



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Proyecto de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo  
sin excedentes sobre el depósito de Partidors en el término  
municipal de Sellent (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Álvarez Pastor, Gema

Tutor/a: González Altozano, Pablo

Cotutor/a externo: GONZALEZ PAVON, CESAR

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERIA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO  
NATURAL



## **Proyecto de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes sobre el depósito de Partidors en el término municipal de Sellent (Valencia)**

*Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del medio rural*

*Curso 2021 - 2022*

*Alumna: Álvarez Pastor, Gema*

*Tutor: González Altozano, Pablo*

*Cotutor externo: González Pavón, César*

**Título:** Proyecto de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes sobre el depósito de Partidors en el término municipal de Sellent (Valencia).

**Title:** Project of a self-consumption photovoltaic solar installation upon Partidors warehouse in the municipality of Sellent (Valencia).

**Titol:** Projecte d'una instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum sense excedents sobre el depòsit de Partidors en el terme municipal de Sellent (València).

**Resumen:**

Con el presente proyecto, se diseña, proyecta y presupuesta una instalación fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes para la alimentación de los equipos de bombeo de la Comunidad de Regantes del Valle de Cárcer y Sellent. Su finalidad es reducir el coste energético aprovechando la energía eléctrica producida con fuentes renovables.

Puesto que, en las épocas de mayores exigencias hídricas, los equipos de bombeo funcionan en la práctica totalidad del día, será necesario que la instalación sea híbrida tomando energía de la red en los momentos de baja radiación y por la noche.

Los módulos se dispondrán sobre una estructura metálica en el interior del depósito de Partidors a una altura adecuada para evitar sombreos en horas iniciales y finales del día. El dimensionado se llevará a cabo siguiendo la legislación vigente y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

**Resum:**

Amb el present projecte, es dissenya, projecta y es pressuposta una instal·lació solar fotovoltaica d'autoconsum sense excedents per l'alimentació dels equips de bombeig de la Comunitat de Regants del Valle de Cárcer y Sellent. La seua finalitat es reduir el cost energètic aprofitant l'energia elèctrica produïda amb fonts renovables.

Sabent que en les èpoques de major exigència hídrica, els equips de bombeig funcionen en amb la pràctica totalitat del dia, serà necessari que la instal·lació fora híbrida agafant energia de la ret en els moments de baixa radiació i per la nit.

Els mòduls es disposaran sobre una estructura metàl·lica en l'interior del depòsit de Partidors a una altura adequada per evitar ombrejos a les hores inicials y finals del dia. El dimensionat es durà a terme seguint la legislació vigent i el Reglament Electrònic de Baixa Tensió.

**Abstract:**

The project comprises the design, the planning and the budget of a self-consumption photovoltaic installation without surpluses for the power supply of the pumping equipment of the Irrigation Community of the Valle de Cárcer y Sellent. The purpose of the project is to reduce the energy bill and the carbon footprint of the pumping installations through renewable energies.

During periods of high water demand, the pumping equipment operates almost all day long. For this reason, the installation should be hybrid, taking energy from the electrical grid at the time of low radiation.

The modules will be placed on a metal structure inside the Partidors warehouse at a suitable height to avoid shading at the beginning and end of the day. The sizing will be carried out by the current legislation and the Low Voltage Electrotechnical Regulations.

**Palabras clave:** Fotovoltaica; Instalación eléctrica; bombeo; autoconsumo; riego

Keywords: Photovoltaic; Electrical installation; water pumping; self-consumption; irrigation

CoTutor externo: González Pavón, César

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer el esfuerzo, paciencia y dedicación de mi tutor Pablo González Altozano. Sin él no se podría haber llevado a cabo este proyecto.

Seguidamente, a mi cotutor y amigo César González Pavón por dedicar su tiempo y permitirme participar en el diseño de este proyecto.

Finalmente, a mi familia por su apoyo durante toda la carrera.

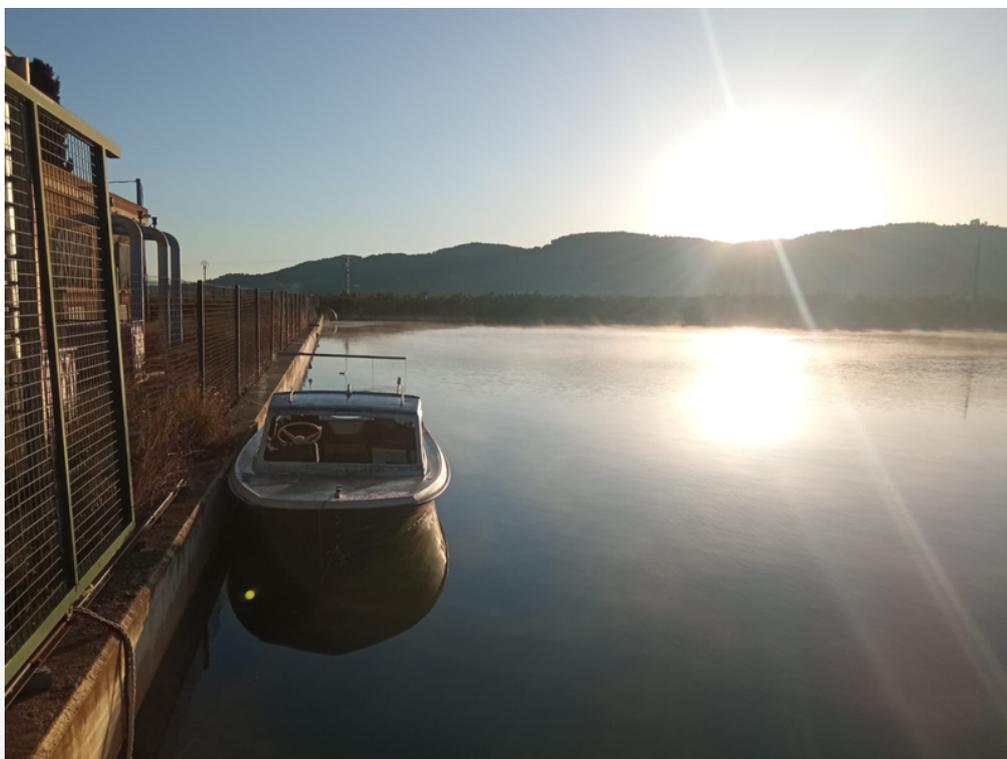
# Documentos Del Proyecto

- Documento N°1. Memoria y Anejos a la Memoria
- Documento N°2. Planos
- Documento N°3. Pliegos de Condiciones
- Documento N°4. Presupuesto
- Documento N°5. Estudio de Seguridad y Salud



# PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA SIN EXCEDENTES SOBRE EL DEPÓSITO DE PARTIDORS EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE SELLENT (VALENCIA)

**DOCUMENTO N°1. MEMORIA Y  
ANEJOS A LA MEMORIA**



**ALUMNA: GEMA ÁLVAREZ PASTOR**

**TUTOR: PABLO GONZÁLEZ ALTOZANO**

**COTUTOR EXTERNO: CÉSAR GONZÁLEZ PAVÓN**

**TRABAJO FINAL DE GRADO**



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica  
i del Medi Natural



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# **Memoria**

---

***Proyecto de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes sobre el depósito de Partidors en el término municipal de Sellent (Valencia).***

## ÍNDICE

|           |   |          |
|-----------|---|----------|
| <b>1</b>  | <b>GENERALIDADES.</b>                                       | <b>1</b> |
| 1.1       | Antecedentes.   | 1        |
| 1.2       | Objeto del proyecto.  | 1        |
| 1.3       | Alcance del proyecto.                                       | 1        |
| <b>2</b>  | <b>LIMITACIONES Y CONDICIONANTES.</b>                       | <b>1</b> |
| 2.1       | Técnicos.   | 1        |
| 2.2       | Legales.  | 1        |
| 2.3       | Administrativos.  | 2        |
| 2.4       | Ambientales.  | 2        |
| <b>3</b>  | <b>DESCRIPCIÓN GENERAL.</b>                                 | <b>3</b> |
| 3.1       | Localización.   | 3        |
| 3.2       | Consumo energético.   | 3        |
| 3.3       | Descripción de las instalaciones futuras.                   | 4        |
| 3.4       | Resumen de la instalación.                                  | 4        |
| <b>4</b>  | <b>DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.</b>                            | <b>5</b> |
| 4.1       | Instalación fotovoltaica.                                   | 5        |
| 4.1.1     | <i>Módulos fotovoltaicos.</i>                               | 6        |
| 4.1.2     | <i>Inversores de red.</i>                                   | 7        |
| 4.1.3     | <i>Sistema antivertido.</i>                                 | 9        |
| 4.1.3.1   | Registro de datos.  | 11       |
| 4.1.3.2   | Regulador de potencia.                                      | 11       |
| 4.1.4     | <i>Justificación de la potencia instalada.</i>              | 12       |
| 4.1.4.1   | Producción energética y consumos.                           | 12       |
| 4.1.4.2   | Potencia pico instalada.                                    | 12       |
| 4.1.4.2.1 | Cálculo del periodo de retorno de la inversión (PR).        | 13       |
| 4.1.5     | <i>Conexión, cableado y protecciones.</i>                   | 14       |
| 4.1.5.1   | En Corriente Continua.                                      | 14       |
| 4.1.5.2   | En corriente alterna.                                       | 14       |
| 4.1.5.2.1 | Cableado inversor a cuadro principal (CP).                  | 14       |
| 4.1.5.2.2 | Cableado CP a CP Bombas (CPB).                              | 15       |
| 4.1.5.3   | Protecciones en CC.   | 15       |
| 4.1.5.3.1 | Hornacina.  | 15       |
| 4.1.5.3.2 | Protecciones y medición.                                    | 16       |
| 4.1.6     | <i>Protecciones en CA.</i>                                  | 17       |
| 4.1.7     | <i>Puesta a tierra.</i>                                     | 17       |
| 4.1.7.1   | Puesta a tierra del campo fotovoltaico.                     | 17       |
| 4.1.7.2   | Puesta a tierra CP.   | 18       |
| 4.1.8     | <i>Sistema de control, automatización y comunicaciones.</i> | 18       |

|          |                                      |           |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| 4.1.9    | <i>Sistema de seguridad.</i>         | 21        |
| 4.2      | Estructura soporte.                  | 22        |
| 4.2.1    | <i>Parte aérea.</i>                  | 22        |
| 4.2.2    | <i>Parte sumergida.</i>              | 23        |
| 4.2.2.1  | Placas de anclaje.                   | 24        |
| 4.2.2.2  | Recubrimiento perfiles de acero.     | 25        |
| 4.2.3    | <i>Pasillo de acceso.</i>            | 26        |
| <b>5</b> | <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.</b> | <b>27</b> |
| <b>6</b> | <b>EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.</b>       | <b>27</b> |
| 6.1      | Plazo de ejecución.                  | 27        |
| 6.2      | Plan de obra.                        | 27        |
| <b>7</b> | <b>PRESUPUESTO.</b>                  | <b>28</b> |
| 7.1      | Presupuesto por capítulos.           | 28        |
| 7.2      | Resumen del presupuesto.             | 28        |

**ÍNDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Emplazamiento instalación FV en el depósito de Partidors. ....                      | 3  |
| Figura 2. Emplazamiento instalación FV. ....  | 5  |
| Figura 3. Planta general de la instalación generadora. ....                                   | 6  |
| Figura 4. Inversor de red. Huawei SUN2000-100KTL-M1 ....                                      | 8  |
| Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema antivertido. ....                             | 10 |
| Figura 6. Producción y autoconsumo en un año. ....  | 12 |
| Figura 7. Detalle de hornacina para protecciones eléctricas e inversor. ....                  | 16 |
| Figura 8. Esquema de la parte aérea de la estructura. ....                                    | 22 |
| Figura 9. Diagonal tipo CF (izq.) y correas perfiles 41/41 (der.). ....                       | 23 |
| Figura 10. Esquema de la estructura completa. ....  | 24 |
| Figura 11. Esquemas de placas de anclaje (izquierda) y del bloque de hormigón (derecha). .... | 24 |
| Figura 12. Esquema pasillo de acceso (izquierda) y material utilizado (derecha). ....         | 27 |
| Figura 13. Diagrama de Gantt. ....  | 28 |

**ÍNDICE DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Consumos energéticos cabezal de Partidors. ....      | 4  |
| Tabla 2. Características generales de la instalación FV. .... | 5  |
| Tabla 3. Características módulos fotovoltaicos. ....          | 7  |
| Tabla 4. Evolución de la potencia pico. ....                  | 13 |
| Tabla 5. Resumen mediciones cableado CC. ....                 | 14 |
| Tabla 6. Resumen cableado INV-CP. ....                        | 15 |
| Tabla 7. Resumen mediciones cableado CP-CPB. ....             | 15 |
| Tabla 8. Secciones de la toma de tierra. ....                 | 18 |
| Tabla 9. Presupuesto por capítulos. ....                      | 28 |

## **1 GENERALIDADES.**

### **1.1 Antecedentes.**

Se redacta y presupuesta el presente proyecto denominado "Proyecto de instalación solar fotovoltaica sin excedentes sobre el depósito de Partidors en el término municipal de Sellent (Valencia)" con el fin de reducir los costes de explotación por aplicación de energías renovables de la Comunidad de Regantes del Valle de Cárcer y Sellent.

La zona objeto de estudio es un área tradicional de cítricos donde la CCRR abastece de agua de riego a unas 1.564 hectáreas a partir de las aportaciones de aguas superficiales procedentes del Río Sellent. El sistema de riego utilizado en el origen era tradicional, por lo que la Comunidad de Regantes del Valle de Cárcer y Sellent inició una serie de transformaciones del regadío y de su infraestructura. Las distintas actuaciones realizadas fueron propiciadas por la *Consellería d'Agricultura, Pesca i Alimentació*.

### **1.2 Objeto del proyecto.**

El objeto del presente proyecto es, establecer y justificar los datos constructivos que permitan la ejecución de la instalación fotovoltaica que alimente parte de los equipos de bombeo necesarios para la impulsión de agua.

La finalidad de la instalación objeto de proyecto es conseguir una mejora de la eficiencia del consumo eléctrico del bombeo además de conseguir una notable reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **1.3 Alcance del proyecto.**

El alcance del presente proyecto vendrá dado por la instalación generadora, la transformación de la corriente continua (c.c.) en corriente alterna (c.a.), así como las protecciones necesarias para garantizar la seguridad de las personas y de la instalación y finalmente la estructura metálica que irá dispuesta en el interior del depósito de Partidors.

El proyecto consta de Memoria, Anejos, Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Estudio de Seguridad y Salud.

## **2 LIMITACIONES Y CONDICIONANTES.**

### **2.1 Técnicos.**

Serán planteados y discutidos de forma detallada e individualizada, en la descripción de cada una de las unidades que conforman el presente Proyecto.

### **2.2 Legales.**

Son de aplicación al presente Proyecto todos aquellos artículos de las disposiciones legales expuestos en

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, donde las de índole más técnico son las que siguen:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.
- Ley 40/2015 de régimen jurídico del sector público y el Real Decreto 69/2019, de 15 de febrero de 2019, por el que se desarrolla el régimen jurídico de la Empresa de Transformación Agraria, Sociedad Anónima, y de sus filiales.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial.
- Real decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Normas UNE de obligado cumplimiento.

Igualmente, se cumplirá con toda la normativa elaborada por la Comunidad Autónoma correspondiente, así como aquella de carácter local o provincial, en sus versiones más recientes, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

### **2.3 Administrativos.**

El ayuntamiento de Sellent **no presenta ninguna limitación que pueda afectar al desarrollo y ejecución del presente Proyecto**. Siempre y cuando se cumplan los condicionantes descritos en su PGOU y en particular para el suelo no urbanizable.

### **2.4 Ambientales.**

La legislación ambiental, que afecta al tipo de obras que comprende este proyecto, es la siguiente:

- **Con ámbito nacional:** Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- **A nivel de la Comunidad Valenciana:** Decreto 162/1990, de 15 de octubre del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989,

de 3 de marzo, de Impacto Ambiental.

### 3 DESCRIPCIÓN GENERAL.

#### 3.1 Localización.

La instalación fotovoltaica se ubicará sobre el depósito de Partidors situado en el término municipal de Sellent (Valencia).

Las parcelas catastrales sobre las que se dispone son 46227A00300229 y 46227A00300227. Junto al muro norte de la misma se sitúan, en el interior de la nave, los equipos de bombeo a alimentar ya existentes y en funcionamiento actualmente.



Figura 1. Emplazamiento instalación FV en el depósito de Partidors.

#### 3.2 Consumo energético.

Los consumos energéticos de la Comunidad de Regantes alcanzaron en el año 2.020 la cifra de 338.061,21 €, con un total de 2.095.640,86 kWh anuales implicando así un gran coste del agua de riego y, por tanto, un aumento de los costes de explotación.

Lo que la Comunidad de Regantes busca con el presente proyecto, es sustituir de forma progresiva la energía eléctrica captada de la red por energías renovables como es la energía solar fotovoltaica para los distintos equipos de bombeo con los que cuenta tanto para rebombes como para riego directo. En particular, con el presente proyecto se pretende alimentar a cuatro bombas, tres de ellas de 110 kW y una de 55 kW situadas en el cabezal de Partidors.

En el siguiente cuadro se puede observar los consumos del año 2.020 correspondientes al CUPS que alimenta al cabezal de Partidors.

| <b>CUPS: ES0021000013189528TZ</b> |            |                                |               |               |               |               |                |                |
|-----------------------------------|------------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| <b>Fechas de lectura</b>          |            | <b>Consumo P. Activa (kWh)</b> |               |               |               |               |                |                |
| <b>Inicio</b>                     | <b>Fin</b> | <b>PT</b>                      | <b>P1</b>     | <b>P2</b>     | <b>P3</b>     | <b>P4</b>     | <b>P5</b>      | <b>P6</b>      |
| 01/01/2020                        | 31/01/2020 | 44.861                         | 4.478         | 11.942        | 0             | 0             | 0              | 28.441         |
| 01/02/2020                        | 28/02/2020 | 50.440                         | 6.110         | 13.682        | 0             | 0             | 0              | 25.308         |
| 01/03/2020                        | 31/03/2020 | 55.246                         | 0             | 0             | 7.675         | 15.263        | 0              | 32.308         |
| 01/04/2020                        | 30/04/2020 | 24.003                         | 0             | 0             | 0             | 0             | 9.901          | 14.102         |
| 01/05/2020                        | 31/05/2020 | 98.319                         | 0             | 0             | 0             | 0             | 34.657         | 63.662         |
| 01/06/2020                        | 30/06/2020 | 140.978                        | 16.688        | 17.254        | 12.885        | 21.005        | 0              | 73.146         |
| 01/07/2020                        | 31/07/2020 | 186.139                        | 44.812        | 44.133        | 0             | 0             | 0              | 97.194         |
| 01/08/2020                        | 31/08/2020 | 228.792                        | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 228.792        |
| 01/09/2020                        | 30/09/2020 | 162.262                        | 0             | 0             | 29.851        | 49.437        | 0              | 82.974         |
| 01/10/2020                        | 31/10/2020 | 152.149                        | 0             | 0             | 0             | 0             | 60.680         | 91.469         |
| 01/11/2020                        | 30/11/2020 | 24.838                         | 0             | 0             | 3.770         | 7.324         | 0              | 13.744         |
| 01/12/2020                        | 31/12/2020 | 43.766                         | 5.220         | 9.335         | 0             | 0             | 0              | 29.211         |
| <b>Total</b>                      |            | <b>1.206.453</b>               | <b>77.308</b> | <b>96.346</b> | <b>54.181</b> | <b>93.029</b> | <b>105.238</b> | <b>780.351</b> |

**Tabla 1. Consumos energéticos cabezal de Partidors.**

### 3.3 Descripción de las instalaciones futuras.

Se proyecta una instalación fotovoltaica para autoconsumo sin excedentes para tres equipos de bombeo de 110 kW y uno auxiliar de 55 kW que se utilizan principalmente para el rebombeo del depósito de Partidors al cabezal de Gravera y al depósito de Montot para posteriormente regar por gravedad desde el mismo. Puesto que en los momentos de mayores exigencias hídricas las bombas funcionan casi la práctica totalidad del día, es necesario establecer un sistema híbrido donde principalmente se utilice la energía solar y en momento de baja radiación o por la noche pueda apoyarse con energía procedente de la red. Esta actuación permitirá reducir de forma considerable los costes derivados de la energía eléctrica y, en consecuencia, reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Los sistemas de autoconsumo aumentan el aprovechamiento de las instalaciones fotovoltaicas al poderse combinar con la energía procedente de la red respecto a otras tipologías de sistemas fotovoltaicos.

