ABONO DE LOS MATERIALES ACOPIADOS	12
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	12
1. OBJETO	12
2. MÓDULO	12
3. INVERSOR	14
4. CABLEADO	15
5. PUESTA A TIERRA	16
6. SOPORTES DE FIJACIÓN.....	17
7. CONEXIÓN A RED	17
8. MEDIDA	17
9. PRUEBAS DE ENSAYO	18

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Se entiende por pliego de condiciones generales al conjunto de condiciones que han de cumplir todos los materiales empleados en la construcción de las instalaciones que se proyectan, así como las técnicas que se utilizan para la colocación y las que rigen la ejecución de las instalaciones que se vayan a realizar en el mismo, incluyendo también la entrega y el mantenimiento cubierto por la garantía de la instalación.

Se incorporan también todos derechos y obligaciones, que se establecen de forma contractual, para cada una de las partes, así como las relaciones que se dan entre cada una de las partes que intervienen en el proyecto.

En la ejecución del proyecto se seguirá todo lo establecido en el presente pliego de condiciones, tanto generales como técnicas, cumpliendo estos con lo establecido en la normativa vigente hasta la fecha de redacción del proyecto. En todo momento se cumplirán estrictamente las directrices de la Dirección de Obra.

Integran el contrato los siguientes documentos. Se encuentran clasificados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones por si hubiera algún tipo de contradicción, quedando así establecido la importancia de lo reflejado en cada uno de los documentos.

- 1) Las condiciones fijadas en el contrato de la empresa si existiese.
- 2) Pliego de Condiciones Particulares.
- 3) Pliego de Condiciones Generales.
- 4) Demás documentos básicos del proyecto, que seguirán el orden de prelación establecidos en la memoria (punto 12. Orden de prioridad entre los documentos básicos).

Ante cualquier duda, consultar con la Dirección de Obra.

1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS DE APLICACIÓN

- 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.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

- UNE-EN 50618:2015 Cables eléctricos para sistemas fotovoltaicos.
- Demás normas UNE-EN que sean de aplicación.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Directiva EMC 61000: Compatibilidad Electromagnética.
- Directiva de baja tensión EN 62109.
- Orden ETU/1282/2017, de 22 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018.
- Normas particulares Endesa.
- Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley 31/1995 Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Código Técnico de la Edificación (CTE) de 2006.

2. FASES DE EJECUCIÓN

2.1. Preparación de la obra

Previamente a la formalización del Contrato, el Contratista deberá haber visitado y examinado el emplazamiento de las obras, y de sus alrededores, y se habrá asegurado que las características del lugar, su climatología, medios de acceso, vías de comunicación, instalaciones existentes, etc., no afectarán al cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

El contratista deberá de comunicar a la Dirección de la Obra, durante el periodo de preparación y antes del comienzo de la obra cualquier detalle complementario que no se encuentre reflejada en los documentos contractuales o que pueda llevar a confusión, la memoria de organización de obra y el calendario de ejecución que se seguirá para llevar a cabo la construcción de las instalaciones.

Todas las operaciones que el Contratista realice siendo estas necesarias para la ejecución de las obras, y también la circulación por las vías vecinas que este precise, serán realizadas de forma que no produzcan daños, molestias o interferencias no razonables a los propietarios vecinos o a posibles terceras personas o propietarios afectados.

El Contratista ostentará la jefatura de todo el personal de obra, ya sea de ejecución o mantenimiento de todas las instalaciones necesarias para la protección. iluminación y vigilancia del lugar de las obras.

Desde el punto de vista de la seguridad y salud e higiene en la preparación de la obra, se establecen los siguientes requisitos:

- El Contratista instalará un vallado permanente, desde antes del inicio de las obras hasta la finalización de estas, siendo como mínimo igual al exigido por las Autoridades del lugar de emplazamiento de las obras.
- También instalará todos los servicios higiénicos que sean precisos para el personal que intervenga en las obras, de conformidad con los Reglamentos del Trabajo.
- Serán expuestos por el contratista a la Dirección Técnica los materiales o procedimientos no tradicionales, caso de interesar a aquel su empleo; el acuerdo para ello deberá hacerse constar tras el informe Técnico pertinente de ser necesario lo más rápidamente posible.

En cualquier actividad que se requiera de un estudio especial siendo este necesario para la ejecución del trabajo, el Contratista deberá de obtener la aceptación técnica por parte de la Dirección de Obra para poder iniciar dicha actividad.

2.2. Comienzo de la obra

La obra se considerará comenzada tras la aceptación del replanteo; en ese momento se levantará un Acta. El Contratista será responsable de replanteo correcto de las obras, a partir de los puntos de nivel de referencias que serán notificados por la Propiedad.

Será igualmente responsable de que los niveles, alineaciones y dimensiones de las obras ejecutadas sean correctas, y de proporcionar los instrumentos y mano de obra necesarios para conseguir este fin.

Si durante la realización de las obras se apreciase un error en los replanteos, alineaciones o dimensiones de una parte cualquiera de las obras, el Contratista procederá a su rectificación a su costa. La verificación de los replanteos, alineaciones o dimensiones por la Dirección de Obra no eximirá al Contratista de sus responsabilidades en cuanto a sus exactitudes.

El Contratista deberá cuidadosamente proteger todos los mojones, estacas y señales que contribuyan al replanteo de las obras.

Todos los objetos de valor encontrados en las excavaciones en el emplazamiento, tales como fósiles, monedas, otros restos arqueológicos o elementos de valor geológico, serán considerados como propiedad del Propietario, y el Contratista, una vez enterado de la existencia de los mismos, se lo notificará al Propietario y tomará todas las medidas y precauciones necesarios, según le indique la propiedad, para impedir el deterioro o destrucción de estos objetos.

Caso de que estas instrucciones del Propietario encaminadas a este fin, comportasen alguna dificultad para el cumplimiento de las obligaciones del Contrato, el Contratista se lo hará notar así al Propietario para una solución equitativa de estas dificultades.

2.3. Ejecución de las obras

2.3.1. Dirección de obra

Los derechos y obligaciones de la Dirección de obra serán las siguientes:

- Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza, complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones necesarias para corregir dicha contingencia.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que esta considere convenientes para garantizar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole en su caso, las órdenes oportunas para solucionar cualquier error en la ejecución.

Estas funciones no relevarán en ningún momento al Contratista de sus obligaciones según el Contrato.

Una vez se finalicen las obras, realizará las mediciones de obra ejecutada, realizará y aprobará las certificaciones parciales, así como la certificación final de obra, asesorando al promotor en el acto de recepción de las instalaciones.

Si la Dirección de obra cree que es necesario llevar a cabo un trabajo que sea susceptible de retardar la ejecución de las obras, o provocar un coste adicional, deberá consultarlo con el Propietario y no podrá actuar sin la previa conformidad de este. Las aprobaciones de la Dirección de obra no eximirán al Contratista de su responsabilidad ante vicios ocultos no observados en el momento de la aprobación.

