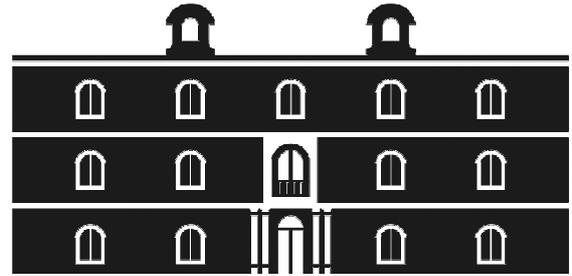


Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

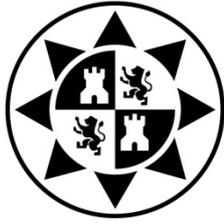


**industriales**  
etsii UPCT

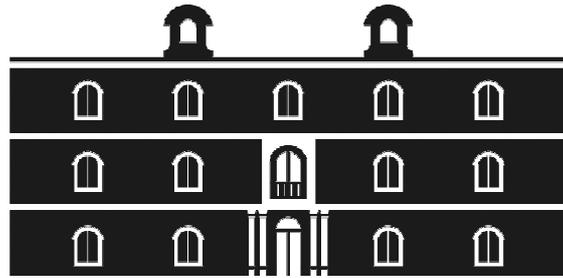
# PROYECTO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA

**Titulación:** Ingeniería Técnica Industrial  
**Intensificación:** Especialidad Electricidad  
**Alumno/a:** Juan Peñaranda Bernal  
**Director/a/s:** Juan Martínez Tudela

Cartagena, 3 de Junio de 2013



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

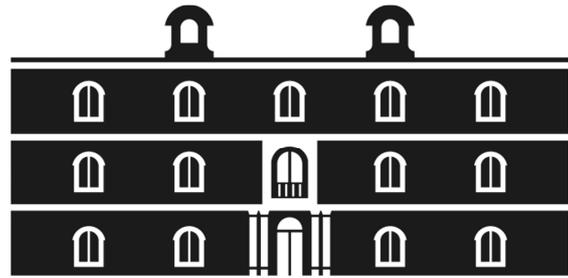


**industriales**  
etsii UPCT

# 1. MEMORIA



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# 1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

## ÍNDICE

1. Aspectos generales.....	1
1.1 Objetivo del proyecto .....	1
1.2 Titular de la instalación.....	1
1.3 Emplazamiento de la instalación .....	1
1.4 Descripción de la instalación .....	1
1.5 Legislación aplicable .....	2
2. Descripción técnica de la instalación solar fotovoltaica .....	3
2.1 Relación de componentes de la instalación fotovoltaica .....	3
2.2 Descripción de los equipos .....	4
2.2.1 Módulos fotovoltaicos .....	4
2.2.1.1 Aspectos generales.....	4
2.2.1.2 Conexionado entre los módulos.....	4
2.2.1.3 Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor .....	4
2.2.2 Regulador de carga.....	5
2.2.3 Baterías.....	5
2.2.4 Inversor .....	6
2.2.5 Cableado.....	6
2.2.6 Canalizaciones o tubos de protección.....	7
2.2.7 Zanjas.....	10
2.2.8 Protecciones.....	12
2.2.9 Estructura soporte.....	14
2.2.9.1 Aspectos generales.....	14
2.2.9.2 Situación de las estructuras soporte .....	14
2.2.9.3 Zapatas .....	15
2.3 Diseño de la instalación .....	16
2.3.1 Balance energético.....	16
2.3.1.1 Aspectos generales.....	16
2.3.1.2 Estimación de las necesidades. Demanda de energía.....	16
2.3.1.3 Radiación solar .....	21
2.3.1.4 Pérdidas y días de autonomía .....	22
2.3.1.5 Producción anual estimada .....	24

2.4	Emplazamiento de protecciones y elementos de la instalación fotovoltaica .....	25
2.4.1	Cajas de registro de conexionado de los módulos.....	25
2.4.2	Cuadro de mando y protección de las viviendas .....	25
2.4.3	Recinto para la ubicación de los elementos fotovoltaicos .....	26
2.5	Puesta a tierra .....	26
2.5.1	Aspectos generales.....	26
2.5.2	Características de la instalación y el terreno .....	27
2.5.3	Tomas de tierra .....	28
2.5.3.1	Línea principal de tierra.....	28
2.5.3.2	Derivaciones con respecto a las líneas principales de tierra.....	29
2.5.3.3	Conductores de protección. ....	29
2.5.3.4	Red de equipotencialidad.....	30
2.5.3.5	Zanja de puesta a tierra.....	30
3	Plan de mantenimiento .....	31
3.1	Aspectos generales .....	31
3.2	Mantenimiento de los componentes de la instalación. ....	33
3.2.1	Inversores.....	33
3.2.2	Reguladores.....	33
3.2.3	Acumuladores .....	33
3.2.4	Cableado y canalizaciones.....	34
3.2.5	Protecciones.....	34
3.2.6	Puesta a tierra .....	35
3.2.7	Estructura soporte.....	35
3.2.8	Paneles solares .....	35
3.3	Garantía .....	36
3.3.1	Ámbito general.....	36
3.3.2	Plazos.....	36
3.3.3	Condiciones económicas .....	36
3.3.4	Anulación de la garantía.....	37
3.3.5	Lugar y tiempo de la prestación.....	37
4.	Impacto ambiental.....	38
4.1	Aspectos generales .....	38