Los módulos solares se situarán sobre el depósito en una estructura metálica que elevará los mismos por encima de la cota de coronación de los muros del depósito evitando así el sombreado en las horas iniciales y finales del día por parte de los muros del depósito.

### 3.4 Resumen de la instalación.

Consiste en una instalación fotovoltaica instalada sobre una estructura metálica sobre el depósito de Partidors con una potencia nominal instalada de 500 kW, conformada por 5 inversores de 100 kW y una potencia total pico instalada de 1.120 módulos de 540 Wp = 604,8 kWp.

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Potencia Pico Instalada</b>      | 604,8 kW <sub>p</sub>                    |
| <b>Número de módulos FV</b>         | 1.120                                    |
| <b>Potencia unitaria del módulo</b> | 540 W <sub>p</sub>                       |
| <b>Número de inversores</b>         | 5  |
| <b>Potencia de los inversores</b>   | 5x100 kW                                 |
| <b>Modelo de inversor</b>           | LONGi o Similar, Mono PERC o equivalente |
| <b>Modelo de módulo</b>             | Huawei SUN2000-100KTL-M1 o similar.      |

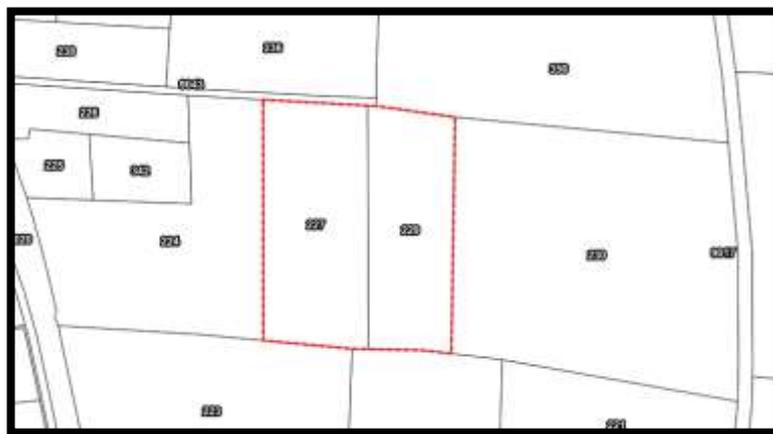
**Tabla 2. Características generales de la instalación FV.**

#### 4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

##### 4.1 Instalación fotovoltaica.

Para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de bombeo, se ha proyectado una instalación fotovoltaica que permita alimentar los equipos de bombeo situados en el cabezal de Partidors. Se trata de un sistema híbrido que puede combinar la captación de energía del parque solar con energía procedente de la red eléctrica.

El mismo queda situado en las parcelas 227 y 229 del polígono 3 en el T.M. de Sellent (Valencia). Sobre estas parcelas, donde se sitúa el depósito, se diseña un sistema de **captación solar de 604,8 kWp** que permite alimentar a 3 equipos de bombeo de 110 kW y un equipo de bombeo de 55 kW.



**Figura 2. Emplazamiento instalación FV.**

En el campo fotovoltaico se instalarán 1.120 módulos en 70 cadenas de 16 módulos en serie interconectados con una potencia por módulo de 540 W<sub>p</sub> y de 8,64 kW<sub>p</sub> por cadena. Las cadenas se agrupan en 5 inversores de red que disponen de las adecuadas protecciones de corriente continua y elementos necesarios para la monitorización del generador fotovoltaico. A cada inversor le llega 14 cadenas y desde cada inversor parte las líneas en CA hasta el cuadro principal (CP) que se sitúa en el

cabezal de bombeo. Desde este cuadro, parte una línea de 5 metros hasta el cuadro principal existente de bombeo.

Los módulos fotovoltaicos irán instalados sobre una estructura situada en el interior del depósito que los elevará por encima de la cota de coronación del muro perimetral para evitar sombras en las horas iniciales y finales del día. Se trata de una estructura metálica que permite la limpieza del depósito a partir de los pasillos que forma la misma entre sus vanos.

Para una adecuada conservación del depósito y de la estructura, es esencial que se permita la entrada al mismo para tareas de limpieza con maquinaria autopropulsada como hace periódicamente la Comunidad de Regantes en la actualidad. El depósito ya dispone de una rampa en su esquina superior izquierda para el acceso. Como se observa en la imagen de distribución de los paneles, se debe dejar libre toda la zona de acceso de la rampa para poder entrar y maniobrar con maquinaria.



**Figura 3. Planta general de la instalación generadora.**

#### **4.1.1 Módulos fotovoltaicos.**

La instalación de los módulos de potencia pico 540 Wp sobre la estructura portante asegurará que queden con una inclinación de 25° y un azimut de 0° (orientados al sur), tal y como se describe en el documento planos.

Las principales características de los módulos son las siguientes:

| <b>Características</b> | <b>Descripción</b>      |
|------------------------|-------------------------|
| Fabricante             | LONGi o Similar         |
| Tipo                   | Mono PERC o equivalente |
| Potencia Max           | 540 W                   |
| Eficiencia (STC)       | 20,7 %                  |

| Características             | Descripción                           |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Tolerancia de potencia      | -0/+ 5 W                              |
| Tipo de célula              | Si Policristalino                     |
| Altura x anchura            | 2256 x 1133 mm (2,51 m <sup>2</sup> ) |
| Tensión en MPP              | 41,5 V                                |
| Corriente MPP               | 10,85 A                               |
| Tensión de circuito abierto | 49,3 V                                |
| Corriente de cortocircuito  | 11,60 A                               |
| TONC                        | 44,6 °C                               |
| Tensión Uoc                 | -0,30 %/°C                            |
| Corriente Isc               | 0,05 %/°C                             |
| Potencia Pmpp               | -0,35 %/°C                            |
| Peso                        | 27,2 kg                               |

**Tabla 3. Características módulos fotovoltaicos.**

#### 4.1.2 Inversores de red.

El inversor es el elemento de la instalación que transforma la corriente continua en corriente alterna.

Los criterios que han determinado la solución de inversores de red son los siguientes:

- Inversor de potencia muy habitual y del que hay gran número de marcas disponibles en el mercado.
- Configuración de varios inversores en paralelo a uno único de mayor tamaño, para que la instalación pueda seguir funcionando en caso de fallo de alguno de ellos.
- Simplicidad del sistema.
- Compatibilidad entre inversores de la misma marca, modelo y tipo.
- Reducir la probabilidad de posibles errores de configuración en la ejecución de la instalación y la conexión eléctrica.

En este caso, los cinco inversores van conectados a pie de estructura y no se requiere de mayor ocupación del terreno.

Tras una serie de diferentes simulaciones de aprovechamientos, se llega a la conclusión de que el mejor aprovechamiento se establece con la siguiente solución.

Se colocará cinco inversores de potencia nominal 100 kW, con una tensión de salida en CA de 400 V que conecte directamente con el embarrado existente en el cuadro principal de la caseta de bombeo.



**Figura 4. Inversor de red. Huawei SUN2000-100KTL-M1**

Las características técnicas principales de este tipo de inversores son las que se muestran a continuación:

- Marca y modelo: Huawei SUN2000-100KTL-M1
- Entrada.
  - o Rango de tensiones de operación de MPPT ..... 200-1000 V
  - o Nº máximo de entradas ..... 20 entradas
  - o Número de MPPTs ..... 10
- Salida.
  - o Potencia nominal activa de CA ..... 100 kW
  - o Tensión nominal de salida ..... 380-400 V
  - o Frecuencia nominal ..... 50/60 Hz
  - o Intensidad de salida nominal ..... 152 A
- Protecciones.
  - o Dispositivo de desconexión lado CC ..... Sí
  - o Protección contra funcionamiento en isla ..... Sí
  - o Protección contra sobre intensidad de CA ..... Sí
  - o Protección contra polaridad inversa ..... Sí
  - o Monitorización de fallas de cadenas ..... Sí
  - o Protector sobretensiones en CC ..... Tipo II
  - o Protector sobretensiones en CA ..... Tipo II
- Comunicaciones.
  - o Monitor ..... Indicadores LED
  - o USB ..... Sí

- RS485..... Sí
- MBUS ..... Sí
- General.
  - Dimensiones..... 1035x700x365 mm
  - Conector CC..... MC4
  - Clase de protección..... IP66

#### 4.1.3 Sistema antivertido.

Según el artículo 4 del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, donde se establece la Clasificación de modalidades de autoconsumo, se dicta que:

2. La modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes, se divide en:

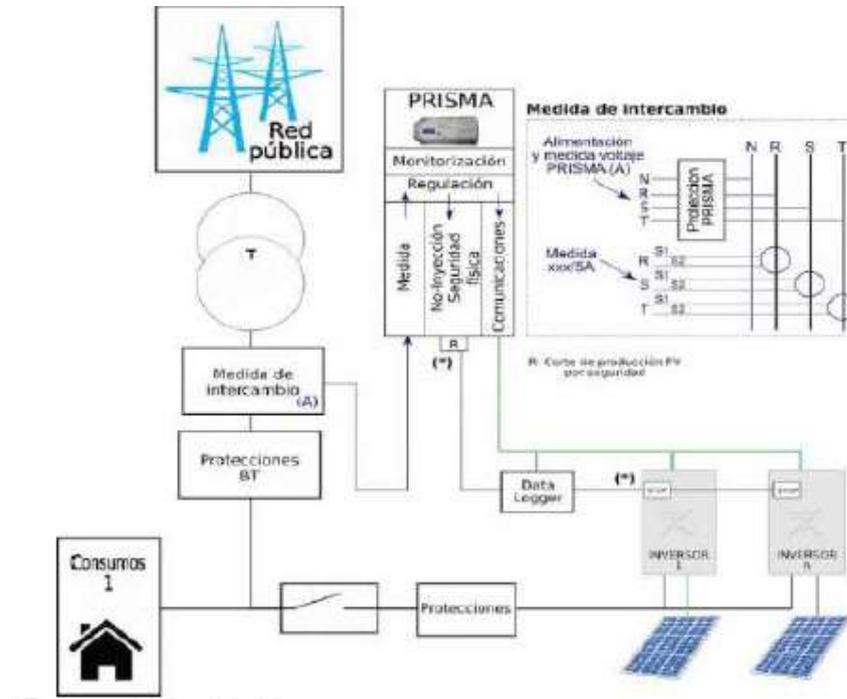
- *Modalidad con excedentes acogida a compensación: Pertenece a esta modalidad, aquellos casos de suministro con autoconsumo con excedentes en los que voluntariamente el consumidor y el productor opten por acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes. Esta opción solo será posible en aquellos casos en los que se cumpla con todas las condiciones que seguidamente se recogen:*
  - *La fuente de energía primaria sea de origen renovable.*
  - ***ii. La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100 kW.***
  - *iii. Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 del presente real decreto.*
  - *iv. El consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo definido en el artículo 14 del presente real decreto.*
  - *v. La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.*

Por tanto, **se requiere de un sistema antivertido.**

Este será necesario para garantizar que nunca verterá la energía eléctrica generada en el parque a la red. Este sistema interactúa entre el consumo y la generación fotovoltaica de manera que la producción se

ajusta a la demanda de energía. Principalmente el sistema de vertido cero regula al inversor. En caso contrario, tiene un relé que impide la entrada a la red de transporte de energía eléctrica.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente:



**Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema antivertido.**

El sistema actúa como contador de 4 cuadrantes en el punto de medida de intercambio. Para ello toma lectura del voltaje e intensidad en cada una de las fases.

