

ANEJO Nº 27

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE

ANEJO Nº 27. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1 INTRODUCCIÓN	3
2 OBJETO	3
3 EMPLAZAMIENTO	3
3.1 DATOS DE LA RADIACIÓN GLOBAL	3
3.2 TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA Y MÍNIMA UTILIZADOSL	5
3.3 PÉRDIDAS	6
3.3.1 SOMBREADO	6
3.3.2 OTRAS PÉRDIDAS	7
4 REGLAMENTACIÓN	7
5 CENTRO DE PROTECCIÓN CATÓDICA	8
5.1 TIPO DE INSTALACIÓN	8
5.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	9
5.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA	9
5.2.2 ENERGÍA DISPONIBLE	10
5.2.3 EQUIPOS PRINCIPALES	11
5.2.5 MONITORIZACIÓN Y CONTROL	15
5.2.6 INSTALACIONES AUXILIARES	15
6 ESTACIÓN DE FILTRADO	16
6.1 TIPO DE INSTALACIÓN	16
6.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	16
6.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA	16
6.2.2 ENERGÍA DISPONIBLE	17
6.2.3 EQUIPOS PRINCIPALES	17

6.2.4	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	19
-------	--------------------------	----

7 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN

FOTOVOLTÁICA 22

7.1 PREDIMENSIONAMIENTO 22

7.1.1	INFORMACIÓN DE LA PLACA	22
-------	-------------------------	----

7.1.2	RADIACIÓN EN LA ZONA	23
-------	----------------------	----

7.2 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA 24

7.3 CENTRO DE PROTECCIÓN CATÓDICA 25

7.3.1	PREDIMENSIONAMIENTO	25
-------	---------------------	----

7.3.2	DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN	25
-------	------------------------------	----

7.3.3	PRODUCCIÓN	28
-------	------------	----

7.3.4	DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO DESDE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA EL CUADRO ELÉCTRICO	29
-------	---	----

7.3.5	DIMENSIONADO DE TUBOS	31
-------	-----------------------	----

7.4 ESTACIÓN DE FILTRADO 32

7.4.1	PREDIMENSIONAMIENTO	32
-------	---------------------	----

7.4.2	DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN	33
-------	------------------------------	----

7.4.3	PRODUCCIÓN	35
-------	------------	----

7.4.4	DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO DESDE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA EL INVERSOR	36
-------	---	----

7.4.5	DIMENSIONADO DE TUBOS	38
-------	-----------------------	----

1 INTRODUCCIÓN

En el actual proyecto de "Modernización integral de la Comunidad de Regantes NºV de los Riegos de Bardenas (zona 1)" se han tenido en cuenta una serie de normas que hay que seguir para el correcto dimensionamiento de estas instalaciones fotovoltaicas y que antes de cada cálculo se van a mencionar.

2 OBJETO

El presente anejo tiene por objeto el dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas presentes en el proyecto, tanto en la Estación de filtrado como en el sistema de protección catódica.

3 EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones fotovoltaicas que se están presentando en este informe estarán situadas en las inmediaciones de Ejea de los Caballeros (Zaragoza), emplazamiento cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

- Latitud 42° 12´41.5" N.
- Longitud 1° 17´25.9" W.
- Altitud 318 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

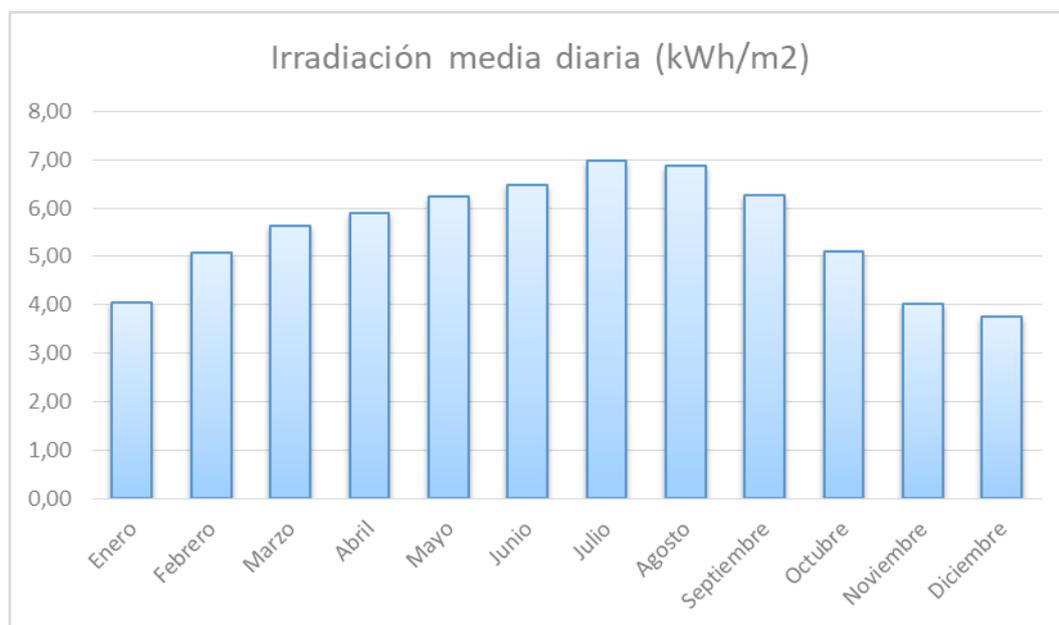
El presente anejo consta de 2 instalaciones fotovoltaicas situadas alrededor de dicha localidad, por lo que se van a explicar determinados parámetros comunes a ambas plantas.

3.1 DATOS DE LA RADIACIÓN GLOBAL

El principio de diseño normalmente utilizado para una instalación fotovoltaica es maximizar la recolección de la radiación solar disponible, de tal forma que la curva de producción horaria sea lo más plana posible. Por ello, como se quiere optimizar lo máximo posible la captación de energía durante todo el año, la inclinación óptima de dichos paneles solares será aproximadamente el valor de la latitud del emplazamiento

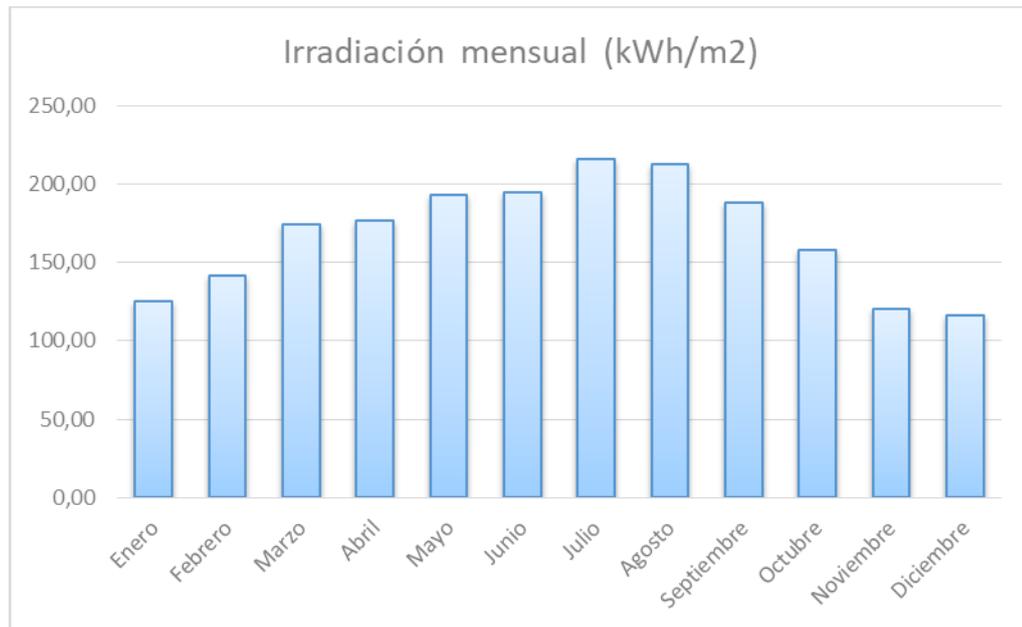
de las mismas; esto es meramente la aplicación de la teoría, pero también se puede comprobar que la inclinación escogida (42°) es la óptima también atendiendo al software PVSyst y estará orientada al sur con el fin de poder maximizar dicha captación a lo largo de todo el año.