4.1.1 Antecedentes .....	38
4.1.2 Descripción del proyecto.....	39
4.2 Alternativas del proyecto.....	39
4.2.1 Desde el punto de vista medioambiental. ....	39
4.2.2 Desde el punto de vista del desarrollo de la actividad. ....	39
4.2.3 Desde el punto de vista del desarrollo de la viabilidad económica.....	40
4.3 Identificación y valoración de impactos. ....	40
4.3.1 Sobre el paisaje .....	42
4.3.2 Sobre la vegetación.....	43
4.4 Medidas correctoras .....	43
4.5 Programa de vigilancia ambiental .....	44
5. Inversión .....	44
5.1 Aspectos generales .....	44
5.2 Resumen de la inversión.....	44
5.2.1 Desglose de la inversión.....	45
5.3 Parámetros relacionados con el estudio diferencial .....	46
5.3.1 Necesidades en ambas viviendas.....	47
5.3.2 Impuesto sobre la energía.....	47
5.3.3 Gastos de mantenimiento.....	47
5.3.4 Precio de la electricidad .....	48
5.4 Estudio de la inversión.....	49
5.4.1 Beneficio.....	49
5.4.2 Retorno de la inversión .....	50
5.4.3 Tasa de rentabilidad interna .....	51

## **1. Aspectos generales**

### **1.1 Objetivo del proyecto**

El objeto del proyecto es el dimensionado de una instalación fotovoltaica, para el abastecimiento del suministro eléctrico en su totalidad, para dos viviendas rurales cuya ocupación tendrá lugar los fines de semana y festivos.

Además se realizara un estudio de rentabilidad económica comparando la inversión necesaria en caso de que el suministro eléctrico se efectuara a través de un enlace con la red de distribución inexistente, que deberá ser proyectado y construido.

El presente proyecto está basado en la normativa vigente.

### **1.2 Titular de la instalación**

El titular de la instalación es la empresa consultora "CJ Ingeniería EBT innovadora", así como el encargado del mantenimiento de dichos elementos, cuyo plan de mantenimiento queda reflejado más adelante en el proyecto.

### **1.3 Emplazamiento de la instalación**

Ambas viviendas se encuentran situadas en "C/Las Pelailas, 1 casas de tallante". A continuación se indican las coordenadas de situación de ambas construcciones:

Latitud: 37° 37' 46.62" N

Longitud: 1° 0.9' 49.94" O

Altitud: 220 m

### **1.4 Descripción de la instalación**

Se dispone de dos viviendas a las que se debe dar servicio eléctrico, cuyas dimensiones son las siguientes:

- Vivienda 1= 7.37m x 10.36m= 76.35m<sup>2</sup>
- Vivienda 2= 6.96m x 8.97m= 62.43m<sup>2</sup>

Al ser semejante la superficie útil de la vivienda su grado de electrificación también lo será, por tanto sus necesidades energéticas serán similares.

Con respecto a los paneles solares se montarán, en un terreno adyacente, el cuál actualmente no se le da ningún uso. Dicho paneles estarán montados sobre estructura de aluminio a nivel del suelo.

La potencia instalada es de 4.35kW por vivienda. Por tanto la potencia instalada total del campo de paneles fotovoltaico es de 8.7kW.

### **1.5 Legislación aplicable**

Las leyes y normativas en las cuales se basa este proyecto son las siguientes:

- Instalación eléctrica:
  - Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico (BOE nº 285 de 28/11/1977)
  - Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de baja tensión.
  - Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº 126, de 26/05/2007).
  - Pliego de condiciones técnicas para instalaciones aisladas publicado por el IDAE.
  
- Seguridad y salud:
  - Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales.
  - Real Decreto 1627/97 del 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
  - Ordenanzas municipales.
  - R.D. 485/97 del 14 de abril; Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
  - R.D. 1407/1992 modificado por el R.D. 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual-EPI.
  - R.D. 773/1997 del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
  - R.D. 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
  - R.D. 1435/1992 modificado por R.D. 56/1995, dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
  - R.D. 1495/1986, modificada por R.D. 830/1991, aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.

- Orden del Ministerio de Industria 23/05/1977 modificada por Orden de 7/03/1981, Reglamento de aparatos elevadores para obra.
- R.D. 1316/1989, del Mº de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. 27/10/1989 Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 245/1989 del Ministerio de Industria y Energía.27/02/1989. Determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía. 17/11/1989. Modificación del R.D. 245/1989, 27/02/1989.
- Orden del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. 18/07/1991. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989, 27/02/1989.
- R.D. 71/1992, del Ministerio de Industria, 31/01/1992. Se amplía el ámbito de aplicación del Real Decreto 245/1989, 27/02/1989 y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía. 29/03/1996. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989.
- R.D. 487/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.