Como se observa en el esquema, el bus de comunicaciones permite la regulación de potencia de los inversores. El circuito de medida se asocia directamente al bloque de control de no-inyección (seguridad física) que permite el disparo del contador de generación o actuación de bloqueo de inversores.

El relé correspondiente al disparo de la generación es normalmente abierto, siendo imposible la generación en caso de avería física del sistema o si este se desconectara.

En ocasiones cuando la bobina del contador de generación requiere un consumo/transitorio más alto, puede encontrarse un relé auxiliar intermedio que permita adaptarse a la intensidad máxima de la bobina.

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema antivertido en cuanto a tiempo de respuesta se refiere y puesto que el Real Decreto 244/2019 exige que el tiempo de respuesta para el no vertido sea inferior a 2 segundos, se decide que la comunicación se lleve a cabo con cableado de fibra óptica. Este material tiene una gran inmunidad al ruido y gran velocidad de transmisión a largas distancias. El cable será de 8 fibras multimodo (50/125), con armadura de acero corrugado.

Esta línea transcurrirá por un tubo de PVC de 32 mm adosada al muro del depósito pasando por cada uno de los inversores.

#### 4.1.3.1 Registro de datos.

Se utilizará un registrador de datos Huawei SmartLogger 3000A o similar para el registro de datos. Esta acción es necesaria para la monitorización y gestión de los inversores. Los inversores instalados no llevan webserver interno por lo que es necesario este complemento para poder comunicar con el portal los datos que registra el inversor, así como para realizar varias configuraciones como el vertido 0. Este elemento incorpora 3 conexiones RS485, Modbus y también señales analógicas y digitales por se quiere emplear un PLC.

#### 4.1.3.2 Regulador de potencia.

Se requiere de un regulador de potencia para el autoconsumo con cumplimiento de los criterios de la UNE 217001-IN y RD 244/2019. Se selecciona un equipo PRISMA 310A. Permite regular la potencia obtenida de los módulos solares y aportar garantías físicas y lógicas para decidir que potencia debemos o deseamos consumir de la red. Integra en el mismo dispositivo un Contador para la regulación instantánea y elimina la necesidad de otros componentes externos en la regulación de potencia.

El equipo es un controlador dinámico de potencia que permite regular el nivel de generación de los inversores de una instalación fotovoltaica en función del consumo instantáneo. El objetivo final es limitar o eliminar la exportación de energía, de la manera más eficiente, consiguiendo maximizar la producción cumpliendo las restricciones normativas y técnicas.

Las principales características del mismo son las siguientes:

- Gestión de múltiples modelos de inversores:
  - o Comunicación TCP (Sunspec/Modbus).
  - o Comunicación RS485 RTU (Modbus+)
- Ajustado según la legislación vigente.
- Aplicable a instalaciones monofásicas y trifásicas.
- Proporciona servidor Modbus/TCP para monitorización.
- Datos instantáneos en pantalla y mediante señalización luminosa y acústica.
- En modalidad de autoconsumo sin excedentes:
  - o Evita la inyección de energía en la red (doble control físico y lógico)
  - o Con cumplimiento de la norma UNE 217001-IN y RD 244/2019.
- Características físicas:
  - o Dimensiones: 90x158x58 mm
  - o Peso: 400 g.
  - o Alimentación: 90-265 VAC, 50-60 Hz

- Comunicación inversores RS-485/Ethernet.

#### 4.1.4 Justificación de la potencia instalada.

##### 4.1.4.1 Producción energética y consumos.

Para determinar el aprovechamiento de la solución adoptada, se han obtenido las producciones horarias de un año tipo. Estas producciones se han puesto en comparación con el perfil de consumo obtenido de facturas del periodo anual correspondiente a 2.020. Dados los periodos horarios que tiene la tarifa 6.1TD, el aprovechamiento de la instalación fotovoltaica era bajo, por lo que se ha determinado un nuevo perfil de consumo para un máximo aprovechamiento de la instalación.

Es evidente que para un mayor aprovechamiento de las instalaciones solares se deben de cambiar los hábitos de consumo pasando de un mayor uso nocturno, donde la tarifa es más económica, a un aumento del uso en horas solares, aprovechando la energía generada.

El campo solar tiene la capacidad de producir anualmente un total de 911.017,48 kWh. El consumo energético de la instalación con el perfil de consumo actual es de 1.206.453 kWh anuales. El valor de autoconsumo que se obtiene es de 575.341,47 kWh. Por tanto, la instalación fotovoltaica tiene un aprovechamiento de 63,2 %. Cabe destacar que un total de 335.676,01 kWh no son aprovechables.

A continuación, se muestra las curvas de producción de la fotovoltaica (kWh), autoconsumo y potencia consumida en un año.

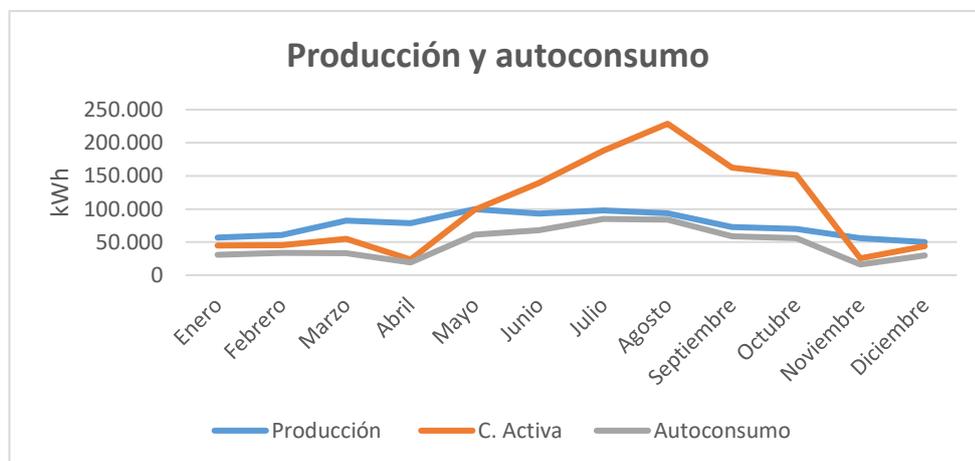


Figura 6. Producción y autoconsumo en un año.

##### 4.1.4.2 Potencia pico instalada.

Para poder establecer la potencia pico óptima de diseño de la instalación generadora, se han estudiado diferentes alternativas, en cuanto a potencia instalada se refiere. El objetivo del estudio es ver cómo varía el periodo de retorno de la inversión y el ahorro bruto anual para cada una de las potencias simuladas.

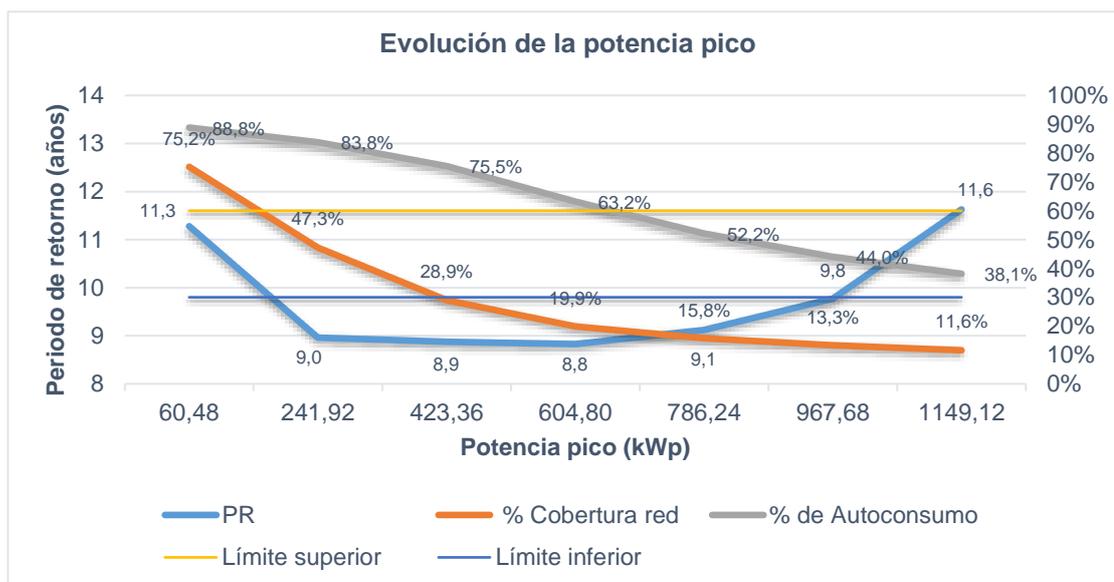
Antes de llevar a cabo el estudio económico, se ha establecido una serie de criterios que determinarán la decisión final ante soluciones similares. En este proyecto se definen las siguientes:

- La solución final debe tener un grado de **autoconsumo igual o superior al 60 %** entendiendo el autoconsumo como la relación entre la energía aprovechada y la energía producida.
- El porcentaje de **cobertura de la red debe ser igual o inferior al 30%** siendo la relación entre la potencia activa de la red y la potencia activa consumida.
- Se debe **optimizar el periodo de retorno** de la inversión y el aprovechamiento de la instalación. Es decir, ante soluciones similares en cuanto a periodo de retorno se refiere, se buscará el máximo aprovechamiento.
- El periodo de retorno será siempre inferior a 15 años. Se consideran no rentables periodos de retorno superiores para una vida útil de 25 años.
- Por último, la potencia instalada de la solución final **debe caber en la superficie destinada** a ello de la que dispone la Comunidad de Regantes. No se contempla la posibilidad de adquirir terrenos.