Una vez se saben las coordenadas de la localización se puede verificar la disponibilidad de energía solar utilizando los datos proporcionados por el programa informático "Photovoltaic Geographical Information System, en adelante PVGIS" sobre los valores promedios mensuales diarios de radiación solar sobre los paneles solares que se han decidido colocar:



Gráfica 1: Irradiación diaria. Fuente: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Con los diarios se pueden sacar los datos mensuales, como se puede apreciar en la siguiente tabla:



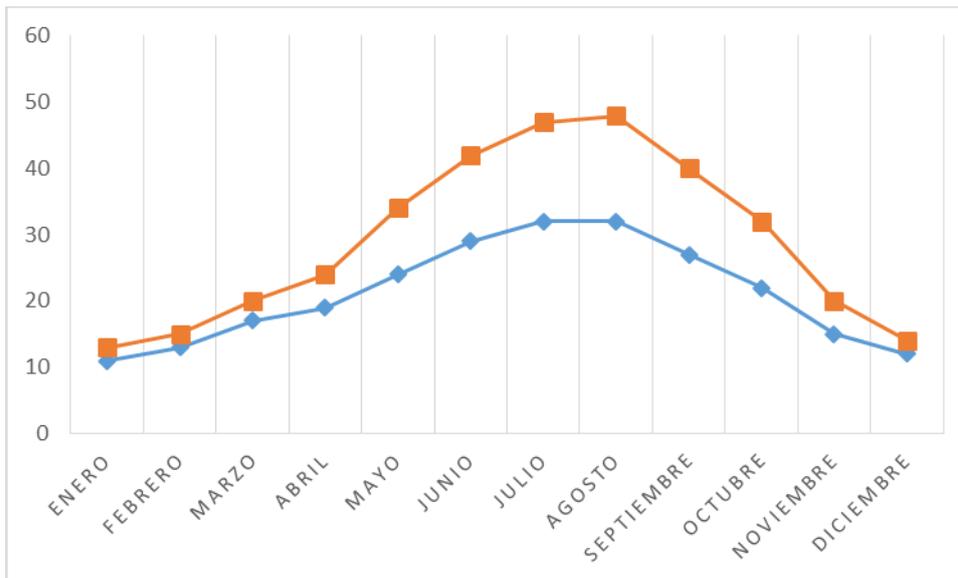
Gráfica 2: Irradiación mensual. Fuente: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

Por lo tanto, el valor de la radiación solar anual que los paneles captarán es de 2.017,80 kWh/m².

3.2 TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA Y MÍNIMA UTILIZADOS

Otros datos importantes que se tienen que tener en cuenta a la hora de dimensionar una instalación solar es conocer las temperaturas máxima y mínima que habrá en el lugar de instalación, ya que en función de éstas las placas tendrán un mejor o peor funcionamiento.

En el caso de Ejea de los Caballeros, las temperaturas mínimas y máximas utilizadas en la verificación del proyecto han sido -10°C y 60°C. Como puede observarse, estos valores están por encima de los valores máximos y mínimos registrados por la National Oceanic and Atmospheric Administration, perteneciente al departamento de comercio de los Estados Unidos registrados en los últimos años:



Gráfica 3: Temperaturas máximas y mínimas. Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration

Como se puede ver en la gráfica 3 y atendiendo al margen de temperaturas que inicialmente se ha propuesto como de funcionamiento, se puede ver que todas las temperaturas medias de esta localización están dentro de dicho margen, por lo que la optimización que se ha hecho es totalmente válida.

3.3 PÉRDIDAS

Para dimensionar correctamente una instalación solar, da igual el tamaño de la misma, y hay que tener muy presentes todas las pérdidas que puedan aparecer y que disminuya la energía que se capte en la instalación fotovoltaica.

En este caso las pérdidas principales (hay más que se detallarán en el apartado de cálculos justificativos) que se van a tener en cuenta en esta instalación son las que se van a explicar a continuación.

3.3.1 SOMBREADO

El sombreado es quizás la pérdida más importante que hay que tener en cuenta ya que un mal dimensionamiento puede hacer que la captación de energía se vea reducida considerablemente.

En este caso, a pesar de tener 2 instalaciones fotovoltaicas diferentes, la explicación de este apartado es la misma ya que los emplazamientos seleccionados para las placas están aislados y se van a poner por un lado en una parcela las 36 placas (2 strings de 18 paneles en serie) y en el otro 5 en serie sobre una cubierta, y,

por lo tanto, no se pueden hacer sombras unas a otras. Luego este efecto se despreciará y, por lo tanto, los valores de irradiación que teóricamente llegan al panel (valores que se pueden ver en las gráficas anteriores) no se van a ver reducidos por sombreado.

A este factor le ayuda el hecho de que los módulos fotovoltaicos estarán situados en emplazamientos dispuestos a tal efecto (tanto parcela específica como sobre una cubierta) y estarán despejados de objetos que provoquen sombreado.

3.3.2 OTRAS PÉRDIDAS

Otras posibles pérdidas que hay que tener en cuenta para ver si la radiación que llega a los paneles se ve reducida o no son las siguientes:

- Módulos montados al aire libre: Está predefinido en el PVSyst y es la pérdida por tener montada la placa en el exterior y que tiene que estar afectada por la circulación constante de aire.
- Factor de pérdidas LID: 1%, es la degradación de los módulos en las primeras horas de funcionamiento con respecto a los valores STC de prueba flash de fabricación.
- Factor de pérdida anual por suciedad: 1,5%, es la pérdida que tienen los módulos anualmente a medida que se van ensuciando y degradando con el paso del tiempo.

Todas estas pérdidas, junto con otras que se explican en el capítulo de cálculos justificativos, harán que se vean menguados los valores de la energía producida. Todas ellas están tenidas en cuenta en los resultados extraídos con el programa informático PVSyst para verificar que esta instalación, a pesar de las pérdidas supuestas, sigue cumpliendo los requisitos propuestos.

4 REGLAMENTACIÓN

Las instalaciones documentadas en el presente proyecto, están afectadas y, por tanto, cumplirán con la legislación vigente siguiente:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Real Decreto que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones de energía eléctrica (RD. 1955/2000, de 1 de diciembre).
- Real decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que la desarrollan.
- Normas CEI (Comisión Electrotécnica internacional).
- Criterios generales para la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión (Norma UNE 157701).
- Normas particulares de los diferentes estamentos de Industria que sean de obligado cumplimiento.

5 CENTRO DE PROTECCIÓN CATÓDICA

En este capítulo se va a dimensionar todo lo relacionado con la alimentación de los consumos del centro de protección catódica que protege a la red de tuberías.

5.1 TIPO DE INSTALACIÓN

El tipo de instalación cuyos elementos se van a presentar a lo largo de este capítulo del anejo es una instalación aislada que dará servicio a un centro de protección catódica para proteger así toda la red de tuberías de la que se dispone y que no es objeto de este anejo.

Para satisfacer todas las necesidades eléctricas, se ha proyectado instalar 36 placas de 550 Wp, en 2 strings de 18 paneles.

Como ya se ha comentado, se trata de una instalación aislada que alimenta a consumos de la protección catódica. Dado que los consumidores trabajan en continua no será necesario la instalación de inversores que transformen la continua en alterna. Lo que sí que se van a instalar son 6 reguladores de carga que regulen la electricidad que fluye entre los paneles solares y las baterías/consumidores para así poder optimizar la energía de la que se dispone en cada momento.

Con el fin de poder disponer de algo de almacenamiento de energía para momentos en que la energía disponible no sea suficiente para satisfacer la demanda, se instalarán 12 baterías de litio de 48 v y 5.3 kWh (1325 Ah en total) y una autonomía de 1 día.

Todos estos elementos estarán situados en el interior de un cuadro de protección con el fin de no ser dañados antes las inclemencias meteorológicas a las que puedan estar sometidos. Como consecuencia de esto, el cuadro tendrá que tener una mínima protección para que no se deteriore y aguante lo suficiente como para que los elementos interiores no vean comprometido su correcto funcionamiento y por ende el funcionamiento de la protección de la red de tuberías.

5.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Todos los datos que se van a mostrar a lo largo de este apartado están justificados en el apartado 6 **iError! No se encuentra el origen de la referencia..**

5.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

Lo fundamental para el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica es saber el consumo que se va a tener, que en este caso será de 54.548 W por día.

Se ha diseñado una instalación fotovoltaica con estructura fija con orientación sur y una inclinación de 42º (ya que es aproximadamente su latitud) sobre la horizontal, ya que lo que se ha hecho es optimizar la instalación para todo el año (este centro trabaja durante todo el año para proteger la red de tuberías). En este caso, esta inclinación óptima viene refrendada por el software de diseño de instalaciones fotovoltaicas PVSyst.