Se establece expresamente que las instrucciones de la Dirección de Obra tendrán carácter ejecutivo y serán cumplidas por el Contratista sin perjuicio de las demandas posteriores por las partes interesadas, y de las responsabilidades a que hubiese lugar. Se incluyen las instrucciones:

- Para demoler o corregir las obras que no hayan sido ejecutadas según las condiciones del contrato.
- Para retirar y reemplazar los prefabricados y materiales defectuosos.
- Para asegurar la buena ejecución de los trabajos.
- Para conseguir respetar el calendario de ejecución.

2.3.2. Contratista

Al igual que la dirección de obra, el Contratista tiene una serie de derechos y obligaciones que se reflejan en el presente documento contractual y que ha de cumplir estrictamente para que la ejecución de los trabajos se realice conforme a lo proyectado. Estos se reflejan en los siguientes párrafos.

El Contratista deberá, permanentemente, tomar las medidas razonables para prevenir cualquier acción ilegal, sediciosa o política que pueda alterar el orden de la obra o perjudicar a las personas o bienes situados en las proximidades.

Si el Contratista estima que las órdenes que le han sido dirigidas son contrarias a sus obligaciones contractuales, o que le exceden, deberá expresar sus reservas en un plazo de 15 días a partir de su recepción.

El Contratista deberá suministrar, con la periodicidad que le indique la Dirección de obra, un listado de todo el personal empleado en las obras, indicando nombres y categorías profesionales. También se compromete a emplear personal únicamente en conformidad con la Reglamentación Laboral Vigente, y será responsable total en caso de que este requisito no se cumpla.

Respecto al personal de trabajo

El Contratista tiene la responsabilidad de aportar todo el personal necesario, debiendo estar este perfectamente cualificado para la realización del trabajo, tanto en sus niveles de dirección y organización o administración como en los de ejecución, para el correcto cumplimiento de las obligaciones contractuales. Si alguno de estos trabajadores tuviera un comportamiento defectuoso o negligente, o realice imprudencias temerarias en la realización de los trabajos que se reflejan en el contrato podrá rechazar o exigir la retirada inmediata de todo el personal del Contratista, debiendo este de asignar un nuevo personal.

Designará a uno de sus trabajadores, como Representante, a todos los efectos, para la realización de las obras. Este Representante deberá tener la experiencia y calificación necesaria para el tipo de obra que se trate, y deberá merecer la aprobación de la Dirección de obra. El Representante será asignado exclusivamente a la obra objeto de este contrato y deberá permanecer en la obra durante la jornada normal de trabajo, donde atenderá a los requerimientos de la Dirección de Obra actuando como interlocutor válido y responsable en nombre del Contratista. Caso de que la Dirección de Obra observase defectos en el comportamiento del Representante, podrá retirarle su aprobación y solicitar un nuevo Representante que será facilitado por el Contratista sin demora excesiva.

El Contratista facilitará a sus expensas, el transporte, alojamiento y alimentación para el personal, caso de que sean necesarios.

El Contratista deberá, en todas sus relaciones con el personal, así como por sus consecuencias para el cumplimiento de sus obligaciones contractuales, tener presentes las fiestas y días no hábiles por razones religiosas o políticas que estén reglamentadas o que constituyan tradición en la localidad.

Todos los requisitos indicados en el Contrato, para el personal del Contratista, **se aplicarán igualmente al de sus subcontratistas**, y el Contratista será el responsable total de que sean cumplidos. Especialmente, el Contratista será responsable del cumplimiento de todas las obligaciones de la Seguridad Social de sus subcontratistas.

2.3.3. Otros aspectos contractuales

El Promotor no podrá dar órdenes directamente al Contratista, sino que deberá de comunicarlas a la Dirección Técnica para ver si pueden ser aceptadas y esta posteriormente ha de comunicárselas al Contratista.

En caso de que la Propiedad decidiese sustituir a las personas o sociedades encargadas de la Dirección de obra, podrá hacerlo, notificándose así al Contratista. Las atribuciones y responsabilidades de esta nueva Dirección de Obra serán las mismas establecidas en Contrato para los anteriores.

La Propiedad podrá solicitar al Contratista que todo su personal lleve un distintivo adecuado, a efectos de controlar el acceso a las obras.

La Propiedad tendrá la facultad de hacer intervenir, simultáneamente, en las obras a otros constructores o instaladores o personal propio suyo, además del Contratista participante en este Contrato. La coordinación entre el Contratista y los demás constructores se hará según las instrucciones de la Dirección de Obra. El Contratista se compromete a colaborar en estas instrucciones, teniendo en cuenta que deberán estar encaminadas a conseguir una mejor realización de las obras sin producir perjuicio alguno al Contratista. Este no podrá negarse a la prestación a los demás constructores o a la Propiedad, de sus medios auxiliares de elevación o transporte, o instalaciones auxiliares, tales como agua potable o de obra, servicios higiénicos, electricidad, siempre que esta utilización no le cause perjuicios o molestias apreciables y recibiendo como contraprestación por este servicio, unas cantidades razonables en función de los costes reales de las mismas.

En el caso de que se produzcan daños entre el Contratista y cualquier otro constructor o instalador participante en la obra, el Contratista está de acuerdo en resolver estos daños directamente con el constructor o instalador interesado, evitando cualquier reclamación que pudiera surgir hacia la Propiedad.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de material sobrante, hacer desaparecer las instalaciones

provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

2.4. Materiales

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas refleje una procedencia determinada.

Todos los materiales serán de la mejor calidad y su colocación será perfecta. Tendrán las dimensiones que marquen los documentos del Proyecto y la Dirección Facultativa.

El transporte, recepción, acopio, manipulación y empleo de los materiales se hará de manera que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Contratista deberá presentar al Director de Obra una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Si la Dirección de Obra así lo requiere, el Contratista le presentará muestras de los materiales antes de su empleo en la obra, de manera que si no da su aprobación no podrán utilizarse en la ejecución del proyecto.

Materiales no utilizables generados durante la ejecución del proyecto

El Contratista transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra, haciéndose cargo del coste que esto suponga. Se retirarán de esta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese nada reflejado sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Director de Obra, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando ante la falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Director de Obra dará orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o cumplan el objeto a que se destinan.

Si a los quince días de recibir la orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la Contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán, pero con la rebaja del precio de aquél que determine o acuerde, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros que se encuentren en perfectas condiciones.

3. PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo

del Contratista. Si el Contratista no cumplierse estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

5. GARANTÍA DE LA INSTALACIÓN

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

6. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

7. PAGO DE OBRAS

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra

*INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO
EN UNA INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO*

parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

8. ABONO DE LOS MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Se refleja cuál es el objeto de esta parte del documento y además de esto, se ponen de manifiesto las características técnicas necesarias de los distintos elementos que conforman la instalación eléctrica y mecánica para que el proyecto se ejecute con la máxima calidad posible.