## **2. Descripción técnica de la instalación solar fotovoltaica**

### **2.1 Relación de componentes de la instalación fotovoltaica**

Como se indica en el apartado 1.4 de la presente memoria, se dispone de dos viviendas. Cada vivienda tendrá su instalación fotovoltaica independiente de la otra, con el fin de no dejar sin servicio una de las viviendas si en la otra no se cumplen las condiciones de ocupación.

El campo fotovoltaico estará compuesto por 30 módulos, destinando 15 módulos fotovoltaicos a cada una de las viviendas.

La potencia total instalada es de 8.7kW.

Se utilizará un total de 6 inversores, 3 para cada vivienda.

Necesitaremos un inversor de 5Kw por vivienda lo que hace que tengamos un total de 2 inversores.

El número de baterías, que ha sido dimensionado para 3 días de autonomía, será de 16 por vivienda, haciendo un total de 32 baterías.

## **2.2 Descripción de los equipos**

### **2.2.1 Módulos fotovoltaicos**

#### **2.2.1.1 Aspectos generales**

Como se ha mencionado en el apartado anterior, para cubrir la demanda energética de ambas viviendas rurales se necesitarán 30 paneles fotovoltaicos.

Los 30 módulos se recomienda que sean suministrados por ATERSA, siendo dichos paneles de silicio monocristalino y con una potencia pico de 290W.

Estos paneles están verificados según el fabricante célula a célula, lo que da un grado de confianza muy alto en dichos paneles, además de que la dureza de dichas placas es muy elevada debido a que lo recubre un cristal templado de 4mm de grosor.

Las características eléctricas se adjuntan en el apartado de “Anexos” de esta memoria.

#### **2.2.1.2 Conexión entre los módulos**

La conexión entre cada uno de los módulo se realizará mediante unas cajas de registro situadas en la parte posterior de los panales.

En estas cajas de registro se encuentran los bornes de conexionado mediante los cuales se realizan las conexiones serie o paralelo de los módulos.

Para cubrir las necesidades de suministro eléctrico son necesarios 15 paneles por vivienda.

La distribución de estos, se realizará formando un agrupamiento serie paralelo, constituido por 3 ramas en paralelo formadas por 5 paneles conectados en serie.

Los bornes de conexionado son del tipo MC4 o combinable MC4.

La elección de placas y reguladores, así como el conexionado están justificados en el capítulo “Cálculos justificativos”.

Un punto importante a tener en cuenta es el agrupamiento de los módulos, cada rama debe tener el mismo número de módulos, es decir, estas deben ser simétricas para evitar posibles desequilibrios en el conjunto.

El esquema de conexionado se encuentra en el apartado “Anexos”.

#### **2.2.1.3 Rango de funcionamiento entre los módulos y el inversor**

Para hacer un correcto diseño de la instalación, se debe buscar el punto de funcionamiento óptimo de dicha instalación. En caso de no alcanzar el punto óptimo de funcionamiento, el rendimiento será bastante menor y por tanto la producción se verá reducida.

En el proceso de producción de energía se debe buscar siempre que sea posible el punto de máxima potencia, que es el punto de funcionamiento de máximo rendimiento teniendo en cuenta las características de los módulos fotovoltaicos y el inversor. Por tanto, a la hora de elegir inversor debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- La tensión que produce el string bajo  $1000\text{W}/\text{m}^2$  y una temperatura de  $25^\circ\text{C}$  debe de estar dentro los límites que nos definen el MPP. En este caso, para el inversor TAURO de  $5000\text{W}$ , el rango de tensiones al cuál se mantiene el MPP está entre  $40\text{-}64\text{V}$ .
- La tensión mínima del generador fotovoltaico tiene que ser superior a la tensión mínima de entrada del inversor. Como el sistema está trabajando a  $48\text{V}$  y el rango de tensión mínima del inversor está entre  $40$  y  $64\text{V}$ , es válido.
- La tensión en vacío que genera el agrupamiento en serie debe de ser menor que la tensión máxima admitida por el inversor. La tensión en vacío del string es de  $44,67\text{V}$  y la tensión máxima del inversor es de  $64\text{V}$ . Por tanto también cumple esta condición.

### **2.2.2 Regulador de carga**

Se recomienda que para los 6 reguladores sean suministrados por la empresa ATERSA. El modelo propuesto es "LEO 20 50 A 48V".

Al ser necesaria la instalación de hasta 6 reguladores, el modelo elegido deber permitir que uno de ellos actúe como maestro y el resto como esclavos.

El maestro es el encargado de dar órdenes a los anteriormente nombrados como esclavos.

El modelo LEO 20 proporciona un control óptimo de la carga y cuenta con unos elementos internos que protegen los elementos de la instalación.

Estos reguladores son usados para instalaciones de mediana y pequeña potencia en los que no sea necesaria instrumentación adicional. Dicho regulador incorpora un microprocesador de última generación que lleva implementado un algoritmo de control que se adapta a los cambios de situación tanto diaria como estacional.

Para las tareas de conmutación de las entradas/salidas de potencia se han instalado unos relés de estado sólido, de bajas pérdidas en conmutación.

Además incorporan protecciones frente a inversión de polaridad, sobretensiones, sobrecorrientes y cortocircuitos entre otros.