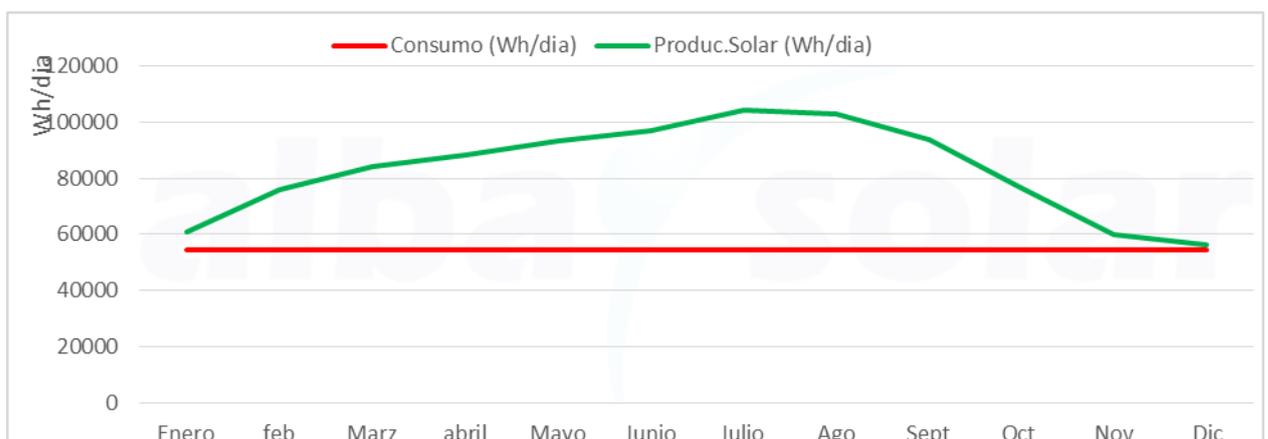
Para poder satisfacer las necesidades requeridas se ha proyectado la instalación de 36 paneles solares de 550 Wp/panel situados en 2 strings de 18 paneles (9 en serie en paralelo con otros 9 en serie), haciendo una potencia total de la planta de 19,80 kWp.

Cada una de las series de 18 placas se conectará a un regulador de carga que a su vez alimentará las baterías.

Como ya se ha comentado, con la finalidad de poder tener cierta autonomía para días/momentos en los que la energía producida no logre satisfacer la demanda, se instalarán 12 baterías de litio de 48 v y 5.3 kWh (1325 Ah en total) y una autonomía de 1 día.

5.2.2 ENERGÍA DISPONIBLE

Una vez se han tenido en cuenta todos los parámetros que se han ido mencionando a lo largo de este capítulo, se puede obtener la energía que habrá disponible para alimentar los consumidores; esta ha sido extraída con el programa informático PVSyst y para su mejor comprensión y con el fin de compararla con la energía necesaria se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 4: Producción y consumo instalación. Fuente: Elaboración propia

Con esta gráfica que se acaba de mostrar, se puede ver claramente que con la instalación se cumplen todas las necesidades energéticas que tendrá a lo largo del año dicho centro de protección catódica. Esto, junto con la instalación de las baterías que dará soporte a la instalación en caso de no satisfacer en días puntuales la demanda energética, cubrirán al 100% las necesidades.

5.2.3 EQUIPOS PRINCIPALES

En este apartado se van a mostrar las especificaciones de los elementos principales que componen la instalación fotovoltaica, que son:

- Módulos fotovoltaicos.

- Estructura.
- Baterías y bancada.
- Regulador de carga.

5.2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Como ya se ha comentado, se instalarán 36 módulos fotovoltaicos con una potencia pico de 550 W. Las características principales de esta placa solar en condiciones STC: AM1.5 1000W/m² a 25°C, descritas a continuación:

- Potencia nominal: 550 W.
- Tensión de salida: 1500 V.
- Rango de temperatura: -40°C ~ +85°C.
- Tensión en el punto P_{máx}-VMP: 41,80 V.
- Corriente en el punto P_{máx}-IMP: 13,16 A.
- Tensión en circuito abierto-VOC: 50,00 V.
- Corriente de cortocircuito-ISC: 13,94 A.
- Peso: 27,80 kg.
- Dimensiones: 2.261 x 1.134 x 35 mm.
- Tipo de células: Monocristalinas PERC.
- Número de células: 144 (2x[12x6]).
- Eficiencia: 21,50%.

5.2.3.2 ESTRUCTURA FOTOVOLTAICA

La estructura irá fijada al terreno mediante hincado, con una profundidad de hincado de 1,5 metros, teniendo una estructura aérea de en S350GD + ZM310 (magnelis).

El hincado hace que la estructura (y por lo tanto las placas) resista todo el peso de la misma y a su vez la fije al terreno para que no se suelte en caso de condiciones climatológicas adversas.

Como en este caso se tiene una estructura fija, es decir, una vez se instala la placa en una posición determinada (ya se ha comentado anteriormente cómo se instalaría) las placas son inamovibles y no se puede modificar su inclinación y orientación (entre otros parámetros).

Las placas irán fijadas a la estructura mediante tornillería para que estén bien fijadas a la misma.

5.2.3.3 BATERÍAS Y BANCADA

Como ya se ha ido comentando a lo largo de este capítulo, se van a instalar 12 baterías de litio de 48 v de 5.3 kWh.

Cada batería tiene unas dimensiones aproximadas de 460x520x155 mm y un peso de de 53 kg

Estas baterías irán montadas sobre una bancada metálica cuyas dimensiones se ajustarán a las de las mismas características y dimensiones, en voladizo y apuntalado con un perfil tubular.

5.2.3.4 REGULADOR DE CARGA

Se instalarán 2 reguladores de carga para poder gestionar la energía que se produce en la instalación. Las características principales del regulador son las siguientes:

- Tensión de la batería: 48 v
- Corriente de carga nominal: 200 A
- Rango de tensión de trabajo del MPPT: 80-450 v
- Máxima potencia de carga de salida: 11520 w
- Eficiencia máxima: 96%
- Dimensiones: 487x434x146 mm
- Peso: 13,7 kg

5.2.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una vez se han dimensionado los elementos principales de la instalación fotovoltaica se van a dimensionar los elementos de la instalación eléctrica en sí.

En este caso, toda la instalación de los emplazamientos funciona mediante corriente continua ya que como se ha dicho ya toda la instalación funcionará a 48 V.

5.2.4.1 CABLEADO

La parte de corriente continua comprende la interconexión del módulo fotovoltaico y la línea de conexión con las baterías y consumos (pasando por el regulador y cuadro eléctrico). Los conductores que unen el módulo fotovoltaico con el regulador, baterías, consumos y cuadro de protección serán de cobre recocido estañado, unipolares, tensión asignada de 1,5/1,5 kV, tipo H1Z2Z2-K/ ZZ-F (cable específico para instalaciones fotovoltaicas), aislamiento y cubierta exterior de elastómero reticulado de baja emisión de humos y gases corrosivos, en este caso, este

cable tiene diversas secciones por lo que se adaptará fácilmente a los requerimientos de la instalación.

Para el cálculo de la sección del cableado se han usado 3 métodos:

- Intensidad admisible.
- Caída de tensión.
- Cortocircuito.

Se han juntado el primer y tercer criterio, como se puede ver en el capítulo de cálculos justificativos para así saber directamente la tensión que en condiciones normales recorrerá la instalación y sacar directamente una sección que cumpla ambos criterios y así evitar posteriores incumplimientos por parte del criterio de cortocircuito.

Para el caso de la caída de tensión, esta no superará el 3% de la tensión para sistemas aislados (IDAE), siendo la recomendación de dicho organismo que sea en torno al 1%, por lo tanto, se quiere estar lo más cerca posible de este último valor.

Luego la sección finalmente seleccionada es de 1x6 mm², ya que cumple los 3 criterios que se acaban de mencionar y está cerca de la recomendación dada por el IDAE, teniendo 2 cables unipolares de 1x6 mm² por cada uno de los strings que se tienen (2 strings).

5.2.4.2 TUBOS

Debido a que el cableado que se acaba de mencionar estará expuesto tanto a las condiciones climatológicas como a otras situaciones adversas, porque se ha escogido uno especial fotovoltaico para exteriores, para mantener unidos dichos cables y darles un extra de protección, se ha decidido protegerlos con tubos flexibles de PVC reforzado con un diámetro exterior de 16 mm. Se tendrán 2 tubos, uno por string y ambos de idénticas condiciones.

5.2.4.3 ARMARIO DE PROTECCIÓN

Al lado de las placas se colocará 1 armario eléctrico con grado de protección IP66, de chapa de acero y pintura RAL 7035, necesario para dar servicio a las infraestructuras que se pretenden controlar. En dicho armario, aparte de estar el propio cuadro eléctrico, también se encontrarán las baterías y los reguladores de carga.