1. OBJETO

El objeto de este documento es reflejar de manera contractual cuales son las condiciones técnicas de los distintos materiales y equipos utilizados en la ejecución material del proyecto, de manera que este se ejecute de acuerdo con lo proyectando, garantizando así que la instalación final tenga la calidad necesaria para cumplir su cometido por el cuál se decide llevar a cabo la ejecución del proyecto.

2. MÓDULO

En caso de la no disponibilidad en fabrica del módulo especificado en la memoria con el cual se ha llevado a cabo el diseño de la instalación, ya sea por falta de existencias en fábrica o por su descatalogación, podrá utilizarse cualquier módulo equivalente a este que presente la misma potencia pico, siempre y cuando no supere los valores límites para los que han sido elegidos el resto de los equipos de la instalación.

Sea cual sea el módulo a instalar, deberá de cumplir las siguientes especificaciones.

Todos los módulos que se instalen deberán de ser del mismo modelo, de manera que se aseguren que tienen las mismas características físicas y eléctricas y, por lo tanto, garantice así la calidad en el funcionamiento del generador de acuerdo con lo proyectado. Las características físicas anteriormente citadas, corresponderán, en cualquier caso, a las que el módulo presenta en condiciones estándar de media (CEM), siendo estas las siguientes:

- Irradiancia: 1000 W/m².
- Distribución espectral: AM 1,5 G.
- Temperatura de célula: 25 °C.

Los módulos serán de clase II, con el certificado por TUV y deberán satisfacer las especificaciones reflejadas en las normas UNE/CEI e ISO aplicables a estos, y de manera especial las normas IEC 61215 y UL1703. Además de esto, deberán de mantener la potencia nominal por encima del 90% los primeros 10 años y del 80% hasta que se alcancen los 25 años.

Todos los módulos instalados deberán de reflejar el símbolo CE que da conformidad a este producto dentro de la legislación de la Unión Europea según lo que se establece en la Directiva 93/68/EEC. Además de esto, los módulos deberán de llevar una rotulación en la que se reflejen las principales características físicas y eléctricas del módulo, así como el fabricante y el número de serie del lote de fabricación.

Deberán de incorporar diodos de derivación para garantizar así, la imposibilidad de faltas en las células con un grado de protección IP65.

Si la Dirección de Obra así lo requiere, se le realizará un ensayo para comprobar que las características del módulo cumplen con las especificadas por el fabricante, debiendo estas encontrarse dentro de los valores nominales especificados con un margen de $\pm 10\%$. Si las pruebas realizadas resultan no satisfactorias se desechará el módulo correspondiente y comprobará alguna existencia más para verificar que esto es un defecto aislado. Si esto no ocurre así la Dirección de Obra tomará las medidas oportunas para solucionar el problema siempre y cuando se cumplan las condiciones contractuales que en este documento se presentan. También será rechazado cualquier módulo que presente algún tipo de defecto de fabricación como pueden ser roturas o manchas, desalineación de las células, conductores en mal estado, etc.

Todos los módulos de la instalación deberán de estar conectados a tierra, ya que están recubiertos por un marco metálico de aluminio anodizado, garantizando así la protección.

3. INVERSOR

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Las características básicas del inversor son las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutado.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionará en isla o modo aislado.

La caracterización del inversor debe realizarse de acuerdo con lo establecido en las siguientes normas:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- IEC 62116. Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.

Además, cumplirá con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica de Compatibilidad Electromagnética debiendo estas ser certificadas por el fabricante, e incorporando protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como micro-cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, ha de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética

El inversor ha de incorporar, al menos, los manuales de encendido y apagado general del inversor y de conexión y desconexión de este a la interfaz de corriente alterna. Estos manuales servirán también para la realización de las pruebas de funcionamiento de la instalación.

La garantía mínima que proporciona el fabricante del inversor ha de ser como mínimo de 3 años.

Desde el punto de vista eléctrico, el inversor debe de cumplir las siguientes características:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
- El rendimiento de potencia del inversor, para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
- De acuerdo con lo establecido en el artículo 12 (condiciones de conexión) del Real Decreto 1699/2011, el factor de potencia de la energía suministrada a la red de la empresa distribuidora debe ser lo más próximo posible a la unidad y, en todo caso, superior a 0,98 cuando la instalación trabaje a potencias superiores al 25 % de su potencia nominal.
- Debe tener un grado de protección mínima IP 20 si se instala en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para instalaciones a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

4. CABLEADO

En este apartado se tratarán los aspectos del pliego de condiciones técnicas relacionadas tanto con el cableado de corriente alterna como el de corriente continua.

Los conductores utilizados en el conexionado de la instalación serán los definidos en la memoria del proyecto. Estos, de acuerdo con lo establecido en el punto 5 de la ITC-BT 40 los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión, a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior no será superior al 1,5% para la intensidad nominal.

Además de esto, atendiendo a la forma de instalación de los conductores tendremos que acogernos a lo establecido en las ITC-BT 19 e ITC-BT 21 y la norma UNE 20460-5-52.

El cableado utilizado en la parte de corriente continua será de clase V y adecuado para el tramo de intemperie que se tiene en la cubierta o para cualquier otro tipo de instalación en la que deba instalarse para garantizar el buen funcionamiento de la instalación siguiendo con lo establecido en la norma UNE-50618:2015.

Los conductores de corriente continua han de ser flexibles y deben ser de cobre. Además, deben de tener una tensión asignada de 1,8 kV y una sección determinada. Para los conductores de rama se utilizarán conductores con una sección que oscile entre los 2,5 mm² y los 35 mm², siendo de color rojo los conductores de polaridad positiva y de color negro los de polaridad negativa. Los conductores de conexionado de cajas con el inversor se utilizarán conductores con una cubierta de color negro y una sección entre 16 y 300 mm².

5. PUESTA A TIERRA

El electrodo de tierra que se utilizará para la instalación fotovoltaica será el mismo que hay dispuesto para la instalación eléctrica de baja tensión de la industria.

Se realizará la conexión del electrodo de tierra con los conductores de protección y tierra mediante un bornero de tierra. El conductor utilizado en la puesta tendrá las características definidas en la memoria.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 15 del Real Decreto 1699/2011 por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, se deberán de cumplir las siguientes condiciones en las instalaciones de puesta a tierra de las instalaciones:

1. La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
2. La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadores, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
3. Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.

6. SOPORTES DE FIJACIÓN

De acuerdo con estos soportes para instalación integrada en cubierta, la altura libre final del módulo debe ser como mínimo 130 mm, debiendo de verificarse esta condición tras la instalación de los módulos.

Esta estructura ha sido diseñada según lo establecido en las normas UNE-EN 1991-1-3:2004 en la que se especifica que deben de soportar unas cargas de nieve de 200 N/m² y la UNE-EN 1991-1-4:2007 para unas cargas de viento de 29 m/s.