### **2.2.3 Baterías**

Para obtener 3 días de autonomía en los meses de más radiación, y 4 días de autonomía los meses de menos radiación solar son necesarias 16 baterías por vivienda. El

modelo propuesto de batería que se va a usar es de la “marca TUDOR modelo 6.7 Enersol T760”.

Son baterías estacionarias translúcida a de 6 vasos de 2V. Su capacidad es de 749 Ah, la ha sido obtenida para una temperatura de 25°C.

Las baterías podrán ser suministradas por ATERSA o bien por la propia marca de baterías TUDOR.

#### 2.2.4 Inversor

De acuerdo con la estimación de la demanda efectuada para cada una de las viviendas, será suficiente un inversor de 5kW para transformar la corriente continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos en corriente alterna necesaria para cubrir estas necesidades.

El inversor propuesto para la instalación es “TAURO onda senoidal BC 5048 48Vcc/220Vca 5000w modelo BC5048/V”.

Dicho elemento cuenta con ventilación forzada para evitar sobrecalentamiento y daños ocasionados por este tipo de fallo. Esta ventilación forzada permite el uso del inversor durante un periodo de tiempo prolongado y aumenta la vida útil del aparato. Al ser un equipo de onda senoidal permite su utilización sin las limitaciones y problemas de acoplamiento con las cargas e interferencias que presentan los no senoidales.

Este modelo de inversor es expansible, por lo que en caso de necesitar en un futuro más potencia, bastaría con acoplar una serie de elementos al inversor para ampliar su capacidad.

#### 2.2.5 Cableado

El cableado usado en el interior de ambas viviendas, será el indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja de Tensión 842/2002, para una vivienda con electrificación básica, según la ITC 25.

*Tabla 2.1*

Nombre del circuito	Nomenclatura	Sección (mm <sup>2</sup> )
Iluminación	C1	1.5
Tomas de uso general	C2	2.5
Cocina y Horno	C3	6
Lavavajillas, lavadora y termo	C4	4
Baño y cuarto de cocina	C5	2.5

La tensión asignada para este tipo de cables en esta parte de la instalación no será inferior a 450/750V, según la ITC-BT-21. Por tanto el cable seleccionado, aparte de la característica anteriormente mencionada, tendrá un aislamiento de PVC, soportará una

temperatura máxima de 70°C, será del tipo H07V-K y estará construido según la norma UNE 21.031.

Con respecto al cableado usado en el exterior para instalación fotovoltaica la sección de los cables empleados se calcula en el apartado llamado “Cálculos justificativos” en el que se comprobará que los conductores seleccionados cumplen las especificaciones de caída de tensión, calentamiento, cortocircuitos y pérdida de potencia. Este tipo de conductor tendrá una tensión asignada de 0.6/1kV como se indica en la ITC-BT-20. Por tanto, cumpliendo con esta premisa, el cable seleccionado tendrá esa tensión asignada y será del tipo RV-K.

El conexionado entre los paneles se realizara por medio de unos bornes alojados en el interior de una caja de registro situada en la parte trasera de los módulos fotovoltaicos, lo que permite que los paneles puedan agruparse en serie o en paralelo, según se precise.

En el interior de estas cajas de registro, junto a las bornes, se encuentran los diodos antiretorno que evitarán el efecto isla, es decir, que cuando se estropee una de las células o simplemente no le llegue la radiación solar necesaria para su correcto funcionamiento impidan que actúen como receptoras de las restantes, quedando polarizadas de forma inversa lo que ocasionaría la destrucción de la unión PN.

### 2.2.6 Canalizaciones o tubos de protección

Los tubos empleados en el interior de la vivienda, irán empotrados en la pared. Serán tubos flexibles de un diámetro que permita la correcta instalación y extracción de los cables o conductores aislados. Su diámetro, según la ITC-BT-21, se elegirá en función de la sección del cable o conductor y del número de cables que se vayan a alojar en el interior del tubo.

Tabla 2.2

Sección nominal de los conductores unipolares	Diámetro exterior de los tubos				
	Número de los conductores				
	1	2	3	4	5
1.5	12	12	16	16	20
2.5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	-
150	50	63	75	-	-
185	50	75	-	-	-
240	63	75	-	-	-

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

El cumplimiento de las características indicadas en la tabla anterior, se realizará según los ensayos indicados para la norma UNE-EN-50.086-2-3 para tubos flexibles y no propagadores de llama.

Las canalizaciones para la parte exterior, correspondiente al campo fotovoltaico, se realizará mediante una canalización de tubo enterrado, flexible.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita una fácil instalación y extracción de los cables o conductores.

En las canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán las siguientes:

*Tabla 2.3*

Características	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N/450 N/750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero/Normal/Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificaciones
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos D≥1 mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA: No aplicable (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.		

Según la ITC-21 del reglamento electrotécnico de baja tensión la instalación de los tubos se hará de acuerdo a las siguientes premisas:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo será los especificados por el fabricante conforme a la UNE-EN 50.086-2-2.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados estos.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizaran en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores, aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente. Los bornes de conexión para uso doméstico o análogo serán conformes a lo establecido en la correspondiente parte de la norma UNE-EN-60.998.
- Durante la instalación de los conductores, para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de estos, cuando

sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una “T”, de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que son accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.
- Para la colocación de los conductores se seguirá lo señalado en la ITC-BT-20.
- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circulante, etc.), las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos:
  - Pantallas de protección calorífuga.
  - Alejamiento suficiente de fuentes de calor.
  - Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
  - Modificación del material aislante a emplear.