En cuanto al cuadro eléctrico, los dimensionamientos de las protecciones correspondientes no se calculan en este anejo, ya que no es objeto del mismo, sino del anejo de la instalación eléctrica propiamente dicha.

5.2.4.4 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos

climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Según el Reglamento de Baja Tensión, se instalarán picas de acero cobrizado de 14,3 mm de diámetro y 2 m de longitud, 3 m de cable de cobre desnudo de 35 mm², unido mediante soldadura aluminotérmica. Incluye registros de comprobación y puente de prueba.

5.2.5 MONITORIZACIÓN Y CONTROL

Con el fin de llevar un correcto control de la instalación fotovoltaica, se instalará un sistema de monitorización de la misma que permita analizar entre otros el estado de carga de las baterías, la energía producida y consumida, voltajes, amperaje, etc.

5.2.6 INSTALACIONES AUXILIARES

5.2.6.1 VALLADO

El alcance del proyecto también incluirá el vallado perimetral de la zona afectada de la parcela en la que se ubicará la planta fotovoltaica. Este vallado se realizará mediante cerramiento de postes de tubo de acero galvanizado en caliente de 5 cm de diámetro y 2,35 m de altura, a 5 m de separación, empotrados y anclados mediante hormigón 30 cm en el terreno y guarnecidos con malla galvanizada simple torsión 50 mm de paso de malla y diámetro de 1,80 m, de 2 m de altura.

La puerta de dicho vallado tendrá un paso de 70 cm y una altura de 2 m.

6 ESTACIÓN DE FILTRADO

6.1 TIPO DE INSTALACIÓN

La instalación fotovoltaica de la estación de filtrado es una instalación aislada que dará servicio a una serie de consumos que estarán dentro de la estación.

Para satisfacer todas las necesidades eléctricas, se ha proyectado instalar 5 placas en serie de 550 Wp.

Dado que todos los receptores de la estación de filtrado funcionan en corriente alterna, será preciso la instalación de un inversor cargador trifásico de 10 kW para transformar la electricidad de continua a alterna.

Con el fin de no sobredimensionar el número de placas a instalar, y teniendo en cuenta el consumo diario de la estación de filtrado, se van a instalar 5 baterías de litio de 48 v con una capacidad de 5,3 kWh cada una.

6.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Todos los datos que se van a mostrar a lo largo de este apartado están justificados en el apartado 6 **iError! No se encuentra el origen de la referencia..**

6.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA

Lo fundamental para el dimensionamiento de una instalación fotovoltaica es saber el consumo que se va a tener, que en este caso será de 11.880 Wh/día durante los meses de marzo a septiembre, donde los consumos de los elementos de filtrado son altos debido a la gran demanda de energía; en cambio, durante el resto de meses el consumo será mucho más bajo, siendo de 8.000 Wh/día.

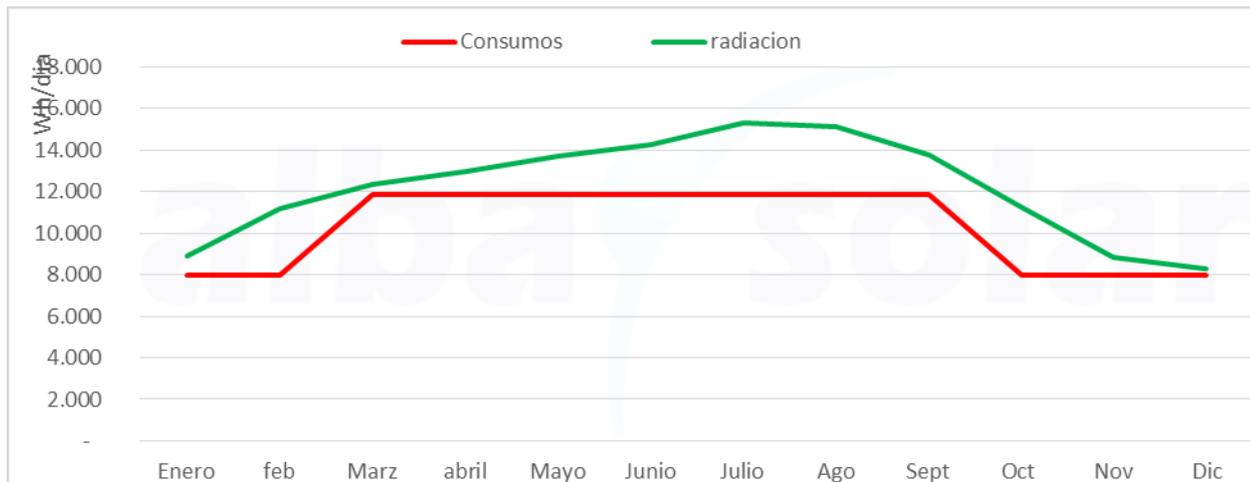
Se ha diseñado una instalación fotovoltaica a instalar en la cubierta de la edificación, con estructura fija con orientación sur y una inclinación de 42º (ya que es aproximadamente su latitud) sobre la horizontal ya que lo que se ha hecho es optimizar la instalación para todo el año. En este caso, esta inclinación óptima viene refrendada por el software de diseño de instalaciones fotovoltaicas PVSyst.

Para poder satisfacer las necesidades requeridas se ha proyectado la instalación de 5 paneles solares de 550 Wp/panel situados en serie, haciendo un total de 2.750 Wp. La instalación se completa con un inversor – cargador de 10 kW y 5 baterías de

lito a 48 cv con una capacidad total de 26,50 kWh que permiten una autonomía de dos días sin recibir ningún tipo de radiación solar.

6.2.2 ENERGÍA DISPONIBLE

Una vez se han tenido en cuenta todos los parámetros que se han ido mencionando a lo largo de este capítulo se puede obtener la energía que habrá disponible para alimentar los consumidores que se tendrán; ésta ha sido extraída con el programa informático PVSyst:



Gráfica 5: Producción y consumo instalación. Fuente: Elaboración propia

Con esta gráfica que se acaba de mostrar se puede ver claramente que con la instalación que se está planteando se cubre la demanda de todo el año ya que esta se adapta perfectamente a las necesidades de la instalación.

6.2.3 EQUIPOS PRINCIPALES

En este apartado se van a mostrar las especificaciones de los elementos principales que componen la instalación fotovoltaica, que son:

- Módulos fotovoltaicos.
- Estructura.
- Baterías y bancada.
- Inversor – Regulador de carga.

6.2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Como ya se ha comentado, se instalarán 5 módulos fotovoltaicos con una potencia pico de 550 W. Las características principales de esta placa solar en condiciones STC: AM1.5 1000W/m² a 25°C, descritas a continuación:

- Potencia nominal: 550 W.
- Tensión de salida: 1500 V.
- Rango de temperatura: -40°C ~ +85°C.
- Tensión en el punto P_{máx}-VMP: 41,80 V.
- Corriente en el punto P_{máx}-IMP: 13,16 A.
- Tensión en circuito abierto-VOC: 50,00 V.
- Corriente de cortocircuito-ISC: 13,94 A.
- Peso: 27,80 kg.
- Dimensiones: 2.261 x 1.134 x 35 mm.
- Tipo de células: Monocristalinas PERC.
- Número de células: 144 (2x[12x6]).
- Eficiencia: 21,50%.

6.2.3.2 ESTRUCTURA FOTOVOLTAICA

Por cada placa que se instale es necesario instalar un soporte que resista todo el peso de la misma y a su vez la fije a la cubierta de la estación para que no se suelte en caso de condiciones climatológicas adversas.

Como en este caso se tiene una estructura fija, es decir, una vez se instala la placa en una posición determinada (ya se ha comentado anteriormente cómo se instalaría) las placas son inamovibles y no se puede modificar su inclinación y orientación (entre otros parámetros).

En este caso, como las placas irán montadas sobre una cubierta, la estructura se fijará a la misma mediante tornillos y las estructuras a su vez irán sobre unos rieles triangulares que permitan obtener la inclinación y orientación deseadas.

6.2.3.3 BATERÍAS Y BANCADA

Se instalarán 5 baterías de litio de 48 v con una capacidad de 5,3 kWh.

Cada batería tiene unas dimensiones aproximadas de 460x520x155 mm y un peso de de 53 kg

Estas baterías irán montadas sobre una bancada metálica cuyas dimensiones se ajustarán a las de las mismas características y dimensiones, en voladizo y apuntalado con un perfil tubular.