#### 4.1.4.2.1 Cálculo del periodo de retorno de la inversión (PR).

El periodo de retorno de la inversión, es una herramienta que permite saber cómo de rentable es una inversión. Es decir, a partir de qué año se va a recuperar la inversión. Resulta importante realizar este estudio para un amplio rango de potencias instaladas. La potencia que tenga el menor periodo de retorno y que además cumpla con los requisitos de autoconsumo, cobertura de la red y diversas ratios, será la óptima.

Para su cálculo, en primer lugar se tiene que obtener el ahorro conseguido al cabo de un año siendo este la diferencia entre el coste sin la fotovoltaica y el coste con la fotovoltaica. Luego, se establece un precio por vatio pico (€/Wp) que viene determinado por el coste total de la instalación generadora. Se sabe, que a mayor potencia pico instalada, el precio del vatio pico será menor y viceversa.



**Tabla 4. Evolución de la potencia pico.**

#### 4.1.5 Conexión, cableado y protecciones.

##### 4.1.5.1 En Corriente Continua.

El cableado de la instalación en C.C. se realizará acorde con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión vigente. El tramo de la instalación en corriente continua será el que discorra desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada de los inversores.

Para la formación de las cadenas, se conectan los módulos en serie utilizando en su pequeño tramo un cable de 4 mm<sup>2</sup> de sección y los conectores normalizados MC4.

Después, 14 cadenas para cada uno de los cinco inversores se conectarán con cables de 6 mm<sup>2</sup>. Se utilizarán conductores aislados de tensión asignada no inferior a 0,6/1 Kv con un recubrimiento que garantiza una buena resistencia a las acciones climatológicas y satisfacen las exigencias de la Norma UNE 21030. El tipo de conductor para el interconexionado de los módulos es de tipo PV ZZ-F/H1Z2Z2-K canalizado en la misma estructura de soporte de los módulos fotovoltaicos.

Los conectores empleados para conectar las cadenas a los inversores son los mismos que se emplean para la interconexión de módulos fotovoltaicos. Estos conectores son de tipo MC4 para sección igual a la empleada.

En total se requieren las siguientes mediciones de cableado.

| Sección           | Tipo             | L (m)     |
|-------------------|------------------|-----------|
| 6 mm <sup>2</sup> | PV ZZ-F/H1Z2Z2-K | 2x3.179,4 |

Tabla 5. Resumen mediciones cableado CC.

##### 4.1.5.2 En corriente alterna.

###### 4.1.5.2.1 Cableado inversor a cuadro principal (CP).

El primer tramo de corriente alterna es el que discurre desde los inversores hasta el cuadro principal situado en el Cabezal de Partidors. El cableado de este tramo se llevará a cabo según lo expuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El cableado a instalar será de tipo PV ZZ-F/H1Z2Z2-K de cobre canalizado bajo tubos de PVC adosados a la cara exterior del muro del depósito mediante abrazaderas metálicas cumpliendo con las especificaciones de la ITC-21. Además, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y de opacidad reducida.

| LINEA   | L (m) | DESCRIPCIÓN                       | DN TUBO |
|---------|-------|-----------------------------------|---------|
| INV1-CP | 62,2  | 0,6/1 kV Cu 3x120 mm <sup>2</sup> | 63      |
| INV2-CP | 81,8  | 0,6/1 kV Cu 3x120 mm <sup>2</sup> | 63      |

| LINEA   | L (m) | DESCRIPCIÓN                       | DN TUBO |
|---------|-------|-----------------------------------|---------|
| INV3-CP | 101,0 | 0,6/1 kV Cu 3x120 mm <sup>2</sup> | 63      |
| INV4-CP | 120,2 | 0,6/1 kV Cu 3x120 mm <sup>2</sup> | 63      |
| INV5-CP | 140,2 | 0,6/1 kV Cu 3x150 mm <sup>2</sup> | 75      |

**Tabla 6. Resumen cableado INV-CP.**

#### 4.1.5.2.2 Cableado CP a CP Bombas (CPB).

Desde el cuadro principal donde se unen todas las líneas procedentes de los inversores parte la línea que se une al embarrado existente de CA. Este embarrado actualmente es el que abastece a los equipos de bombeo. Con esta conexión se consigue generar un sistema híbrido desde el cual se puede coger tanto energía de la red como del campo fotovoltaico.

Se prevé el empleo de cables RV-K de cobre canalizados por la atarjea interior del edificio quedando tapados con placas de hormigón prefabricado desmontables. Como en el caso anterior, los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y de opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21.1002, cumplen con esta prescripción.

| LINEA        | L (m) | DESCRIPCIÓN                                |
|--------------|-------|--|
| CP-CP BOMBAS | 5,0   | 0,6/1 kV Cu 3(3x240 mm <sup>2</sup> ) RV-K |

**Tabla 7. Resumen mediciones cableado CP-CPB.**

#### 4.1.5.3 Protecciones en CC.

A continuación, se muestran las protecciones necesarias en cada una de las cajas de conexiones que se proyectan junto a los inversores en el interior de la hornacina de hormigón.

##### 4.1.5.3.1 Hornacina.

Para albergar tanto las protecciones de corriente continua como los inversores se decide colocar hornacinas a pie de depósito de hormigón prefabricado de dimensiones 760x250x1200 mm con base de 840x500x500 mm.



**Figura 7. Detalle de hornacina para protecciones eléctricas e inversor.**

#### **4.1.5.3.2 Protecciones y medición.**

En el interior de las hornacinas se instalan los elementos de protección, control y maniobra los cuales agrupan un número determinado de cadenas. En estas cajas se encuentran las protecciones y elementos que controlan a cada una de las cadenas. Además, cada una de ellas está equipada con una sonda de temperatura para poder detectar puntos calientes y poder prever posibles averías.

Cada hornacina tiene tantas entradas como cadenas agrupadas en su interior y una única salida en dirección al cuadro principal, el cual agrupa las cadenas de todo el parque fotovoltaico.

Cada una dispondrá de protección contra sobrecargas de tipo II, tipo DSB53CD1000. La salida cuenta con un seccionador de corte en carga manual que permite desconectar cada una de las cajas de forma independiente. Además, cada caja contará con un módulo de monitorización que será capaz de monitorear en tiempo real parámetros como voltaje, intensidad, potencia, potencia acumulada, etc. La alimentación eléctrica de la monitorización se realizará mediante la instalación de un transformador de corriente continua con salida adecuada a las necesidades del módulo de monitorización, y deberá incluir, las protecciones eléctricas necesarias para su correcto funcionamiento y protección.

Puesto que el inversor seleccionado cuenta con los elementos de protección contra sobretensiones, no será necesaria la instalación de fusibles.

#### **4.1.6 Protecciones en CA.**

Las protecciones se encontrarán en el cuadro principal del embarrado. Su misión es recibir las diferentes acometidas, efectuar la distribución y protección de los diferentes circuitos acometidos y derivados, para lo cual se alojan los diferentes elementos de protección contra contactos indirectos, sobrecargas y cortocircuitos. Para ello se empleará una envolvente metálica normalizada de dimensiones adecuadas para albergar todos los embarrados y componentes que deberá contener en su interior:

- Magnetotérmicos de intensidad nominal 250 V y seccionador general.
- Seccionador general de bobina de disparo para aplicaciones solares de 1000 V<sub>CA</sub>.
- Embarrado CA intensidad >1000 A con sus correspondientes aisladores, soportes y pletinas de conexión con protecciones fusibles y seccionador general.
- Protector contra sobre tensiones de clase II, para aplicaciones solares, preferentemente con teleseñalización. Este elemento irá conectado a las tierras del parque fotovoltaico.
- Vigilante de aislamiento. El contacto libre de potencia de este vigilante de aislamiento deberá serializarse con la automatización y con la bobina de disparo del seccionador general fotovoltaico instalado en el cuadro de la acometida, de forma que, en caso de fallo en el aislamiento del generador fotovoltaico se produzca, inmediatamente, la desconexión del mismo y el aviso remoto con la alarma.
- Seta de emergencia.
- Cableado interno y bornes de conexión para automatización (señalizador del protector de sobretensiones, circuito de seta de emergencia y conexión Modbus RTU para interconexión con el analizador de redes.

#### **4.1.7 Puesta a tierra.**

##### **4.1.7.1 Puesta a tierra del campo fotovoltaico.**

La estructura soporte, así como los módulos fotovoltaicos se conectarán a tierra con motivo de reducir el riesgo asociado a la acumulación de cargas estáticas. Con esta medida se consigue limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas, permitir a los vigilantes de aislamiento la detección de corrientes de fuga, así como propiciar el paso a tierra de las corrientes de falta o descarga de origen atmosférico.

A esta misma tierra se conectarán también las masas metálicas de la parte de alterna (fundamentalmente los inversores).

De acuerdo al apartado 3.2.5. del ITC-18, las secciones de las tomas de tierra deben ser las indicadas en la siguiente tabla:

| Sección de los conductores de fase de la instalación<br>$S$ (mm <sup>2</sup> ) | Sección mínima de los conductores de protección<br>$S_p$ (mm <sup>2</sup> ) |
|--|---|
| $S \leq 16$<br>$16 < S \leq 35$<br>$S > 35$                                    | $S_p = S$<br>$S_p = 16$<br>$S_p = S/2$                                      |

**Tabla 8. Secciones de la toma de tierra.**

Se realizará una toma de tierra a la que se conectarán directamente las estructuras soporte del generador fotovoltaico, los marcos de los módulos y los inversores.