### **2.2.7 Zanjas**

En la instalación, debemos de disponer de dos zanjas, una para cada vivienda. Dichas zanjas alojarán los tubos, que sirven de protección mecánica a los conductores y líneas de tierra, necesarios para el funcionamiento de la instalación fotovoltaica.

El trazado de las zanjas va desde los módulos fotovoltaicos, hasta cada uno de los cuartos donde se albergan las baterías, reguladores e inversores.

Las longitudes de zanja que se necesita para el alojamiento de los elementos de la instalación son las siguientes:

- Vivienda 1: 7m
- Vivienda 2: 15.18m

El tipo de zanja recomendado pertenece a uno de los normalizados por Iberdrola representado en la siguiente figura:

Figura 2.1

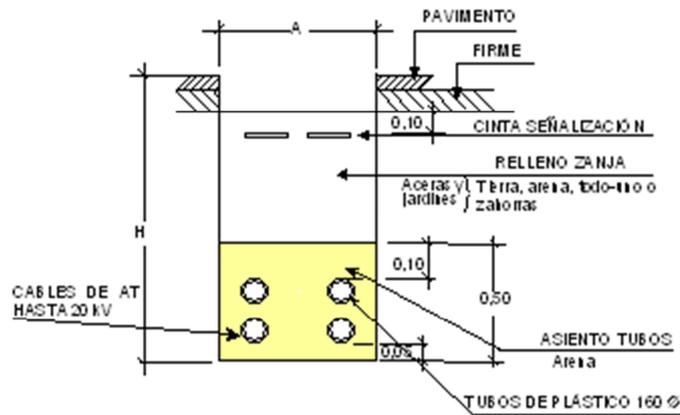


Tabla 2.4

Nº de tubos	Anchura (A)	Profundidad de zanja (H)	Cintas de señalización cable
4	0,35	0,9	1

El asiento de los tubos será de 0.5m de altura y la profundidad de la zanja es de 0.9m. Dichos tubos irán separados del fondo de la zanja a 0.05m. Por ultimo a 0.1m del firme irá una cinta de señalización.

La cinta de señalización, estará fabricada en polietileno de color amarillo, siendo de 15cm de ancho y llevará una leyenda impresa que ponga "¡ATENCIÓN DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS!" y la señal de riesgo eléctrico.

Para el relleno de las zanjas en zonas sin pavimentar se utilizará como material de relleno tierra apisonada procedente de la excavación.

Esta zanja está normalizada para canalizaciones entubadas de cables aislados de hasta 240mm<sup>2</sup> y cables aislados de 0,60/1kV colocados en un mismo plano, por lo que resulta

adecuada para la instalación objeto de este proyecto. Los tubos empleados serán de 160mm<sup>2</sup>. En el punto de interconexión de las canalizaciones se dispondrá de una arqueta de registro que permita la comunicación entre los diferentes tramos de zanja.

### 2.2.8 Protecciones

Las protecciones eléctricas del interior de la vivienda son las que se contemplan en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-25, para un grado de electrificación básica. Según dicha ITC las protecciones colocadas serán:

*Tabla 2.5*

Nombre del circuito	Nomenclatura	Interruptor automático (A)
Iluminación	C1	10
Tomas de uso general	C2	16
Cocina y horno	C3	25
Lavadora, Lavavajillas y termo	C4	20
Baño, cuarto de cocina	C5	16

Las protecciones enumeradas en la tabla anterior se colocaran en el interior de un cuadro de mando y protección de cada una de las viviendas. La única salvedad que cabe destacar, es que, el circuito de alumbrado se alimenta con corriente continua proveniente del regulador de carga, por lo que se instalará un interruptor automático adaptado a las condiciones de tensión y corriente correspondiente al circuito de continua.

Las protecciones recomendadas para el circuito de alterna son:

- Como protección magnetotérmico el modelo 2P iC60N 6KA Merlin Gerin, con las siguientes características:
  - Circuitos: C2,C3,C4,C5
  - N° de polos: 2
  - Curva de disparo: C
  - Poder de corte: 6 KA
  - Ancho del polo: 16mm

- Las características de la protección diferencial para la instalación tienen que ser las siguientes:

- Sensibilidad: 30mA
- N° de polos: 2
- Clase: AC
- Ancho por polo: 18mm
- Tensión: 230V

Las protecciones recomendadas para el circuito de continua son:

- Se recomienda como protección magnetotérmica del circuito de iluminación el modelo C32H-DC:

- Circuito: C1
- N° de polos: 1
- Curva de disparo: C
- Poder de corte: 10KA
- Ancho del polo: 2 pasos de 9mm

Al ser una instalación eléctrica no conectada a red no es necesario el montaje del interruptor de control de potencia exigido por las compañías distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica, no obstante es recomendable su instalación con el fin de mantener un control de la potencia máxima demandada, por tanto, se propone que se monte un ICP de 2.2kW

La instalación eléctrica del campo fotovoltaico dispone de sus propias protecciones, las cuales van incluidas en cada uno de los elementos constituyentes de la instalación.