Deberá de cumplir también lo establecido en el CTE.

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo. Esta fijación se realizará con tornillos de acero inoxidable cumpliendo con lo establecido en la norma MV-106.

La fijación de los módulos a la cubierta se realizará de acuerdo con las condiciones de instalación que se establecen en la memoria, tanto de inclinación como la disposición de estos.

7. CONEXIÓN A RED

Se tendrá que cumplir en todo momento lo establecido en el RD 1699/2011, más concretamente a lo expuesto en los artículos 12 y 13 donde se regulan las condiciones de conexión y las mismas para conexión en redes interiores respectivamente.

En el artículo 12 se establece que los esquemas de conexión deben responder al principio de minimización de pérdidas en el sistema, favoreciendo el mantenimiento de la seguridad y calidad de suministro y posibilitando el trabajo en isla, sobre sus propios consumos, nunca alimentando a otros usuarios de la red. Además, la configuración debe asegurar la fiabilidad, por lo que tenemos que tener una red trifásica con un desequilibrio entre fases inferior a 5 kW.

El factor de potencia deberá de tener el valor que se ha establecido en las condiciones del inversor.

8. MEDIDA

El punto de medida se ajustará a lo establecido en los requisitos y condiciones del RD 1110/2007 por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, y la reglamentación vigente en materia de medida y seguridad y

calidad industrial, cumpliendo los requisitos necesarios para permitir y garantizar la correcta medida y facturación de la energía producida.

El circuito de generación estará conectado en el mismo punto que el de consumo, teniendo este una conexión en paralelo. Como tenemos una instalación de generación conectada a una red interior que se acoge a la modalidad de autoconsumo tipo II y que solo va a vender el excedente, se instalará un único equipo de medida con registro de generación y consumo independiente.

9. PRUEBAS DE ENSAYO

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.

Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los requisitos establecidos en el pliego de condiciones generales.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

INDICE

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	3
2. CUADRO DE DESCOMPUESTOS	8
3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	14

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CA01 GENERADOR FOTOVOLTAICO									
SUBCAPÍTULO SCA01 Conductores DC									
CR01	m mI conductor rama polaridad + Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", instalado sobre cubierta, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color rojo. Incluye instalación y conexionado.						140,00	1,21	169,40
CC101	m mI conductor CC-inversor pol + en bandeja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado sobre rejiband electrosoldada de 35x100 mm con montaje en techo, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						21,50	22,91	492,57
CC102	m mI conductor CC-inversor pol - en bandeja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado sobre rejiband electrosoldada de 35x100 mm con montaje en techo, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						21,50	22,91	492,57
CR02	m mI conductor rama polaridad - Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN", instalado sobre cubierta, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						140,00	1,21	169,40
CC103	m mI conductor CC-inversor pol + en tubo Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado en el interior de tubo de 20 mm de diámetro con montaje sobre pared, polaridad +, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						8,00	4,16	33,28
CC104	m mI conductor CC-inversor pol - en tubo Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado en el interior de tubo de 20 mm de diámetro con montaje sobre pared, polaridad -, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						8,00	4,16	33,28

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CCI05	m ml conductor CC-inversor pol + en zanja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado en el interior de tubo de 63 mm de diámetro enterrado en zanja, polaridad +, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						13,00	20,80	270,40
CCI06	m ml conductor CC-inversor pol - en zanja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMIAN" instalado en el interior de tubo de 63 mm de diámetro enterrado en zanja, polaridad -, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.						13,00	14,58	189,54
TOTAL SUBCAPÍTULO SCA01 Conductores DC									1.850,44
SCA01	Conductores DC						1,00	1.850,44	1.850,44
MOD01	u Módulo fotovoltaico 275 Wp Unidad de módulo solar fotovoltaico de la casa comercial Trina Solar modelo TSM-DC05A.05 de 275 Wp instalado sobre cubierta en soporte KH915 Elevado de 130 mm de altura libre de aluminio. Incluye accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico entre módulos, sin incluir la estructura soporte. Totalmente montado, conexionado y probado.						108,00	207,65	22.426,20
SCA02	Conductores AC						1,00	454,00	454,00
SOP01	u Soporte instalación 20 uds Soporte de instalación integrada en cubiertas metálicas para 20 módulos fotovoltaicos de Aluminio EN AW 6005A T6 con tornillería de acero inoxidable. Incluye instalación y todo el material necesario para ello.						4,00	454,27	1.817,08
SOP02	u Soporte instalación 7 uds						4,00	172,24	688,96
TOTAL CAPÍTULO CA01 GENERADOR FOTOVOLTAICO.....									27.246,68

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CA02 CUADROS, PROTECCIONES Y MONITORIZACIÓN									
SUBCAPÍTULO PT01 Elementos puesta a tierra									
EPT01	m Conductor protección 16 mm ² Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025. Instalado y conectado.						20,00	4,54	90,80
EPT02	m Cable enlace electrodo Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .						3,00	4,79	14,37
EPT03	ud Barra conexión equipotencial Barra para conexión equipotencial para las masas de tierra. Instalada y perfectamente conectada.						1,00	66,83	66,83
TOTAL SUBCAPÍTULO PT01 Elementos puesta a tierra.....									172,00
SUBCAPÍTULO MYM Monitorización y medida									
MAC	ud Módulo acometida Unidad de módulo para acometida con caja general de protección de 160 A e interruptor seccionador de 4P de 100 A de intensidad nominal para la desconexión manual de la instalación con bloqueo de seguridad en su posición de apertura. Incluye instalación.						1,00	658,96	658,96
MON01	ud Equipo de monitorización Equipo para la monitorización de la instalación fotovoltaica. Incluye suministro e instalación de la fibra óptica necesaria (8 fibras multimodo y demás elementos para el conexionado y fusiones), cable Ethernet, unidad de conmutador ethernet 10/100 Mbps, tolerante a fallos e interface de enlace para módulo de fibra., servidor industrial 19", estación meteorológica y router WLAN.						1,00	2.395,00	2.395,00
EMFG	ud Equipo medida facturación generación Equipo de medida para facturación de generador fotovoltaico formado por contador electrónico clase 0,5 con medida de activa y reactiva bidireccional, registrador electrónico, modem para comunicación, regleta de verificación, 3 transformadores de intensidad 200/5 A, clase 0,5. Armario homologado para contención de equipos y total instalación.						1,00	3.526,32	3.526,32
TOTAL SUBCAPÍTULO MYM Monitorización y medida.....									6.580,28