6.2.3.4 INVERSOR - CARGADOR

Para la transformación de la energía continua en alterna y para la carga de las baterías se instalará un inversor – cargador de 10 kW con las siguientes características:

- Potencia de entrada máxima DC: 13 kW.
- Voltaje de entrada máximo: 550 V.
- Corriente máxima entrada: 17+17 A.
- 2 MPPT
- Corriente máxima de carga de baterías: 190 A.
- Eficiencia: 97.60 %
- Peso: 33,6 kg.
- Protección: IP65

Este aparato llevará incorporado las siguientes protecciones:

- Protecciones contra fenómenos atmosféricos DC tipo II y AC tipo II (sobre-tensiones) incluido.
- Protección contra cortocircuitos incluida
- Detección de fallo de aislamiento en paneles solares.
- Protección contra polaridad invertida en los strings.
- Interruptor de corte en carga Dc switch.

6.2.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Una vez se han dimensionado los elementos principales de la instalación fotovoltaica se van a dimensionar los elementos de la instalación eléctrica en sí.

6.2.4.1 CABLEADO PARTE CONTINUA

La parte de corriente continua comprende la interconexión del módulo fotovoltaico y el inversor – cargador, así como la unión entre este y las baterías.

Los conductores de corriente continua serán de cobre recocido estañado, unipolares, tensión asignada de 1,5/1,5 kV, tipo H1Z2Z2-K/ ZZ-F (cable específico para instalaciones fotovoltaicas), aislamiento y cubierta exterior de elastómero reticulado de baja emisión de humos y gases corrosivos, en este caso, este cable tiene diversas secciones por lo que se adaptará fácilmente a los requerimientos de la instalación.

En el Plano nº 8.8 del Proyecto aparecen reflejadas las secciones de los conductores de la instalación solar fotovoltaica que alimenta la estación de filtrado.

6.2.4.2 TUBOS

Debido a que el cableado que se acaba de mencionar estará expuesto tanto a las condiciones climatológicas como a otras situaciones adversas, porque se ha escogido uno especial fotovoltaico para exteriores, para mantener unidos dichos cables y darles un extra de protección, se ha decidido protegerlos con un tubo flexible de PVC reforzado con un diámetro exterior de 16 mm, haciendo un total de 2 tubos de este tipo.

6.2.4.3 CABLEADO PARTE ALTERNA

La parte de corriente alterna comprende el recorrido entre el inversor - cargador y el cuadro eléctrico. El conductor seleccionado para este tramo de la instalación será Afumex Class 1000 V (AS), de cobre flexible y una tensión asignada 0,6/1 kV. Este es un tipo de cable que cumple la norma UNE 21123-4, cuya designación es RZ1-K (AS), aislamiento de polietileno reticulada (XLPE)

El dimensionamiento de estos conductores aparece definido en el Anejo nº 28 del Proyecto.

6.2.4.4 TUBOS

Con el fin de proteger el cableado que se instalará, para transportarlo se ha decidido entubarlo en un tubo flexible de PVC reforzado 16 mm de diámetro exterior.

6.2.4.5 ARMARIO DE PROTECCIÓN

Al lado del inversor cargador se colocará un armario eléctrico con grado de protección IP66, de chapa de acero y pintura RAL 7035, que contendrá las protecciones de corriente continua y alterna que aparecen definidas en el Plano 8.8 del Proyecto.

6.2.4.6 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

Las disposiciones de puesta a tierra pueden ser utilizadas a la vez o separadamente, por razones de protección o razones funcionales, según las prescripciones de la instalación.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos

climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

Las canalizaciones metálicas de otros servicios (agua, líquidos o gases inflamables, calefacción central, etc.) no deben ser utilizadas como tomas de tierra por razones de seguridad.

Según el Reglamento de Baja Tensión, se instalarán picas de acero cobrizado de 14,3 mm de diámetro y 2 m de longitud, 3 m de cable de cobre desnudo de 35 mm², unido mediante soldadura aluminotérmica. Incluye registros de comprobación y puente de prueba.

7 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTÁICA

A lo largo de este apartado se van a justificar todas las decisiones que se han ido tomando a lo largo de este anejo en torno los elementos que se han decidido instalar en las instalaciones fotovoltaicas de ambos emplazamientos.

A continuación se muestran todos los datos comunes a ambas instalaciones.

7.1 PREDIMENSIONAMIENTO

En este apartado se van a mostrar todos los datos que se utilizarán de cara a realizar el dimensionamiento total de las instalaciones a analizar.

Es importante ya que sin alguno de estos datos sería imposible realizar cualquier cálculo o simulación en cualquier software informático que se acerque a la realidad.

7.1.1 INFORMACIÓN DE LA PLACA

En primer lugar se debe conocer la potencia de la placa solar que se pretende usar, ya que en función de esta y sabiendo la potencia total habrá más o menos placas y en función de las placas irá la cantidad del resto de elementos principales a instalar. Esto es importante ya que se quiere evitar sobredimensionar la instalación para las necesidades dadas.

Relacionado con esto último, es primordial saber las especificaciones principales de dicha placa solar:

- Potencia nominal: 550 W.
- Tensión de salida: 1500 V.
- Rango de temperatura: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$.
- Tensión en el punto $P_{\text{máx-VMP}}$: 41,80 V.
- Corriente en el punto $P_{\text{máx-IMP}}$: 13,16 A.
- Tensión en circuito abierto-VOC: 50,00 V.
- Corriente de cortocircuito-ISC: 13,94 A.
- Peso: 27,80 kg.
- Dimensiones: 2.261 x 1.134 x 35 mm.
- Tipo de células: Monocristalinas PERC.
- Número de células: 144 (2x[12x6]).
- Eficiencia: 21,50%.

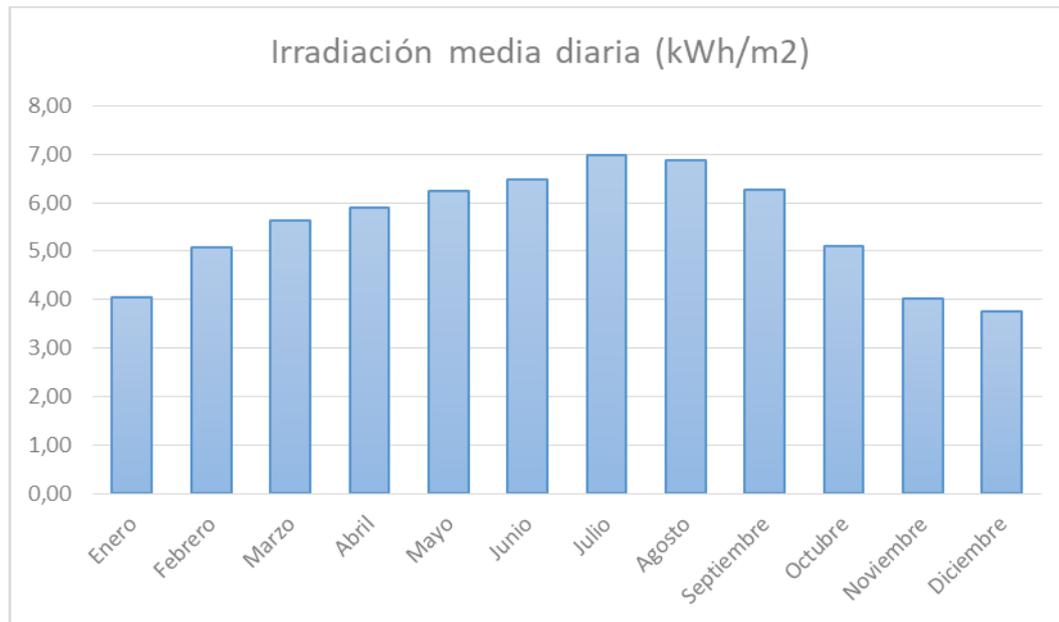
7.1.2 RADIACIÓN EN LA ZONA

La radiación que incidirá sobre las placas en el lugar en el que se instalarán es un parámetro muy importante ya que en función de dicho valor (entre otros) se sabrá la cantidad de energía que el usuario final podrá obtener.

A efectos prácticos se ha decidido tomar como referencia la localidad de Ejea de los Caballeros, en la provincia de Zaragoza, cuyas coordenadas son las siguientes:

- Latitud $42^{\circ} 12' 41.5''$ N.
- Longitud $1^{\circ} 17' 25.9''$ W.
- Altitud 318 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Una vez sabidas dichas coordenadas, se pueden sacar los datos relativos a la radiación incidente en la zona mediante el programa informático "Photovoltaic Geographical Information System, en adelante PVGIS". Dichos valores se muestran en la siguiente gráfica:



Gráfica 6: Fuente de datos: Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)

7.2 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

La energía que se producirá depende de los siguientes parámetros:

- Lugar de instalación (latitud, radiación solar, temperatura y reflectancia superficial del frente de los módulos).
- Exposición de los módulos: ángulo de inclinación (tilt) y ángulo de orientación (azimut).
- Sombreado debido a elementos naturales o artificiales.
- Características de los módulos: potencia nominal, coeficiente de temperatura, pérdidas de desacoplamiento o desajuste.
- B.O.S. (Balance Of System).