Así, la puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos debe efectuarse mediante conductores unidos a sus marcos. Este conductor de protección será aislado de 6 mm<sup>2</sup> de sección (cumpliendo con el apartado 3.2.5 del ITC-18 del REBT) ya que el conductor de cada fase es de 4 mm<sup>2</sup> correspondiente a cada latiguillo de los propios módulos) y se unirá al módulo aprovechando la unión atornillada de este a la estructura o medios equivalentes.

El conductor de tierra entre los módulos será de 6 mm<sup>2</sup> de sección (cumpliendo así con el apartado 3.2.5 del ITC-18 del REBT ya que los conductores de fase son de **6 mm<sup>2</sup>**).

#### 4.1.7.2 Puesta a tierra CP.

La edificación para cuadros eléctricos del parque fotovoltaico se conecta a tierra, para ello se utiliza cable desnudo de cobre con una **sección mínima de 35 mm<sup>2</sup> y 9 piquetas de cobre con una longitud mínima de 2 metros**. A estas tierras se conectan todos los cuadros a través de un seccionador de tierras. El valor de la puesta a tierra nunca superara lo establecido en las ITC-BT-24.

#### 4.1.8 Sistema de control, automatización y comunicaciones.

Los inversores instalados en el campo fotovoltaico trasladarán la información de tensiones, intensidades, potencia y potencia acumulada en cada una de las cadenas, almacenarla y enviarla. Además, esta información se monitorizará en un SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) en el que se puede comprobar en cada momento las tensiones e intensidades que están generado cada cadena del campo fotovoltaico, así como la del conjunto.

Además, se prevé la instalación de un cuadro meteorológico dispuesto sobre una envolvente estanca de poliéster en el que se recojan las variables meteorológicas más relevantes para la evaluación de la operación del parque fotovoltaico. Las sondas que deberá incorporar serán las siguientes:

- **Sonda de irradiación** calibrada con un chasis de aluminio resistente a los rayos UV, con conexión mediante 3 pines IP67 M8, sensor de silicio cristalino de acuerdo a la norma IEC 60904-2 y 60904-4. Tratamiento antienviejamiento. Rango operativo de entrada para irradiación de entre 0 y 1250 W/m<sup>2</sup> STC y temperatura de -10 °C a 80 °C. Salida 1000 W/m<sup>2</sup> STC con una precisión igual o superior al 3%.
- **Anemómetro** calibrado basado en un rotor de acero inoxidable de 145 mm de diámetro con cuerpo de PVC negro, para una velocidad de viento entre 1,5 y 30 m/s con una precisión interior a 0,5 m/s

o 10% en velocidades superiores a 3 m/s.

- **Sonda de temperatura** para panel fotovoltaico autoadhesiva con sensor tipo PT100 encapsulada en cuerpo de aluminio especial diseñada para medir temperatura en superficies planas y para aplicaciones solares con convertidor RTD a 4-20 mA.
- **Sonda de temperatura** ambiente con sensor tipo PT1000 encapsulada en cuerpo termoplástico adecuada para entornos químicos agresivos específica para medición de temperatura en exteriores con convertidor RTD a 4-20 mA.
- **Un registro** con conectividad RS485 para el registro de las señales de las sondas meteorológicas y su transmisión al PLC del parque fotovoltaico.

Por otra parte, en la edificación que contiene el cuadro de acometida se instalará un pequeño PLC, denominado PLC FV, que registre la información recogida de los inversores, así como, los datos obtenidos por el analizador de redes (contador) del cuadro de acometida. Se interconectará mediante relés con el circuito de enclavamiento de la seta de emergencia con la bobina de disparo del seccionador general, para accionar a distancia o para detectar si ha habido algún fallo de aislamiento. Además, registrará los valores del cuadro de condiciones atmosféricas.

En esta parte de la instalación no es necesaria la instalación del sistema contra incendios ya que no se enmarca en ninguna ITC que lo requiera.

En el edificio de equipamiento electromecánico de los equipos de bombeo se instalará otro PLC, denominado PLC bombeo e interconectado con el del parque fotovoltaico mediante un bus RJ45 apantallado y tendido bajo tubo. Este será el PLV maestro de la instalación, el que deberá controlar todo el sistema SCADA. Deberá leer los datos recogidos por el PLC FV y a su vez, deberá encargarse del control del bombeo. Para ello, necesitará leer las siguientes sondas:

- Transductor de presión instalado en los equipos de bombeo con rango de presión de 0-10 bar, con conexión mediante racor de 3/8" y salida eléctrica en rango 4/20 mA.
- Emisor de pulsos del contador Woltmann existente, incluso interconexión entre PLC y emisor.
- Analizador de redes del bus de CA de cada uno de los variadores con salida modbus UTP.
- 4 Sondas PT100, 1 de cada una de las bombas
- 1 sonda de radiación.

El PLV maestro se comunicará a su vez con los variadores mediante un bus RS-485 siempre utilizando cables apantallados y de calidad, no cruzando los cables de señales con los cables de la bomba o cables de potencia.

Los PLCs a emplear serán de tipo Schneider Modicon o similar e incluirá las entradas y salidas, tanto analógicas como digitales necesarias para conectar todas las sondas y buses descritos, y se dejará prevista una capacidad de ampliación, con al menos, el 30% de las entradas y salidas libres.

El PLV debe ser capaz de gestionar el arranque y paro de todas y cada una de las bombas. De obtener la máxima potencia posible del generador fotovoltaico en cada momento (seguimiento de MPPT de los inversores) y de gestionar adecuadamente el reparto de potencia entre las bombas que estén funcionando.

Cuando la potencia que requieren las bombas sea inferior a la que puede producir el generador fotovoltaico adecuará el punto de trabajo del generador para generar toda la potencia que consuman las bombas.

Además, con la automatización descrita se pretende ejecutar una serie de algoritmos en el PLC bombas para que en función de ciertas circunstancias meteorológicas o definidas por el propio usuario sea capaz de actuar sobre cada uno de los variadores para adecuar su régimen de trabajo a la potencia disponible.

El principal objetivo de la instalación es el ahorro de costes eléctricos por lo que el algoritmo de funcionamiento solar debe ser sólido. Para ello, la filosofía de este se basará, en:

- **Condiciones de arranque en modo solar.** Determinar a través de medidas de irradiación y del bus de CA, así como del precio aprendizaje del PLC cuando hay condiciones para arrancar la instalación sin incidir en penalizaciones por excesos de potencia.
- **Adecuación del régimen de bombeo a la potencia CA consumida.** Una vez en funcionamiento, deberá controlar siempre el consumo del bus CA del variador de cada bomba, adaptando la frecuencia del variador entre los rangos operativos definidos, para tratar de minimizar el consumo de kWh procedentes de la red eléctrica. Si, por ejemplo, el bombeo está funcionando a 50 Hz y una nube disminuye la potencia disponible en el generador fotovoltaico, disminuir proporcionalmente la potencia del bombeo hasta lograr un consumo de 0 kWh en el bus de CA. En cuando la nube desaparece y se recupera la potencia, volver a acelerar a la frecuencia objetivo (la máxima frecuencia operativa definida). Si no es posible, porque la pérdida de potencia es muy importante pasar el punto siguiente. Este modo de operación deberá ser capaz de llevarlo a cabo con hasta cuatro variadores.
- **Controlar los excesos de potencia en CA:** Detectar según el mes y hora, en qué periodo tarifario está funcionando la instalación y en función de la potencia contratada, integrar el consumo del bus CA por periodos de 5 minutos y desconectar automáticamente el bombeo antes de consumir un exceso de potencia.
- **Controlar los arranques por hora** según las especificaciones del fabricante de las bombas.

El resto de las variables servirán para la programación de fallo y alarmas, tanto del generador fotovoltaico, del suministro de CA, de las comunicaciones, de los variadores y de las bombas. Se deberá controlar especialmente las siguientes alarmas y fallos:

- Temperatura excesiva de bomba.
- Error en lectura de pulsos (Tiempo funcionando el pozo y no se lee pulso).
- Nivel bajo de presión en cabezal (rotura).
- Fallo en el suministro CA.
- Exceso de potencia en el bus CA.
- Exceso en el consumo de reactiva.
- Fallo en el suministro CC por bobina disparada.
- Fallo en el suministro CC genérico (por ejemplo, fusibles fundidos).

- Alarma de seguridad privada.
- Fallo en el suministro CC. Cadena
- Fallo en el aislamiento del Parque Fotovoltaico.
- Sobretensión en el Parque Fotovoltaico. Varistores excitados.
- Temperatura mínima operativa sobrepasada.
- Fallo en telecomunicaciones.

Las comunicaciones se basarán en un router 4G con una tarjeta sim multioperador al que se interconectará el bus ethernet que se genera con los PLC's.

Los trabajos de interconexión con el SCADA existente se consideran como parte del proyecto y están incluidos en el presupuesto.

Se deberá programar una aplicación que permita obtener los informes de ahorro según los criterios fijados en el citado anejo, en concreto aplicando el protocolo IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol).

#### **4.1.9 Sistema de seguridad.**

En el presente proyecto se prevé la ejecución de un sistema de seguridad privada para el parque fotovoltaico basado en un circuito perimetral de CCTV mediante cámaras IP día/noche compatibles con un sistema Daview S y focos infrarrojos de 30W, conectadas mediante un bus perimetral Ethernet alimentadas en CA mediante circuito dedicado exclusivo.

Se incluirá un detector volumétrico para la edificación de cuadros eléctricos, así como un contacto magnético en el acceso a la misma (puerta).

Todo el sistema de seguridad se interconectará con una central de alarmas con conectividad 4G, con capacidad de interacción con ella para armar/desarmar a través de mandos, llaveros o aplicación móvil.

Las cámaras de vigilancia se colocarán sobre columnas de 4 metros de altura para uso específico de CCTV, ancladas al terreno mediante la ejecución de dados de hormigón de 1,0 x 1,0 x 1,0 m en los que embeberán las plantillas. Al pie de cada columna se ejecutará una pequeña arqueta de 40 x 40 cm que facilitará el acceso al cableado de la columna.

Los circuitos eléctricos y de datos se tenderán a través de una zanja perimetral de 30 x 60 cm, con dos tubos 1Ø90 para el cable Ethernet y 1Ø90 para el circuito eléctrico de alimentación de las cámaras.