Los módulos fotovoltaicos disponen de unos diodos de bloqueo que evitan la disipación de energía en situaciones de defecto eléctrico.

Los reguladores de carga incorporan relés de estado sólido que los protege contra la inversión de polaridad, sobretensiones, sobrecorrientes, cortocircuitos, etc.

El inversor dispone de protecciones para fallos tales como pueden ser, baja tensión de entrada, sobretensión de entrada, temperatura elevada, cortocircuito en la salida y sobrecarga.

Para poder hacer independientes las zonas susceptibles a mantenimiento o reparación, se incorporan seccionadores fusibles. Los fusibles necesarios para tal fin son los siguientes:

- Tramo 1: Los fusibles utilizados son del tipo NH con curva gG y con una intensidad nominal de 63A y una tensión de 500V.
- Tramo 2: Los fusibles utilizados son del tipo NH con curva gG y con una intensidad nominal de 200A y una tensión de 500V.
- Tramo 3: Los fusibles utilizados son del tipo NH con curva gG y con una intensidad nominal de 200A y una tensión de 500V.

Se propone el uso de fusibles y portafusibles suministrados por la casa DF electric.

## **2.2.9 Estructura soporte**

### **2.2.9.1 Aspectos generales**

La estructura soporte de las placas solares deberá de resistir los esfuerzos a los que se ven sometidos debido a la acción de viento, cumpliendo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

El diseño se deberá de hacer acorde con la EA-95.

Los 30 paneles fotovoltaicos se colocarán en 3 estructuras metálicas, de acero inoxidable y aluminio, alojando en cada una de estas estructuras 10 módulos fotovoltaicos.

Se propone que los elementos para la construcción de dicha estructura sean suministrados por la marca HILTI.

### **2.2.9.2 Situación de las estructuras soporte**

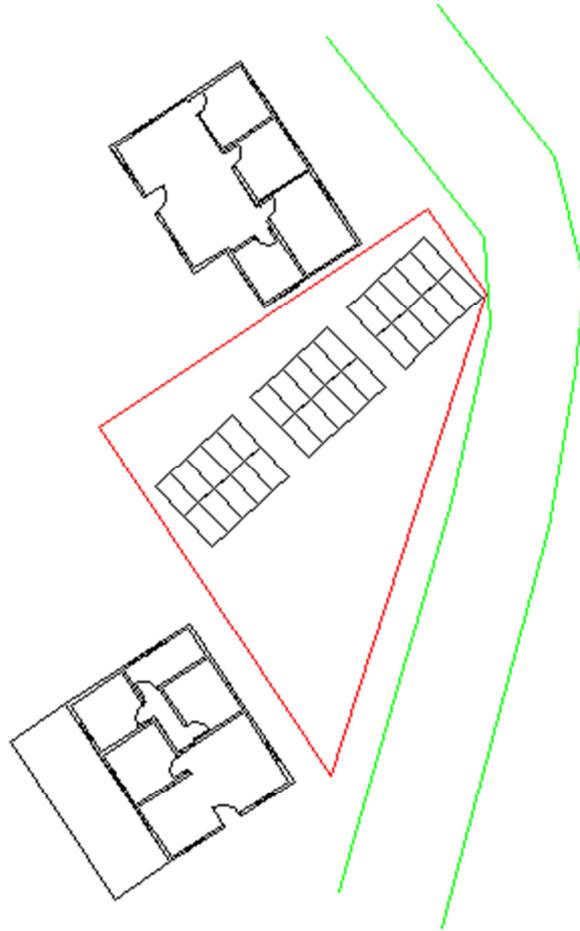
Los módulos se colocarán sobre las estructuras de aluminio en un terreno adyacente, acondicionado para este uso.

La orientación será hacia el sureste y con una inclinación de 34° para cumplir con el ángulo óptimo de radiación.

Los paneles una vez montados sobre las estructuras soporte, tal y como aparece en el anexo "PLANOS" quedan situados en un mismo plano, por lo que no es necesario realizar el cálculo de la distancia de separación entre filas de paneles, cuya finalidad es evitar las pérdidas por sombras. Tampoco es necesario el estudio de pérdidas por sombras de objetos o elementos constructivos que se encuentren en las proximidades del campo fotovoltaico, ya que el horizonte de la trayectoria solar se encuentra despejado de obstáculos capaces de proyectar sombra.

La situación de las estructuras es la indicada en el siguiente plano:

Figura 2.2



### 2.2.9.3 Zapatas

Para asegurar una buena fijación al suelo de las estructuras de aluminio, es necesario un buen dimensionado de las zapatas, las cuales se encargarán de mantener bien ancladas dichas estructuras.

Para el cálculo de estas zapatas, se deben de tener en cuenta unos datos iniciales como la velocidad del viento en la zona, la densidad del hormigón, etc.