El valor de B.O.S. se puede estimar mediante una ecuación matemática a mano o simplemente mediante la introducción de las pérdidas que se consideren adecuadas en el programa de cálculo y así dichos cálculos serán mucho más precisos.

- Las pérdidas que se van a tener en cuenta en estas instalaciones son las siguientes:
- Pérdidas de sombreado 0%.
- Factor de pérdida constante U_c : $29,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Fracción pérdida en STC: -1,5%.

- Caída de voltaje a través del diodo en serie: 0,7 V.
- Pérdida de eficiencia módulo: -0,8%.
- Factor de pérdidas LID: -1%.
- Pérdida de potencia MPP: -2%.
- Factor de pérdida anual: -1,5%.

Con el fin de estar del lado de la seguridad, para el cálculo del número de placas necesarias se ha supuesto unas pérdidas totales del 20%, por lo que las necesidades se cubrirán.

7.3 CENTRO DE PROTECCIÓN CATÓDICA

En este apartado ya se mostrarán los elementos dimensionados que son específicos de la instalación fotovoltaica que da suministro al centro de protección catódica.

7.3.1 PREDIMENSIONAMIENTO

Aquí se pondrán los datos que están dentro de lo que se considera que se tiene que saber antes de empezar a realizar el dimensionamiento propiamente dicho.

7.3.1.1 CONSUMOS PREVISTOS

El consumo previsto será de 54.548 W/día y este consumo será idéntico para todos los días del año, independientemente de las circunstancias que se den ya que la protección se tiene que tener a lo largo de todo el año, haya o no funcionamiento de la instalación.

7.3.1.2 AUTONOMÍA DE LA INSTALACIÓN

Dado que es una instalación que está totalmente aislada de la red eléctrica nacional, debido a los tipos de consumos que se tienen (mostrados anteriormente) y unido a las variaciones climatológicas, hacen que sea imprescindible instalar baterías con una autonomía de aproximadamente 1 día, que junto con el factor de seguridad de cálculo de las placas se podrá hacer frente ante situaciones anómalas, como pueden ser climatológicas o tener un mayor consumo puntual.

7.3.2 DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN

Una vez se saben ya todos los datos principales, se va a pasar a realizar los cálculos iniciales para saber la cantidad de elementos a instalar y posteriormente

introducir en el software PVSyst para sacar los datos de producción de energía, radiación, energía sobrante/faltante, etc.

7.3.2.1 BATERÍAS

Como se ha mencionado ya, se van a instalar baterías con los siguientes parámetros:

- Voltaje (V): 48 V.
- Autonomía (N): 1 día.
- Nivel mínimo de la batería hasta el que se desea descargar: 10%.

Introduciendo estos datos en la siguiente expresión se sacará la energía necesaria en las baterías:

$$E = \frac{\text{Consumo} \cdot \text{Autonomía}}{(1 - \text{Nivel mínimo de descarga})}$$

Con todo esto sale que dicha capacidad es de 60.609 W.

Sabiendo este dato se pasa a sacar la capacidad de dichas baterías (Ah) con la siguiente expresión:

$$C = \frac{E}{48V}$$

Aquí sale que la capacidad de las baterías será de 1.263 Ah.

Como ya se ha ido comentando a lo largo de este capítulo, se van a instalar 12 baterías de litio de 48 v de 5.3 kWh.

- Voltaje: 48 V.
- Capacidad: 1.325 Ah

•

7.3.2.2 AUTONOMÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Teniendo como referencia el dato obtenido en el apartado anterior, se han decidido instalar 12 de baterías en serie de 48 v y 5.3 kWh (1.235 Ah), lo que utilizando este dato y otros que se van a mencionar ahora en la siguiente expresión, saldrá la autonomía del sistema:

$$N = \frac{V \cdot P_d \cdot C}{E}$$

Siendo,

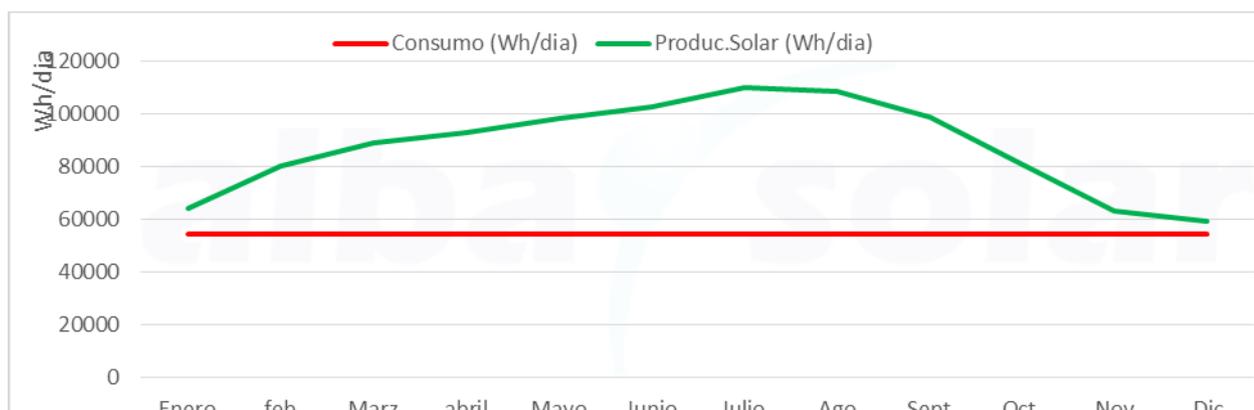
- N=días de autonomía del sistema.
- C=Capacidad del banco de baterías (Ah), que tendrá un valor de 1.325 Ah.
- E=Consumo energético real/día (Wh), que tendrá un valor de 54.548 Wh.
- V=Voltaje (V), que tendrá un valor de 48 V.
- P_d =Profundidad de descarga de las baterías (%), que tendrá un valor del 90%.

Con todo esto sale que la autonomía del sistema es de 1 día, por lo que coincide con la que se ha comentado anteriormente.

7.3.2.3 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE PLACAS A INSTALAR

El siguiente paso a dar es saber la cantidad de placas que hay que instalar por emplazamiento.

Primero hay que calcular la energía que se genera al día por panel, que teniendo en cuenta que la radiación recibida de media al año es de 5,53 kWh/día se generarán un total de 3,04 kWh/día y por módulo, pero que para calcular el número de paneles se utilizará la gráfica de la energía disponible por mes:



Gráfica 7: Consumo frente a producción solar anual. Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, lo que hay que hacer es dividir el consumo diario (54.548 W/día) entre lo que se genera por mes (en el peor de los casos del año), saliendo una cantidad de 34 paneles solares de 550Wp, pero que con el fin de tener 2 strings exactamente iguales, y así facilitar la instalación, se ha decidido aumentar dicho número hasta los 36 paneles.

Estos 36 paneles se dividirán en 2 strings de 18 paneles (9 en serie en paralelo con otros 9 en serie) de forma que la tensión de circuito abierto no supere los 450 v.

Y para complementar esta información decir que se van a instalar 2 reguladores de carga en la instalación con las siguientes características principales:

- Tensión de la batería: 48 v
- Corriente de carga nominal: 200 A
- Rango de tensión de trabajo del MPPT: 80-450 v
- Máxima potencia de carga de salida: 11520 w
- Eficiencia máxima: 96%
- Dimensiones: 487x434x146 mm
- Peso: 13,7 kg

7.3.3 PRODUCCIÓN

Una vez se tienen todos los datos que se acaban de mostrar y se meten en el programa informático PVSyst junto con otros valores que tiene dicho software por defecto se pueden obtener una serie de datos relevantes que se van a mostrar en la siguiente tabla:

Mes	Energía utilizada (Wh/día)	Necesidades (Wh/día)	Energía disponible (Wh/día)
Enero	54.548	54.548	64.152
Febrero	54.548	54.548	80.309
Marzo	54.548	54.548	89.021
Abril	54.548	54.548	93.298
Mayo	54.548	54.548	98.683
Junio	54.548	54.548	102.802
Julio	54.548	54.548	110.405
Agosto	54.548	54.548	108.821
Septiembre	54.548	54.548	99.158
Octubre	54.548	54.548	20.942
Noviembre	54.548	54.548	63.518
Diciembre	54.548	54.548	59.559

Tabla 1: Necesidades de energía. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se pueden sacar varias conclusiones:

- La instalación cubre las necesidades de la instalación al completo, por lo que está correctamente dimensionada.
- Cumple la autonomía prevista durante todo el año.