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPÍTULO CYC Cajas y cuadros									
CCDC	ud Caja de conexión DC Caja de conexión de corriente continua para la conexión de los conductores de las 3 ramas de los subgeneradores. Incluye interruptores automáticos magnetotérmicos y descargadores de sobretensión para la protección completa de las ramas de los subgeneradores. Caja homologada e instalada.						2,00	708,15	1.416,30
CPAC	ud Cuadro de protección AC Cuadro de protección para corriente alterna. Incluye Descargador sobretensiones Tipo 2, interruptor automático magnetotérmico de 63 A e interruptor diferencial clase A de 63 A. Caja homologada e instalada.						1,00	489,73	489,73
CCINV01	ud Caja de conexión inversor Caja de conexión para C/C para la entrada hacia el inversor de 1 entrada y 1 salida. Incluye 1 interruptor seccionador bipolar de 50 A de intensidad nominal, tensión de servicio de 800 Vdc, grado de protección IP65.						2,00	384,69	769,38
TOTAL SUBCAPÍTULO CYC Cajas y cuadros.....									2.675,41
TOTAL CAPÍTULO CA02 CUADROS, PROTECCIONES Y MONITORIZACIÓN.....									9.427,69

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO CA03 INVERSORES									
INV01	u Inversor SMA 15 kW								
	Inversor central trifásico STP 15000TL-30 de la casa comercial SMA para conexión a red, potencia máxima de entrada 15,33 kW, voltaje de entrada máximo (Vdc,max abs) 1000 Vdc, rango de tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp,min-Vmpp,max) 240-800 V, potencia máxima de salida 15 kW, eficiencia máxima 98,4% y eficiencia europea de 98,0% . Incluye accesorios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado.								
							2,00	2.880,67	5.761,34
	TOTAL CAPÍTULO CA03 INVERSORES								5.761,34
	TOTAL								42.435,71

2. CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO CA01 GENERADOR FOTOVOLTAICO						
SUBCAPÍTULO SCA01 Conductores DC						
CR01	m		mI conductor rama polaridad + Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN", instalado sobre cubierta, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo E6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color rojo. Incluye instalación y conexionado.			
CDCR	1,000	m	Conductor polaridad +	0,56	0,56	
MO0005	0,018	h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	0,33	
MO0006	0,018	h	Ayudante electricista	16,40	0,30	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	0,60	0,02	
TOTAL PARTIDA.....						1,21
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS						
CC101	m		mI conductor CC-inversor pol + en bandeja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado sobre rejband electrosoldada de 35x100 mm con montaje en techo, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo E6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.			
CDC101	1,000	m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
MO0005	0,157	h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	2,85	
MO0006	0,157	h	Ayudante electricista	16,40	2,57	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	5,40	0,16	
RJBND	1,000	m	m.I rejband 35x100 mm	10,13	10,13	
MO01	0,157	h	Plataforma elevadora	39,80	6,25	
TOTAL PARTIDA.....						22,91
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS						
CC102	m		mI conductor CC-inversor pol - en bandeja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado sobre rejband electrosoldada de 35x100 mm con montaje en techo, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo E6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.			
CDC101	1,000	m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
MO0005	0,157	h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	2,85	
MO0006	0,157	h	Ayudante electricista	16,40	2,57	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	5,40	0,16	
RJBND	1,000	m	m.I rejband 35x100 mm	10,13	10,13	
MO01	0,157	h	Plataforma elevadora	39,80	6,25	
TOTAL PARTIDA.....						22,91
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS						
CR02	m		mI conductor rama polaridad - Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN", instalado sobre cubierta, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x4 mm² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo E6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexionado.			
CDCR	1,000	m	Conductor polaridad -	0,56	0,56	
MO0005	0,018	h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	0,33	
MO0006	0,018	h	Ayudante electricista	16,40	0,30	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	0,60	0,02	
TOTAL PARTIDA.....						1,21
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS						

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CCI03	m	mI conductor CC-inversor pol + en tubo Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado en el interior de tubo de 20 mm de diámetro con montaje sobre pared, polaridad +, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexión.			
CDCI01	1,000 m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
TB01	1,000 m	Tubo protector 20 mm de diámetro	1,49	1,49	
MO0005	0,047 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	0,85	
MO0006	0,050 h	Ayudante electricista	16,40	0,82	
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	1,70	0,05	
TOTAL PARTIDA.....					4,16

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

CCI04	m	mI conductor CC-inversor pol - en tubo Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado en el interior de tubo de 20 mm de diámetro con montaje sobre pared, polaridad -, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexión.			
CDCI01	1,000 m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
TB01	1,000 m	Tubo protector 20 mm de diámetro	1,49	1,49	
MO0005	0,047 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	0,85	
MO0006	0,050 h	Ayudante electricista	16,40	0,82	
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	1,70	0,05	
TOTAL PARTIDA.....					4,16

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con DIECISEIS CÉNTIMOS

CCI05	m	mI conductor CC-inversor pol + en zanja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado en el interior de tubo de 63 mm de diámetro enterrado en zanja, polaridad +, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexión.			
CDCI01	1,000 m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
MLZ01	1,000 m	Metro de zanja 0,4x1 m	13,63	13,63	
MO0006	0,175 h	Ayudante electricista	16,40	2,87	
MO0005	0,175 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	3,17	
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	6,00	0,18	
TOTAL PARTIDA.....					20,80

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTE EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

CCI06	m	mI conductor CC-inversor pol - en zanja Cable eléctrico unipolar, P-Sun CPRO "PRYSMAN" instalado en el interior de tubo de 63 mm de diámetro enterrado en zanja, polaridad -, resistente a la intemperie, para instalaciones fotovoltaicas, garantizado por 30 años, tipo ZZ-F, tensión nominal 0,6/1 kV, tensión máxima en corriente continua 1,8 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x16 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, de tipo EI6, cubierta de elastómero reticulado, de tipo EM5, aislamiento clase II, de color negro. Incluye instalación y conexión.			
CDCI01	1,000 m	Conductor conexión con inversor	0,95	0,95	
MLZ01	1,000 m	Metro de zanja 0,4x1 m	13,63	13,63	
TOTAL PARTIDA.....					14,58

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
MOD01		u	Módulo fotovoltaico 275 Wp Unidad de módulo solar fotovoltaico de la casa comercial Trina Solar modelo TSM-DC05A.05 de 275 Wp instalado sobre cubierta en soporte KH915 Elevado de 130 mm de altura libre de aluminio. Incluye accesorios de montaje y material de conexión eléctrico entre módulos, sin incluir la estructura soporte. Totalmente montado, conectado y probado.			
MF1	1,000	u	Módulo fotovoltaico TSM-DC05A.05 275 Wp	186,55	186,55	
MO0005	0,341	h	Oficial 1º. Instalador electricista.	18,13	6,18	
MO0002	0,341	h	Ayudante. Instalador de módulos solares.	16,40	5,59	
MF%	5,000	%	Costes Directos	186,60	9,33	

TOTAL PARTIDA..... 207,65

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS

SOP01		u	Soporte instalación 20 uds Soporte de instalación integrada en cubiertas metálicas para 20 módulos fotovoltaicos de Aluminio EN AW 6005A T6 con tornillería de acero inoxidable. Incluye instalación y todo el material necesario para ello.			
S20	1,000	u	Soporte 20 módulos	405,00	405,00	
MO0001	1,200	h	Oficial 1º. Instalador soporte	15,83	19,00	
MO0004	1,200	h	Ayudante instalador soporte	14,32	17,18	
PM1	40,000	u	Materia PM1	0,30	12,00	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	36,20	1,09	