En cada columna se instalará un cuadro de protecciones y telecomunicaciones de la instalación de vigilancia que contendrá las protecciones eléctricas necesarias, los elementos de alimentación de la cámara y del foco infrarrojo, un pequeño switch ethernet de 4 puertos con su correspondiente alimentación y todos los elementos necesarios para su correcta instalación.

Las cámaras serán de tipo HD-TVI con resolución 1080P o superior, óptica 5-50mm, IP66, con un foco infrarrojo independiente de 30W. Se incluyen todos los elementos necesarios para su correcta instalación y funcionamiento.

Se instalará el Rack de seguridad privada formado por la unidad Daview S, un switch general de la instalación (para la seguridad privada y para la automatización) y la central de alarma todo instalado en un armario rack de dimensiones adecuadas y colocado muralmente y con acceso bajo llave.

#### 4.2 Estructura soporte.

En este caso se trata de una estructura soporte que eleva por encima del nivel del agua los módulos fotovoltaicos. En la siguiente descripción se diferencia entre parte aérea y parte sumergida, mientras que el cálculo se lleva a cabo de forma conjunta para tener en consideración todos los esfuerzos que se transmiten a la estructura. Finalmente, se lleva a cabo una comprobación a punzonamiento de los esfuerzos transmitidos por los anclajes a la solera existente. Los resultados de la misma son satisfactorios para el tipo de solera y los esfuerzos transmitidos.

##### 4.2.1 Parte aérea.

La estructura soporte de los módulos fotovoltaicos consiste en una estructura aporticada de dintel inclinado con una tornapunta que disminuye la flexión del mismo en su punto medio, conformado por una serie de perfiles de acero laminado en caliente para todas sus barras.

La estructura tiene una longitud variable en función de su ubicación sobre la parcela, pero siempre múltiplo de 2,50 m y con un ancho en planta de 3,76 m. La estructura sostiene los módulos y transmite sus cargas al sistema de cimentación a través de los pilares ordenados en dos filas, las cuales están separadas 2,95 m y cada pilar está separado 2,50 m del siguiente.

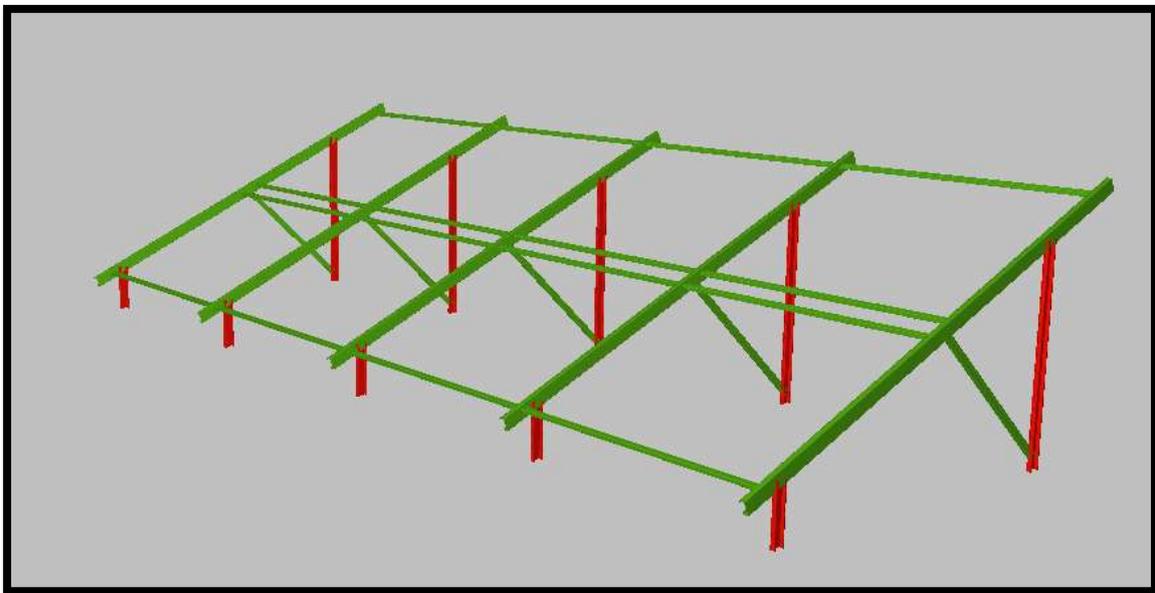


Figura 8. Esquema de la parte aérea de la estructura.

Los dos soportes son de 0,50 m y 1,90 m de altura, el primero de perfil CF 100x2,5 de 2,5 mm de espesor y el segundo idéntico al anterior. El dintel con una inclinación de 25° tiene una longitud de 4,1 m. y soporta 4 correas longitudinales de perfil 41/41.

Entre el dintel y el soporte largo existe un jalcón o diagonal de 1,80 m. de longitud que se une a 0,10 cm de la intersección del pilar con el suelo. Se compone de un perfil CF 120x2,5 de 2,5 mm de espesor. Se encuentra rígidamente unido en sus extremos. El dintel dispone en su parte superior e inferior de un voladizo de 0,70 y 0,10 m. de longitud respectivamente



**Figura 9. Diagonal tipo CF (izq.) y correas perfiles 41/41 (der.).**

Las correas son de perfil rectangulares de 41/41x1,5 mm de acero a separaciones que coincidan con las zonas de anclaje de los módulos fotovoltaicos.

En resumen, la dimensión total de la estructura es de 2,18 m. de altura y 3,76 m de longitud (proyección).

#### **4.2.2 Parte sumergida.**

Para poder anclar la estructura al fondo del depósito y elevar por encima del nivel del agua la parte aérea de la estructura, se requiere de una estructura metálica a partir de pórticos continuos con las siguientes características.

Los pilares están formados por perfiles HE120A de 3,75 m de altura. La separación de pilares de la misma fila es de 5,0 m mientras que la distancia entre filas es de 2,94 m. Los dinteles sobre los que apoya la parte aérea de la estructura quedan conformados a partir de perfiles de HE100B con una luz de 5,0 m. Para dar rigidez estructural al conjunto, se unen los pórticos mediante perfiles HE100A. Por último, el voladizo para el pasillo de acceso se conforma mediante perfiles IPE80 de 1,00 m de longitud con una separación de 1,25 m (condicionada por el tipo de Tramex seleccionado).

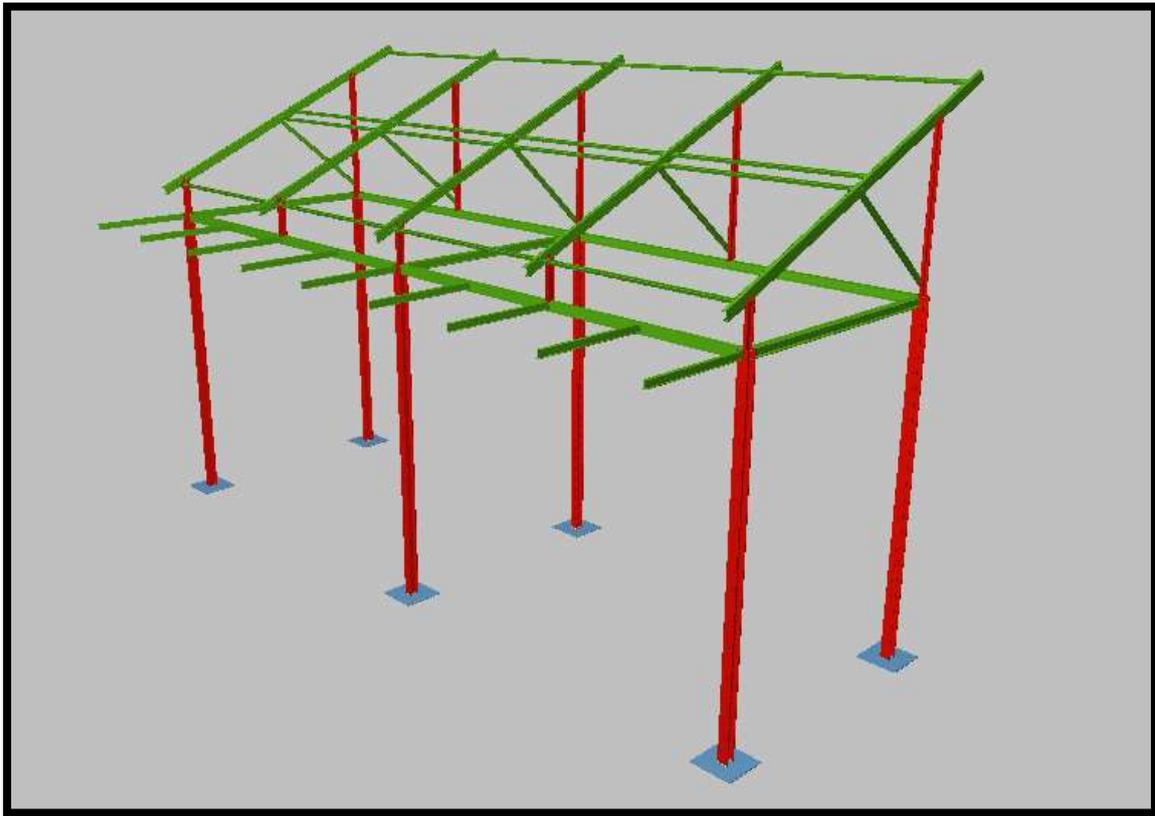


Figura 10. Esquema de la estructura completa.

#### 4.2.2.1 Placas de anclaje.

Los anclajes de los pilares metálicos se solucionan mediante una placa de acero S275 de dimensiones 300x300x15 mm con dos rigidizadores de dimensiones 300/114x100/0x5. Para la sujeción con el bloque de hormigón proyectado se colocan 6 pernos de anclaje de  $\text{Ø}16$  de acero corrugado B500S embebidos una profundidad de 350 mm tal y como se muestra en la siguiente imagen.