7.3.4 DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO DESDE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA EL CUADRO ELÉCTRICO

Una vez ya se han calculado los elementos principales es hora de dimensionar el cableado que une la placa fotovoltaica con el cuadro, que es donde estará el regulador y a su vez las baterías (todo dentro de un armario).

La distancia que se va a suponer desde la placa a dicho cuadro será de 5 metros ya que dicho armario estará al lado del módulo.

La designación del cable a utilizar es H1Z2Z2-K tipo ZZ-F, que es un tipo de cable específico para instalaciones solares y que está diseñado según el estándar europeo EN 50618 y el estándar internacional IEC 62930. Este tipo de cable supera los ensayos medioambientales, mecánicos, químicos y de fuego.

Para comprobar si un conductor es válido en un tramo determinado, hay que comprobar que cumple 3 requisitos y coger el requisito que sea más restrictivo.

En caso de no cumplir uno de ellos se buscará otra sección que sí que los cumpla.

7.3.4.1 CRITERIO POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

En este caso, se puede juntar este criterio con el de cortocircuito ya que se va a partir de la intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico escogido (13,94 A) en condiciones STC como del resto de datos principales de los módulos en condiciones STC también.

Como el circuito estará en el exterior, se va a introducir dentro de un tubo para protegerlo de las condiciones climatológicas a las que estaría expuesto el cable, por lo tanto, a la hora de catalogarlo en una sección de la tabla 4 de la IEC 62548, sería la B1.

Dado que las placas se conectan dentro de cada string en paralelo de 9 en 9 para no superar la tensión máxima del circuito abierto de entrada del regulador de carga (450 v), la intensidad que se tendría en este tramo sería de:

$$I = 13,94 \times 2 = 27,88 \text{ A}$$

Una vez se sabe la intensidad de cortocircuito se puede sacar la sección que debería de tener el cable a utilizar en este tramo.

Metiéndose en la tabla UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3, sabiendo que el método de instalación es un B1 y XLPE2, se obtendrá una sección mínima válida de 6 mm² (49 A).

7.3.4.2 CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Una vez se sabe la sección que se obtiene en el tramo que se está instalando (mediante 2 de los 3 criterios) se va a verificar que dicha sección también cumple el criterio de caída de tensión del 3% que hay entre los paneles y el regulador que marca el IDEA (aunque la recomendada es del 1%).

Luego también este mismo organismo establece una caída de tensión máxima de 1% entre el regular y las baterías, pero en este caso, dado que estarán al lado esto último se va a despreciar.

Siguiendo la siguiente expresión se sacará la caída de tensión para una sección de 6 mm²:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot Y}$$

Siendo,

- L=Longitud del tramo, que en este caso son 5 metros.
- I=Intensidad circulante, que en este caso es 27,88 A.
- S=Sección, que en este caso son 6 mm².
- Y=Conductividad del cobre, que es de 45,5 m/(Ω/mm²). Este es un valor a 90°C por ser un cable termoestable.

Con estos valores se obtiene una caída de tensión del 0,10%, que es inferior al 1% que realmente se recomienda tener en el recorrido descrito.

7.3.4.3 CRITERIO POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Realmente este criterio estaba implícito en el criterio de intensidad admisible, ya que como se ha dicho en dicho apartado, se ha partido de la intensidad de cortocircuito del panel seleccionado y se le han aplicado ciertos coeficientes reductores por las condiciones a las que estaría expuesto. Así pues, cumple también con este criterio.

Por lo tanto, habiendo superado los 3 criterios principales para la selección de cableado, el conductor a usar será unipolar de 1x6 mm² H1Z2Z2-K tipo ZZ-F. Se necesitarán 2 conductores de este tipo.

7.3.5 DIMENSIONADO DE TUBOS

Como los cables van a ir protegidos (ya se ha comentado) mediante tubos, mediante la ITC-BT-21, se va a dimensionar el tipo de tubo a instalar en esta instalación.

Mediante la tabla 2 de dicha instrucción técnica y sabiendo que se tendrán 2 conductores unipolares de 6 mm², se obtiene que el tubo a instalar tendrá un diámetro exterior de 16 mm.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 2: Diámetros de tubos. Fuente: ITC-BT-21

A pesar de ser una ITC para instalaciones interiores, las características técnicas de los mismos sirven para esta instalación.

Por lo tanto, como se tienen 2 circuitos, se tendrán 2 tubos idénticos.

7.4 ESTACIÓN DE FILTRADO

En este apartado ya se mostrarán los elementos dimensionados que son específicos de la instalación fotovoltaica que da suministro a la estación de filtrado.

A lo largo de este apartado se van a justificar todas las decisiones que se han ido tomando en torno los elementos que se han decidido instalar en los puntos de consumo.

7.4.1 PREDIMENSIONAMIENTO

En este apartado se van a mostrar todos los datos que se utilizarán de cada a realizar el dimensionamiento total de las instalaciones a analizar.

Es importante ya que sin alguno de estos datos sería imposible realizar cualquier cálculo o simulación en cualquier software informático que se acerque a la realidad.

7.4.1.1 CONSUMOS PREVISTOS

Igual de importante que saber el tipo de placa a instalar es saber los consumos que están previstos tener a lo largo del año en dicha estación de filtrado para así realizar un correcto dimensionamiento de la misma.

En este caso, se van a tener consumos diferenciados, uno de 11.880 Wh/día durante los meses de marzo a septiembre, donde los consumos de los elementos de filtrado son altos debido a la gran demanda de energía, en cambio durante el resto de meses el consumo será mucho más bajo, siendo de 8.000 Wh/día.

Esta diferencia es debido a que como en los meses de enero, febrero y los 3 últimos del año las necesidades de agua son bajas, el consumo energético asociado también lo será.

7.4.1.2 AUTONOMÍA DE LA INSTALACIÓN

Dado que es una instalación que está totalmente aislada de la red eléctrica nacional debido a los tipos de consumos que se tienen (mostrados anteriormente) y unido a las variaciones climatológicas, hacen que sea imprescindible instalar baterías con una autonomía de aproximadamente 2 días para así tener un cierto margen para cualquier situación anómala, como puede ser climatológica o tener un mayor consumo puntual.

7.4.2 DIMENSIONAMIENTO INSTALACIÓN

Una vez se saben ya todos los datos principales, se va a pasar a realizar los cálculos iniciales para saber la cantidad de elementos a instalar y posteriormente introducir en el software PVSyst para sacar los datos de producción de energía, radiación, energía sobrante/faltante, etc.

7.4.2.1 BATERÍAS

Como se ha mencionado ya, se van a instalar baterías con los siguientes parámetros:

- Voltaje (V): 48 V.
- Autonomía (N): 2 días.
- Nivel mínimo de la batería hasta el que se desea descargar: 10%.

Introduciendo estos datos en la siguiente expresión se sacará la energía necesaria en las baterías:

$$E = \frac{\text{Consumo} \cdot \text{Autonomía}}{(1 - \text{Nivel mínimo de descarga})}$$

Con todo esto sale que dicha capacidad es de 26.700 Wh.

Se eligen 5 baterías de litio de 48 v y 5.3 kWh.