En la zona de Tallante, las condiciones para el cálculo de las zapatas de hormigón, son las siguientes:

- Velocidad del viento en Cartagena: 38 m/s (975N/m<sup>2</sup>)

- Superficie de cada módulo: 1.94535 m<sup>2</sup>
- Inclinación: 34°
- Densidad del hormigón: 2000 Kg/m<sup>3</sup>

Las zapatas necesarias para la sujeción de cada una de estas estructuras deben de tener como mínimo un volumen de 0.53m<sup>3</sup>, dato que está justificado en el capítulo “Cálculos Justificativos”.

Las dimensiones de la zapata para cada una de las estructuras soporte es de:

- Largo x ancho x alto: 10.8 x 0.25 x 0.2

## **2.3 Diseño de la instalación**

### **2.3.1 Balance energético**

#### **2.3.1.1 Aspectos generales**

En los siguientes apartados se explicará todo lo referente con la producción estimada de la instalación fotovoltaica, así como las necesidades previstas en las dos viviendas rurales, teniendo en cuenta el número de paneles y sus características, las pérdidas de producción energética, la radicación solar, el ángulo de inclinación, etc...

#### **2.3.1.2 Estimación de las necesidades. Demanda de energía**

Se ha estimado que cada una de las viviendas rurales será ocupada por un máximo de cuatro personas, y se ha considerado un equipamiento que garantice el confort en la estancia, la cual queda reflejada en las tablas.

En estas tablas se detalla el consumo por meses, días y horas ya que al ser viviendas dedicadas a turismo rural, las necesidades de consumo varían con la estacionalidad, los fines de semana y las festividades.

La demanda de energía se ha estimado mes a mes, debido a que la ocupación y por tanto las necesidades varían.

## Enero

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	9	9
DVD	0,05	1	1,5	3	0,225
Radio	0,01	1	1	4	0,04
Iluminación	0,005	8	1	9	0,36
Lavadora	0,4	1	1	6	2,4
Plancha	0,15	1	0,3	6	0,27
Ordenador	0,25	2	2,5	9	11,25
Frigorífico	0,1	1	4	9	3,6
Congelador	0,1	1	5	9	4,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	8	0,9
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	3,5	9	66,15
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>98,695</b>

## Febrero

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	8	8
DVD	0,05	1	1,5	3	0,225
Radio	0,01	1	1	3	0,03
Iluminación	0,005	8	1	8	0,32
Lavadora	0,4	1	1	5	2
Plancha	0,15	1	0,3	5	0,225
Ordenador	0,25	2	2,5	8	10
Frigorífico	0,1	1	4	8	3,2
Congelador	0,1	1	5	8	4
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	7	0,7875
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	4	8	67,2
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>95,9875</b>

## Marzo

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	11	11
DVD	0,05	1	1,5	4	0,3
Radio	0,01	1	1	4	0,04
Iluminación	0,005	8	1	11	0,44
Lavadora	0,4	1	1	6	2,4
Plancha	0,15	1	0,3	6	0,27
Ordenador	0,25	2	2,5	11	13,75
Frigorífico	0,1	1	4	11	4,4
Congelador	0,1	1	5	11	5,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	9	1,0125
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	2	11	46,2
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>85,3125</b>

### Abril

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	8	8
DVD	0,05	1	1,5	5	0,375
Radio	0,01	1	1	3	0,03
Iluminación	0,005	8	1	8	0,32
Lavadora	0,4	1	1	6	2,4
Plancha	0,15	1	0,3	6	0,27
Ordenador	0,25	2	2,5	8	10
Frigorífico	0,1	1	4	8	3,2
Congelador	0,1	1	5	8	4
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	7	0,7875
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	1,5	8	25,2
Ventilador	0,1	0	0	0	0
				<b>TOTAL(kWh)</b>	54,5825

### Mayo

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	9	9
DVD	0,05	1	1,5	5	0,375
Radio	0,01	1	1	4	0,04
Iluminación	0,005	8	1	9	0,36
Lavadora	0,4	1	1	7	2,8
Plancha	0,15	1	0,3	7	0,315
Ordenador	0,25	2	2,5	9	11,25
Frigorífico	0,1	1	4	9	3,6
Congelador	0,1	1	5	9	4,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	8	0,9
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	1	9	18,9
Ventilador	0,1	0	0	0	0
				<b>TOTAL(kWh)</b>	52,04

### Junio

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	28	28
DVD	0,05	1	1,5	10	0,75
Radio	0,01	1	1	7	0,07
Iluminación	0,005	8	1	30	1,2
Lavadora	0,4	1	1	10	4
Plancha	0,15	1	0,3	9	0,405
Ordenador	0,25	2	2,5	28	35
Frigorífico	0,1	1	4	30	12
Congelador	0,1	1	4	30	12
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	25	2,8125
Acumulador de calor para 13m	1,05	0	0	0	0
Ventilador	0,1	3	3	28	25,2
				<b>TOTAL(kWh)</b>	121,4375