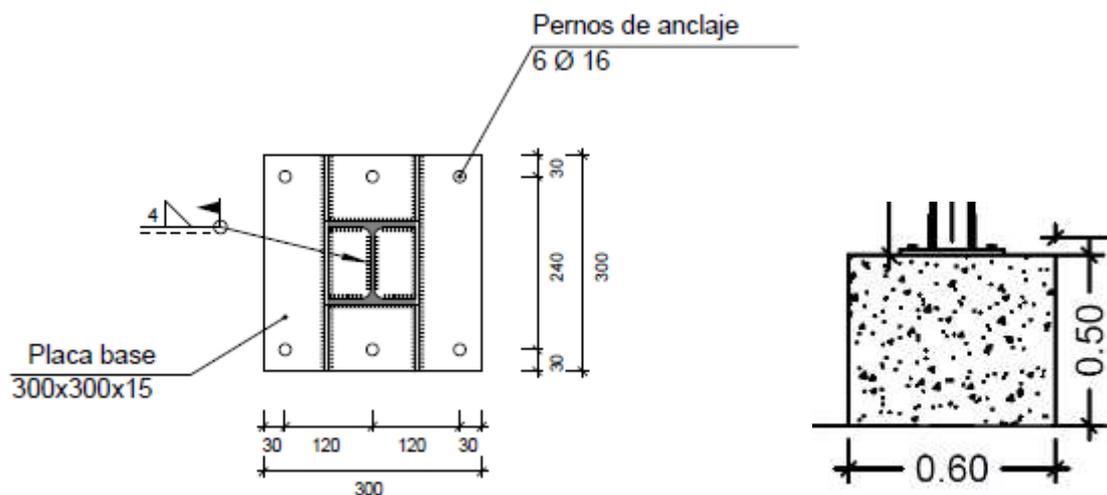


Figura 11. Esquemas de placas de anclaje (izquierda) y del bloque de hormigón (derecha).

El bloque de hormigón sobre el que quedan dispuestas tiene unas dimensiones de 0,60 x 0,60 x 0,50 m de altura siendo este de HA-30/B/40/IV. El bloque quedará adherido a la solera existente del depósito de Partidors. La parte sobre la que apoya en la solera deberá quedar perfectamente limpia para asegurar la adherencia. En el Apéndice correspondiente se establecen las comprobaciones a punzonamiento de resistencia a las nuevas cargas de la solera existente.

#### **4.2.2.2 Recubrimiento perfiles de acero.**

Puesto que una parte de la estructura metálica va a quedar de forma constante sumergida en el agua que contiene el depósito de Partidors, es necesario adecuar los perfiles para garantizar su funcionamiento, resistencia y vida útil evitando así la corrosión.

Por ello, se aplican los siguientes recubrimientos de protección.

En primer lugar, se aplica sobre los perfiles metálicos y la placa de anclaje una imprimación básica de epoxi-amina anticorrosiva de fosfato de zinc. Se trata de un anticorrosivo epoxi de uso general para superficies metálicas con alta resistencia química y a los agentes agresivos, dureza y resistencia a la abrasión. Este material tiene buena adherencia sobre acero galvanizado. Las características técnicas del mismo son las que siguen:

- Tipo: Epoxi-amina
- Color: Azul
- Presentación: Dos componentes
- Brillo: Mate
- Peso específico (20°C): 1.600 ±50 mezcla Gr/L
- Sólidos en Volumen: 51±2% mezcla
- Sólidos en Peso: 73±2% mezcla
- Compuesto Orgánicos Volátiles: 450 gr/lit
- Punto de inflamación: 23°C
- Espesor de película: 40-50 micras secas
- Rendimiento Teórico: 9-11 m<sup>2</sup>/litro para espesores de 40-50 micras secas
- Relación Mezcla: 9:1 en peso con endurecedor 0XM2
- Vida de Mezcla (20°C): 12 horas a 20°C (Depende de temperatura y cantidad)
- Tiempos de Secado (20°C): Tacto: 30-60 min. Total:2-3 horas Curado: 7 días
- Intervalo de repintado: Mínimo:1 hora. Máximo: No aplica
- Repintable con: Cualquier tipo de producto
- Adherencia: 100 %

- Dureza Persoz: Superior a 200 "
- Embutición: < 3 mm

En segundo lugar, se añade una segunda capa de recubrimiento epoxidado para superficies metálicas con las siguientes características técnicas:

- Color ..... Gris
- Acabado ..... Semi-brillante
- Composición básica ..... Resina Epoxi-amina
- Peso específico de la mezcla ..... 1, 40 kg/litro
- Sólidos en volumen ..... 72±2% mezcla
- Sólidos en peso ..... 82±2% mezcla
- Compuestos orgánicos volátiles..... 255 gr./lt. Mezcla
- Punto de inflamación ..... 47°C
- Espesor de Película ..... 100 – 150 micras en seco
- Rendimiento Teórico..... 4,5 – 7 m<sup>2</sup>/ lt. Para 100 - 150 micras secas.
- Relación de mezcla ..... 4:1 en volumen con endurecedor OX4 ( 6:1 en peso)
- Vida útil de la mezcla: a 20° C ..... 4 horas
- Secado a 20° C: Al tacto ..... 4 horas / Total ..... 10 - 12 horas / Polimerización total ..... 7 días
- Intervalo de repintado a 20°C ..... Mínimo 12 h. Máximo 72 h.
- Repintable con ..... Epoxis, Poliuretanos
- Dureza Persoz ..... Superior a 200 “
- Embutición ..... < 5 m.m.

#### 4.2.3 Pasillo de acceso.

El pasillo de acceso a cada una de las mesas de la instalación fotovoltaica para reparaciones y mantenimiento se soluciona mediante un voladizo soldado a los pilares a partir de vigas IPE80 de acero S275 cada 1,25 m sobre el que descansa un enrejado tramex de 30x30/30x6 de PRFV. En la parte externa se dispone un vallado de protección formado por tubos de acero galvanizado de 40 mm de diámetro colocados verticalmente cada 2,50 m y unidos por cables de acero galvanizado de 3 mm.

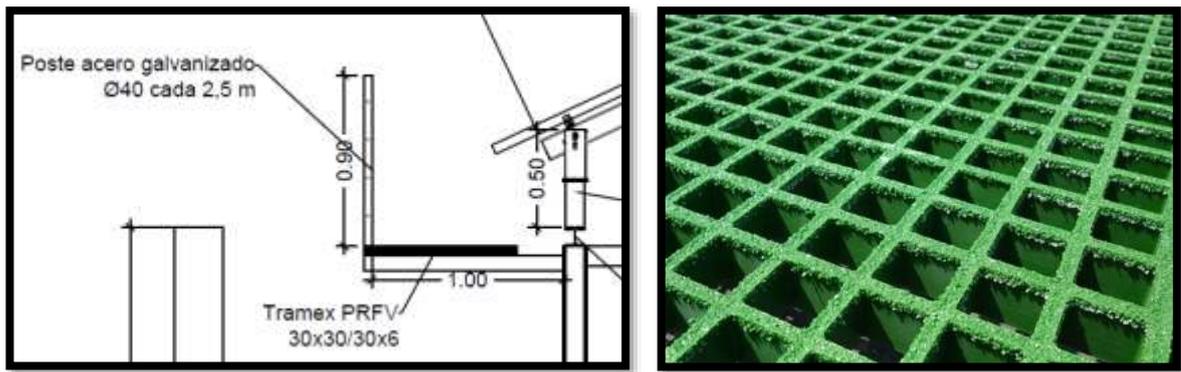


Figura 12. Esquema pasillo de acceso (izquierda) y material utilizado (derecha).

## 5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

En el Real Decreto 1627/97, de 24-10-97, sobre DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y DE SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN, se establece la obligatoriedad del Estudio de Seguridad y Salud en las obras, clasificando su contenido en Proyecto o Estudio Básico.

Atendiendo a las características de: *mano de obra, plazo de ejecución, trabajos a realizar y presupuesto*, previstos para la obra contemplada en el presente proyecto, se desarrollará un Estudio de Seguridad y Salud que servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales.

## 6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

### 6.1 Plazo de ejecución.

Tras todas las autorizaciones pertinentes para empezar a ejecutar las obras, el plazo de ejecución considerado como necesario y suficiente para la terminación de las obras contempladas en el presente proyecto es de **8 meses**.

### 6.2 Plan de obra.

En el presente apartado se realiza una estimación de la programación de la ejecución del Proyecto para lo cual se realiza un diagrama de GANTT. La división del Proyecto en tareas, se ha hecho siguiendo la misma estructura que se utiliza en el Presupuesto. La duración de las tareas se ha establecido según las mediciones realizadas en Proyecto y los rendimientos establecidos para las mismas.

En la siguiente figura se muestran el Diagrama de Gantt, que es la representación gráfica del Plan de Obras previsto para la ejecución del presente Proyecto. Se ha confeccionado con la distribución por capítulos del presupuesto.



Figura 13. Diagrama de Gantt.

## 7 PRESUPUESTO.

### 7.1 Presupuesto por capítulos.

| Clave/Código | Descripción  | Importe (€)       |
|--------------|--|-------------------|
| 1            | Instalación Fotovoltaica                           | 577.962,17        |
| 2            | Gestión de Residuos                                | 947,49            |
| 3            | Seguridad y Salud Laboral                          | 9.117,01          |
|              | <b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>     | <b>588.026,67</b> |
|              | <i>6,0% Beneficio industrial</i>                   | 35.281,60         |
|              | <i>13% Gastos generales</i>                        | 76.443,47         |
|              | <b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b> | <b>699.751,74</b> |
|              | <i>21,0 % I.V.A.</i>                               | 146.947,87        |
|              | <b>PEC + IVA</b>                                   | <b>846.699,61</b> |

Tabla 9. Presupuesto por capítulos.

### 7.2 Resumen del presupuesto.

El Presupuesto de ejecución material (PEM) de las obras que conforman el presente Proyecto, asciende a la cantidad de **QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL VEINTISEIS MIL euros con SESENTA Y SIETE céntimos** (588.026,67 €).

Aplicando:

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| <i>Beneficio industrial (6,0%)</i> | 35.281,60 € |
| <i>Gastos generales (13,0%)</i>    | 76.443,47 € |

El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) de las obras que conforman el presente Proyecto, asciende a la cantidad de **SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y UN euros con SETENTA Y CUATRO céntimos** (699.751,74 €).

Aplicando:

*IVA (21,0 %)*

*146.947,87 €*

El Presupuesto de Ejecución por Contrata con IVA de las obras que conforman el presente Proyecto, asciende a la cantidad de **OCHOCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y NUEVE euros con SESENTA Y UN céntimos** (846.699,61 €).

*Gema Álvarez Pastor*

*Julio 2.022*