7.4.2.2 AUTONOMÍA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Teniendo como referencia el dato obtenido en el apartado anterior, se ha decidido instalar 5 baterías de litio de 48 v y 5.3 kWh, lo que utilizando este dato y otros que se van a mencionar ahora en la siguiente expresión, saldrá la autonomía del sistema:

$$N = \frac{V \cdot P_d \cdot C}{E}$$

Siendo,

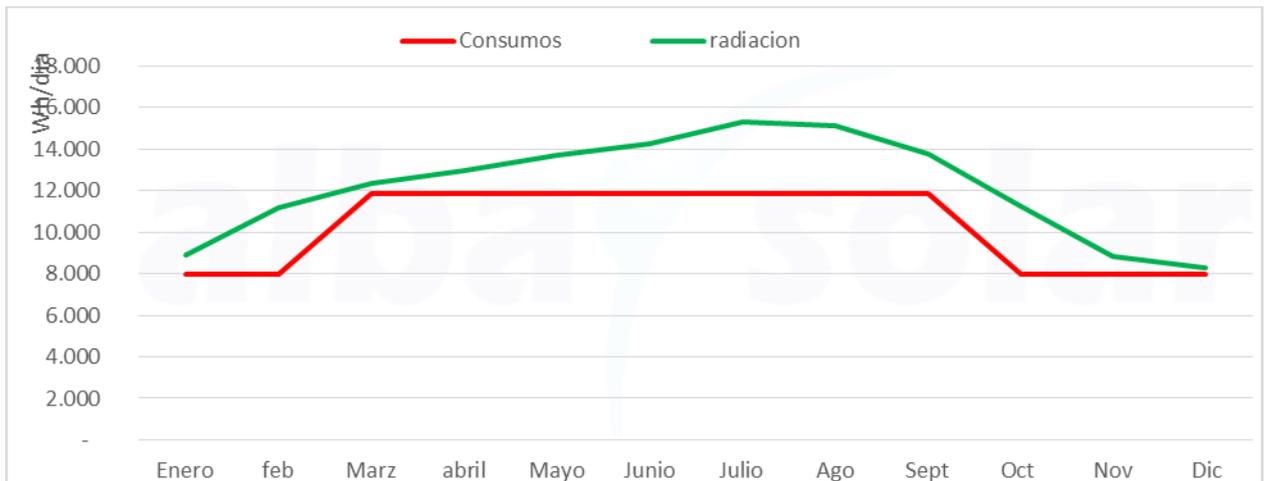
- N=días de autonomía del sistema.
- C=Capacidad del banco de baterías (Ah), que tendrá un valor de 552.08 Ah.
- E=Consumo energético real/día (Wh), que tendrá un valor de 11.880 Wh.
- V=Voltaje (V), que tendrá un valor de 48 V.
- P_d =Profundidad de descarga de las baterías (%), que tendrá un valor del 90% para baterías de litio

Con todo esto sale que la autonomía del sistema es de 2 días, por lo que coincide con la que se ha comentado anteriormente.

7.4.2.3 CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE PLACAS A INSTALAR

El siguiente paso a dar es saber la cantidad de placas que hay que instalar por emplazamiento.

Primero hay que calcular la energía que se genera al día por panel, que teniendo en cuenta que la radiación recibida de media al año es de 5,53 kWh/día se generarán un total de 3,04 kWh/día y por módulo, pero que para calcular el número de paneles se utilizará la gráfica de la energía disponible por mes:



Gráfica 8: Consumos y producciones. Fuente: Elaboración propia.

Por lo que, lo que hay que hacer es dividir el consumo diario (11.880 W/día, que es el más desfavorable) entre lo que se genera por mes (en el peor de los casos del año), saliendo una cantidad de 5 paneles solares de 550Wp.

Y para complementar esta información decir que se va a instalar 1 regulador de carga en la instalación con las siguientes características principales:

- Corriente salida: 60 A.
- Dimensiones: 185x250x95 mm.
- Tensión de salida: 48V.
- Tensión de entrada máxima: 254 V
- Potencia FV: 3.440 W.

7.4.3 PRODUCCIÓN

Una vez se tienen todos los datos que se acaban de mostrar y se meten en el programa informático PVSyst junto con otros valores que tiene dicho software por defecto se pueden obtener una serie de datos relevantes que se van a mostrar en la siguiente tabla:

Mes	Energía utilizada (Wh/día)	Necesidades (Wh/día)	Energía disponible (Wh/día)
Enero	8.000	8.000	8.910
Febrero	8.000	8.000	11.154
Marzo	11.880	11.880	12.364
Abril	11.880	11.880	12.958
Mayo	11.880	11.880	13.706
Junio	11.880	11.880	14.278
Julio	11.880	11.880	15.334
Agosto	11.880	11.880	15.114
Septiembre	11.880	11.880	13.772
Octubre	8.000	8.000	11.242
Noviembre	8.000	8.000	8.822
Diciembre	8.000	8.000	8.272

Tabla 3: Necesidades de energía. Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se pueden sacar varias conclusiones:

- La instalación cumple bien su función ya que en ningún momento falta energía y se cubren las necesidades de los puntos de consumo.
- En la batería siempre habrá energía remanente para posibles incidencias, cumpliendo la autonomía prevista.

7.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE CABLEADO DESDE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS HASTA EL INVERSOR

Una vez ya se han calculado los elementos principales es hora de dimensionar el cableado que une la placa fotovoltaica con el inversor, pasando por el regulador, y las baterías, es decir, toda la parte de continua.

La distancia que se va a suponer desde la placa a dicho inversor será de 5 metros ya que dicho armario estará al lado del módulo.

La designación del cable a utilizar es H1Z2Z2-K tipo ZZ-F, que es un tipo de cable específico para instalaciones solares y que está diseñado según el estándar europeo EN 50618 y el estándar internacional IEC 62930. Este tipo de cable supera los ensayos medioambientales, mecánicos, químicos y de fuego.

Para comprobar si un conductor es válido en un tramo determinado, hay que comprobar que cumple 3 requisitos y coger el requisito que sea más restrictivo.

En caso de no cumplir uno de ellos se buscará otra sección que sí que los cumpla.

7.4.4.1 CRITERIO POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

En este caso, se puede juntar este criterio con el de cortocircuito ya que se va a partir de la intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico escogido (13,94 A) en condiciones STC como del resto de datos principales de los módulos en condiciones STC también.

Como el circuito estará en el exterior, se va a introducir dentro de un tubo para protegerlo de las condiciones climatológicas a las que estaría expuesto el cable, por lo tanto, a la hora de catalogarlo en una sección de la tabla 4 de la IEC 62548, sería la B1.

El siguiente paso a dar es establecer cuáles son los valores de corrección de la intensidad:

- Corrección por acción solar (UNE 20434, pto. 3.1.2.1.4): 0,9.
- Corrección por temperatura en intemperie de 50°C (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,9.
- Corrección agrupamiento (tabla 4 de la IEC 62548): 1 (solo hay un circuito).
- Corrección por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4 (mayoración del 40%).

Por lo tanto, la intensidad admisible que se tendría en este tramo sería de:

$$I_{adm} = \frac{13,94 \cdot 1,4}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 1} = 24,09 \text{ A.}$$

Una vez se sabe la intensidad admisible y de cortocircuito se puede sacar la sección que debería de tener el cable a utilizar en este tramo.

Metiéndose en la tabla UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3, sabiendo que el método de instalación es un B1 y XLPE2, se obtendrá una sección mínima válida de 2,5 mm² (28 A).

7.4.4.2 CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Una vez se sabe la sección que se obtiene en el tramo que se está instalando (mediante 2 de los 3 criterios) se va a verificar que dicha sección también cumple el

criterio de caída de tensión del 1,5% que hay entre los paneles y inversor que estipula la normativa.

Siguiendo la siguiente expresión se sacará la caída de tensión para una sección de 2,5 mm²:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot Y}$$

Siendo,

- L=Longitud del tramo, que en este caso son 5 metros.
- I=Intensidad circulante, que en este caso es 13,16 A.
- S=Sección, que en este caso son 2,5 mm².
- Y=Conductividad del cobre, que es de 45,5 m/(Ω/mm²). Este es un valor a 90°C por ser un cable termoestable.

Con estos valores se obtiene una caída de tensión del 0,17%, que es inferior al 1,5% que se exige.

7.4.4.3 CRITERIO POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Realmente este criterio estaba implícito en el criterio de intensidad admisible, ya que como se ha dicho en dicho apartado, se ha partido de la intensidad de cortocircuito del panel seleccionado y se le han aplicado ciertos coeficientes reductores por las condiciones a las que estaría expuesto. Así pues, cumple también con este criterio.

Por lo tanto, superando los 3 criterios principales para la selección de cableado, el conductor a usar será unipolar de 1x2,5 mm² H1Z2Z2-K tipo ZZ-F. Se necesitarán 2 conductores de este tipo por cada string, haciendo un total de 4 conductores.

7.4.5 DIMENSIONADO DE TUBOS

Como los cables van a ir protegidos (como ya se ha comentado) mediante tubos, mediante la ITC-BT-21, se va a dimensionar el tipo de tubo a instalar en esta instalación.

Mediante la tabla 2 de dicha instrucción técnica y sabiendo que se tendrán 2 conductores unipolares de 2,5 mm², se obtiene que el tubo a instalar tendrá un diámetro exterior de 12 mm por cada string, haciendo un total de 2.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	--
185	50	63	75	--	--
240	50	75	--	--	--

Tabla 4: Diámetros de tubos. Fuente: ITC-BY-21.

A pesar de ser una ITC para instalaciones interiores, las características técnicas de los mismos sirven para esta instalación.