TOTAL PARTIDA..... 454,27

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS

SOP02		u	Soporte instalación 7 uds			
S7	1,000	u	Soporte 7 módulos	155,00	155,00	
MO0001	0,420	h	Oficial 1º. Instalador soporte	15,83	6,65	
MO0004	0,420	h	Ayudante instalador soporte	14,32	6,01	
PM1	14,000	u	Materia PM1	0,30	4,20	
MO%	3,000	%	Costes indirectos mano de obra	12,70	0,38	

TOTAL PARTIDA..... 172,24

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y DOS EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO CA02 CUADROS, PROTECCIONES Y MONITORIZACIÓN**SUBCAPÍTULO PT01 Elementos puesta a tierra**

EPT01	m	Conductor protección 16 mm ²	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,e1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025. Instalado y conectado.			
CP01	1,000 m	Conductor protección	4,00	4,00		
MO0005	0,015 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	0,27		
MO0006	0,015 h	Ayudante electricista	16,40	0,25		
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	0,50	0,02		
TOTAL PARTIDA						4,54

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

EPT02	m	Cable enlace electrodo	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .			
CETT01	1,000 m	Conductor cobre desnudo de 35 mm ²	2,81	2,81		
MAXT01	0,100 UD	Materia auxiliar para instalaciones de toma de tierra	1,15	0,12		
MO0005	0,100 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	1,81		
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	1,80	0,05		
TOTAL PARTIDA						4,79

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

EPT03	ud	Barra conexión equipotencial	Barra para conexión equipotencial para las masas de tierra. Instalada y perfectamente conectada.			
BEC01	1,000 ud	Barra equipotencial	32,23	32,23		
MO0005	0,803 h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	14,56		
MO0006	0,803 h	Ayudante electricista	16,40	13,17		
ABL01	5,000 ud	Abrazadera de latón	1,15	5,75		
MAXT01	0,250 UD	Materia auxiliar para instalaciones de toma de tierra	1,15	0,29		
MO%	3,000 %	Costes indirectos mano de obra	27,70	0,83		
TOTAL PARTIDA						66,83

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

SUBCAPÍTULO MYM Monitorización y medida

MAC	ud	Módulo acometida	Unidad de módulo para acometida con caja general de protección de 160 A e interruptor seccionador de 4P de 100 A de intensidad nominal para la desconexión manual de la instalación con bloqueo de seguridad en su posición de apertura. Incluye instalación.			
Sin descomposición						
TOTAL PARTIDA						658,96

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

MON01	ud	Equipo de monitorización	Equipo para la monitorización de la instalación fotovoltaica. Incluye suministro e instalación de la fibra óptica necesaria (8 fibras multimodo y demás elementos para el conexionado y fusiones), cable Ethernet, unidad de conmutador ethernet 10/100 Mbps, tolerante a fallos e interfaz de enlace para módulo de fibra..., servidor industrial 19", estación meteorológica y router WLAN.			
Sin descomposición						
TOTAL PARTIDA						2.395,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS

EMFG	ud	Equipo medida facturación generación	Equipo de medida para facturación de generador fotovoltaico formado por contador electrónico clase 0,5 con medida de activa y reactiva bidireccional, registrador electrónico, modem para comunicación, regleta de verificación, 3 transformadores de intensidad 200/5 A, clase 0,5. Armario homologado para contención de equipos y total instalación.			
Sin descomposición						
TOTAL PARTIDA						3.526,32

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL QUINIENTOS VEINTISEIS EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
SUBCAPÍTULO CYC Cajas y cuadros						
CCDC		ud	Caja de conexión DC Caja de conexión de corriente continua para la conexión de los conductores de las 3 ramas de los subgeneradores. Incluye interruptores automáticos magnetotérmicos y descargadores de sobretensión para la protección completa de las ramas de los subgeneradores. Caja homologada e instalada.			
MTDC	3,000	ud	Interruptor magnetotérmico 13 A	22,63	67,89	
DPSTDC	3,000	ud	Descargador sobretensiones Tipo 1+2	202,23	606,69	
ECCX	1,000	ud	Caja de conexión	33,57	33,57	
TOTAL PARTIDA						708,15

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS OCHO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

CPAC		ud	Cuadro de protección AC Cuadro de protección para corriente alterna. Incluye Descargador sobretensiones Tipo 2, interruptor automático magnetotérmico de 63 A e interruptor diferencial clase A de 63 A. Caja homologada e instalada.			
DPSTAC	1,000	ud	Descargador sobretensiones Tipo 2	360,67	360,67	
MT02	1,000	ud	Interruptor magnetotérmico Acti 9 iK60N 63 A	124,92	124,92	
CDIN	1,000	ud	Carril DIN longitud 300 mm	4,14	4,14	
TOTAL PARTIDA						489,73

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS

CCINVM		ud	Caja de conexión inversor Caja de conexión para CC para la entrada hacia el inversor de 1 entrada y 1 salida. Incluye 1 interruptor seccionador bipolar de 50 A de intensidad nominal, tensión de servicio de 800 Vdc, grado de protección IP65.			
CNV	1,000	ud	Caja conexión inversor	185,00	185,00	
ISCC01	1,000	ud	Interruptor seccionador 63 A	38,71	38,71	
MO0005	1,300	h	Oficial 1ª. Instalador electricista.	18,13	23,57	
IMGT02	1,000	ud	Interruptor magnetotérmico Acti 9 iK60 25 A	137,41	137,41	
TOTAL PARTIDA						384,69

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

Instalación Fotovoltaica

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO CA03 INVERSORES						
INV01		u	Inversor SMA 15 kW Inversor central trifásico STP 15000TL-30 de la casa comercial SMA para conexión a red, potencia máxima de entrada 15,33 kW, voltaje de entrada máximo (Vdc,max abs) 1000 Vdc, rango de tensión en el punto de máxima potencia (Vmpp,min-Vmpp,max) 240-800 V, potencia máxima de salida 15 kW, eficiencia máxima 98,4% y eficiencia europea de 98,0%. Incluye accesorios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado.			
IAB01	1,000	u	Inversor trifásico 15 kW	2.599,90	2.599,90	
MO005	0,602	h	Oficial 1º. Instalador electricista.	18,13	10,91	
MO002	0,602	h	Ayudante. Instalador de módulos solares.	16,40	9,87	
IAB0%	10,000	%	Coste directo mantenimiento	2.599,90	259,99	
TOTAL PARTIDA						2.880,67

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL OCHOCIENTOS OCHENTA EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS

3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Instalación Fotovoltaica

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CA01	GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	27.246,68	64,21
CA02	CUADROS, PROTECCIONES Y MONITORIZACIÓN.....	9.427,69	22,22
CA03	INVERSORES.....	5.761,34	13,58
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		42.435,71	
	13,00% Gastos generales.....	5.516,64	
	6,00% Beneficio industrial.....	2.546,14	
SUMA DE G.G. y B.I.		8.062,78	
	21,00% I.V.A.....	10.604,68	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		61.103,17	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		61.103,17	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de SESENTA Y UN MIL CIENTO TRES EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE

1. DATOS BÁSICOS.....	3
2. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.....	4
2.1. Derechos y obligaciones.....	5
2.2. Evaluación de riesgos.....	5
2.3. Acción preventiva.....	6
2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.....	7
2.5. Medidas de emergencia.....	7
2.6. Obligaciones de los trabajadores en la prevención.	8
3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD	8
3.1. Obligaciones del empresario.....	9
4. DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.	9
4.1. Obligaciones del empresario.....	10
4.2. Disposiciones generales mínimas aplicables a los equipos.....	11
5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.	12
5.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.....	12
5.2. Medidas preventivas generales.	13
5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución.	14
6. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.	15
6.1. Obligaciones generales del empresario.	15
6.1.1. Equipo protector de cabeza.	15
6.1.2. Equipo protector de manos y brazos.	15
6.1.3. Equipo protector de pies y piernas.	15
6.1.4. Equipo protector del cuerpo.	16

1. DATOS BÁSICOS

PROYECTO: **PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO**

SITUACIÓN: **CALLE SAPILLO, Nº14, JAMILENA (JAÉN).**

PROMOTOR: **AYUNTAMIENTO DE JAMILENA**

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL:	42.435,71 €
GASTOS GENERALES (13% s/P.E.M.):	5.516,64 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% s/P.E.M.):	2.546,14 €
SUMA:	8.062,78 €
IVA 21%:	10.604,68 €

TOTAL (Presupuesto de Ejecución Contrata): **61.103,17 €**

Presupuesto Total de la Obra, asciende a la cantidad de: **SESENTA Y UN MIL CIENTO TRES Euros y DIECISIETE Céntimos (61.103,17 €).**

Se adjunta con el presente Proyecto, a los efectos de dar cumplimiento con el RD 1.627/1997. el correspondiente Estudio Básico de Seguridad y Salud, de conformidad con el art. 4.2. del citado R.D.

Se advierte al Promotor que, si al contratarse la obra, antes de su inicio o durante su ejecución material, se dan alguno de los supuestos incluidos en el art. 4.1 del RD 1.627/97.

1. El Promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
 - a) Que el PRESUPUESTO de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759 €.
 - b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables. Empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal, la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra sea inferior a 500.

La obra no podrá dar comienzo o, en su caso, deberá suspenderse, hasta tanto se redacte el correspondiente estudio de Seguridad y Salud en las obras, y el correspondiente Plan de Seguridad.

→ **Periodo de ejecución previsto:** **25 días**

→ **Nº estimado de trabajadores:**

	TRABAJADORES	DÍAS	JORNALES
- INSTALADOR (ESTRUCTURA)	5	4	20
- ELECTRICISTAS	2	3	6
- ALBAÑIL	3	4	12
Total	10	11	38
			38 < 500

Por lo que queda justificada la elaboración de este EBSS

Por otra parte, también se informa al promotor que **al coexistir en esta obra, más de una subcontrata**, tiene la **obligación de designar un COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD**, así como **ELABORAR UN PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD** para la ejecución esta obra, en cumplimiento de la normativa vigente.

2. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, por el que se regula la Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación de las garantías y responsabilidades para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos que se deriven de las condiciones de trabajo.

En dicho RD, aparecen una serie de normas, que han de cumplirse para que la seguridad de los trabajadores quede totalmente garantizada, siendo algunas de las más importantes las normas reflejadas a continuación.

- Disposiciones mínimas de señalización para la seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

2.1. Derechos y obligaciones

Los trabajadores, tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. Para ello, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de las medidas que sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. Para ello deberá realizar la correspondiente evaluación de riesgos presentes en la obra y una acción preventiva, de manera que se puedan establecer de manera adecuada, cuáles son las medidas que se han de tomar, y en caso de que ocurra algún accidente, la manera en la que hay que actuar.

Así mismo, los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

El empresario deberá de garantizar a los trabajadores un servicio de vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo.

2.2. Evaluación de riesgos

De alguna manera, se pueden clasificar las causas de los riesgos en las siguientes categorías:

- Insuficiente cualificación profesional del personal dirigente de obra, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos que no son de aplicación en los trabajos que se aplican o bien quedan fuera de sus posibilidades.
- Mal uso y conservación de las máquinas e instalaciones.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas y herramientas, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de la maquinaria si se pone esta en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:

- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.
 - Riesgos derivados del movimiento de estas, ya sea de la totalidad de la máquina o de alguna de sus partes como pueden ser árboles de transmisión, brocas, acoplamientos, etc.

2.3. Acción preventiva

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de la evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores indicada anteriormente, y que se realizará, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

El empresario aplicará las medidas preventivas con objetivo de cumplir los siguientes casos:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar y actuar para que no se produzca ningún accidente.
- Adoptar medidas de protección colectiva e individual, anteponiendo la primera.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

Además, el empresario deberá de encargarse de que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Las medidas y actividades de protección y prevención de los riesgos.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, mediante sus conocimientos y con los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos laborales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad. El/los trabajador/es designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

Si la empresa consta con menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

2.5. Medidas de emergencia.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

2.6. Obligaciones de los trabajadores en la prevención.

Corresponde a cada trabajador velar por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas.

Los trabajadores, de acuerdo con su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán:

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y cualquier otro medio con el que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD

Según el artículo 6 de la Ley 31/1995, del 8 de noviembre, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por lo expuesto anteriormente, Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

3.1. Obligaciones del empresario.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4. DISPOSICIONES MÍNIMAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Al igual que se indica en las disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud, se recurre a la Ley 31/1955. En el artículo 6 de dicha Ley, se encuentran las medidas mínimas destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio de 1.997, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.1. Obligaciones del empresario.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados, en caso de que los haya.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

4.2. Disposiciones generales mínimas aplicables a los equipos.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad, debiendo estos ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

Elevación de cargas.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con “pestillos de seguridad” y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

5.1. Riesgos más frecuentes en las obras de construcción.

Los Oficios más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Desprendimientos por mal apilado de material.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.

- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.

5.2. Medidas preventivas generales.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (módulos, perfilera metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura. El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable. Para ello, se tratará de que la carga y su volumen permitan manipularla con facilidad.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire,

apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

6. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

6.1. Obligaciones generales del empresario.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

6.1.1. Equipo protector de cabeza.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

6.1.2. Equipo protector de manos y brazos.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

6.1.3. Equipo protector de pies y piernas.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.

- Botas de protección impermeables.
- Rodilleras.

6.1.4. Equipo protector del cuerpo.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Comprobador de tensión.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO EN UNA
INDUSTRIA DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.

ESTUDIO ECONÓMICO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	3
2.1. Datos de partida	3
2.2. Análisis económico	4
3. CONCLUSIONES	5

1. INTRODUCCIÓN

Se realiza en el presente documento un estudio económico con el objeto de determinar la viabilidad económica de la ejecución del proyecto de la instalación fotovoltaica para autoconsumo en la industria del sector agroalimentario y además, dar una aproximación bastante acertada del beneficio que se podrá obtener así como el tiempo de amortización de la inversión inicial con una valoración a futuro.

Para ello, se lleva a cabo un estudio comparativo entre los gastos e ingresos que se tendrán como consecuencia de la explotación de la instalación y que serán debidos en gran medida al ahorro energético que esta suponga en la industria al tratarse de una instalación de autoconsumo. Es decir, el estudio de viabilidad económica ayuda a determinar si la ejecución del proyecto es rentable desde el punto de vista económico, sin tener en cuenta aspectos técnicos.

Se considera en dicho estudio una vida útil de la instalación de 25 años y una financiación realizada completamente con bienes propios además de diversos aspectos que se reflejarán en los siguientes puntos del presente documento.

2. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

2.1. Datos de partida

En la siguiente tabla se presentan los valores de partida que se han tenido en cuenta para la realización del estudio.

Potencia de la instalación (kWp)	29,7
Coste de la instalación (€/kWp)	2057,35
Coste total de la inversión (€)	61103,17
Financiación con recursos propios (% inversión)	100
Producción eléctrica P1 (kWh/año)	14035,1075
Producción eléctrica P2 (kWh/año)	29863,095
Producción eléctrica P3 (kWh/año)	80,211
Producción vertida a red (kWh/año)	2351,190
Vida útil de la instalación	25

Tabla 1: Datos generales.

Para la determinación de los ingresos se han tenido en cuenta los distintos valores de autoconsumo, vertido a red y precios de la energía para cada uno de los periodos tarifarios, siendo estos los siguientes:

Precio venta energía (€)	0,05
Energía a red anual (kWh)	2351
Autoconsumo P1 (kWh)	12671
Autoconsumo P2 (kWh)	28876
Autoconsumo P3 (kWh)	80
Precio energía P1 (€/kWh)	0,114571
Precio energía P2 (€/kWh)	0,096887
Precio energía P3 (€/kWh)	0,069842

Tabla 2: Precios y energía por periodos.

Teniendo en cuenta estos precios para esta cantidad de energía se tienen unos ingresos de:

Ingreso total autoconsumo (€)	4255,05
Ingreso red (€)	117,55

Tabla 3: Ingresos.

Se han considerado también los siguientes datos para la realización del estudio.

Tasa variación precio electricidad (%)	2
Tasa de descuento (%)	5

Tabla 4: Datos para estudio.

2.2. Análisis económico

Un proyecto de inversión es factible económicamente cuando la rentabilidad proporcionada por los activos es superior al coste de su pasivo, es decir, que el valor actual neto (VAN) es mayor que cero y la tasa interna de retorno (TIR) es mayor que el coste del capital pasivo. Así mismo como ya hemos mencionado, un proyecto de inversión es factible desde el punto de vista de la liquidez cuando presenta siempre un flujo de caja acumulado.

Aplicando todos los valores anteriores a cada uno de los años de la instalación y realizando los cálculos oportunos se tiene:

Año	Inversión	Ing red (€)	Ing autoconsumo (€)	Ing total (€)	Flujo de caja (€)	Flujo caja actualizado Año 0 (€)	Flujo caja acumulado (€)
0	61103,17				-61103,17	-61103,17	-61103,17
1		117,55	4255,05	4372,60	4372,60	4164,38	-56938,79
2		119,90	4340,15	4460,05	4460,05	4045,39	-52893,40
3		122,30	4426,95	4549,25	4549,25	3929,81	-48963,59
4		124,75	4515,49	4640,23	4640,23	3817,53	-45146,06
5		127,24	4605,80	4733,04	4733,04	3708,46	-41437,60
6		129,78	4697,91	4827,70	4827,70	3602,50	-37835,09
7		132,38	4791,87	4924,25	4924,25	3499,57	-34335,52
8		135,03	4887,71	5022,74	5022,74	3399,59	-30935,93
9		137,73	4985,46	5123,19	5123,19	3302,46	-27633,48
10		140,48	5085,17	5225,66	5225,66	3208,10	-24425,38
11		143,29	5186,88	5330,17	5330,17	3116,44	-21308,94
12		146,16	5290,61	5436,77	5436,77	3027,40	-18281,54
13		149,08	5396,43	5545,51	5545,51	2940,90	-15340,64
14		152,06	5504,36	5656,42	5656,42	2856,88	-12483,76
15		155,10	5614,44	5769,55	5769,55	2775,25	-9708,51
16		158,21	5726,73	5884,94	5884,94	2695,96	-7012,55
17		161,37	5841,27	6002,64	6002,64	2618,93	-4393,62
18		164,60	5958,09	6122,69	6122,69	2544,10	-1849,52
19		167,89	6077,25	6245,14	6245,14	2471,42	621,90
20		171,25	6198,80	6370,05	6370,05	2400,80	3022,70
21		174,67	6322,77	6497,45	6497,45	2332,21	5354,91
22		178,17	6449,23	6627,40	6627,40	2265,57	7620,48
23		181,73	6578,21	6759,94	6759,94	2200,84	9821,33
24		185,36	6709,78	6895,14	6895,14	2137,96	11959,29
25		189,07	6843,97	7033,05	7033,05	2076,88	14036,17

Tabla 5: Análisis económico.

Sobre los datos obtenidos anteriormente se ha analizado el VAN, TIR, PAY BACK y cociente entre beneficio y coste (BENF/COST).

Pay back	19
VAN (€)	14036,17
TIR (%)	7%
BENF/COSTE	1,23

Tabla 6: Resultado análisis económico.

3. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede ver que tiene un coeficiente BENF/COSTE de 1,23 lo que significa que por cada euro invertido se obtendrá una recuperación del 123%, o lo que es lo mismo, por cada euro invertido se ganará 1,23 € teniendo un beneficio neto de 23 céntimos de euro por euro invertido. Por otro lado, se observa que el tiempo aproximado para la recuperación de la inversión es de 19 años según el Pay back calculado.

Aunque el tiempo de recuperación de la inversión sea un poco elevado (19 años) la ejecución del presente proyecto tiene una viabilidad económica favorable ya que el valor actual neto (VAN) tienen valor positivo, es decir, es mayor que cero y el valor de la tasa interna de retorno (TIR) es superior al coste del capital pasivo.

En Jaén, Septiembre de 2018.



Fdo: Miguel Anguita Muñoz