## Julio

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	29	29
DVD	0,05	1	1,5	11	0,825
Radio	0,01	1	1	7	0,07
Iluminación	0,005	8	1	31	1,24
Lavadora	0,4	1	1	10	4
Plancha	0,15	1	0,3	9	0,405
Ordenador	0,25	2	2,5	28	35
Frigorífico	0,1	1	4	31	12,4
Congelador	0,1	1	5	31	15,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	25	2,8125
Acumulador de calor para 13m	1,05	0	0	0	0
Ventilador	0,1	3	3	29	26,1
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>127,3525</b>

## Agosto

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	28	28
DVD	0,05	1	1,5	11	0,825
Radio	0,01	1	1	7	0,07
Iluminación	0,005	8	1	31	1,24
Lavadora	0,4	1	1	10	4
Plancha	0,15	1	0,3	9	0,405
Ordenador	0,25	2	2,5	28	35
Frigorífico	0,1	1	4	31	12,4
Congelador	0,1	1	5	31	15,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	25	2,8125
Acumulador de calor para 13m	1,05	0	0	0	0
Ventilador	0,1	3	3	28	25,2
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>125,4525</b>

## Septiembre

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	19	19
DVD	0,05	1	1,5	9	0,675
Radio	0,01	1	1	5	0,05
Iluminación	0,005	8	1	19	0,76
Lavadora	0,4	1	1	7	2,8
Plancha	0,15	1	0,3	7	0,315
Ordenador	0,25	2	2,5	19	23,75
Frigorífico	0,1	1	4	19	7,6
Congelador	0,1	1	5	19	9,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	15	1,6875
Acumulador de calor para 13m	1,05	0	0	0	0
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>66,1375</b>

## Octubre

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	8	8
DVD	0,05	1	1,5	3	0,225
Radio	0,01	1	1	3	0,03
Iluminación	0,005	8	1	8	0,32
Lavadora	0,4	1	1	5	2
Plancha	0,15	1	0,3	5	0,225
Ordenador	0,25	2	2,5	8	10
Frigorífico	0,1	1	4	8	3,2
Congelador	0,1	1	5	8	4
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	7	0,7875
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	3	8	50,4
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>79,1875</b>

## Noviembre

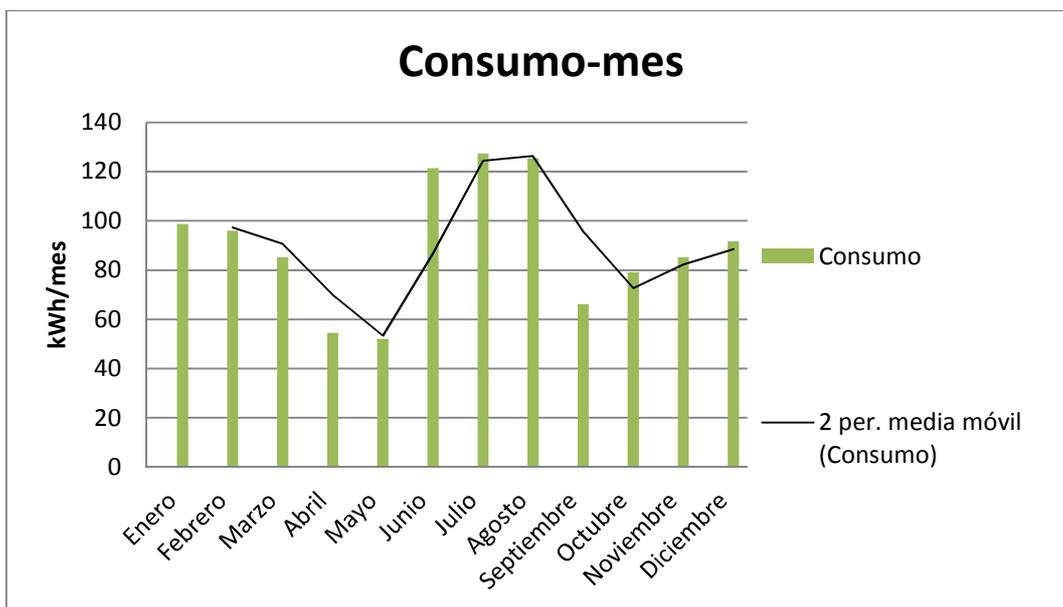
Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	11	11
DVD	0,05	1	1,5	4	0,3
Radio	0,01	1	1	4	0,04
Iluminación	0,005	8	1	11	0,44
Lavadora	0,4	1	1	6	2,4
Plancha	0,15	1	0,3	6	0,27
Ordenador	0,25	2	2,5	11	13,75
Frigorífico	0,1	1	4	11	4,4
Congelador	0,1	1	5	11	5,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	9	1,0125
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	2	11	46,2
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>85,3125</b>

## Diciembre

Elemento	Potencia(kW)	Cantidad	Horas de consumo al día	Días consumo	Total consumo(kWh)
Televisor	0,1	2	5	13	13
DVD	0,05	1	1,5	4	0,3
Radio	0,01	1	1	4	0,04
Iluminación	0,005	8	1	13	0,52
Lavadora	0,4	1	1	6	2,4
Plancha	0,15	1	0,3	6	0,27
Ordenador	0,25	2	2,5	13	16,25
Frigorífico	0,1	1	4	13	5,2
Congelador	0,1	1	5	13	6,5
Pequeños electrodomésticos	0,15	3	0,25	9	1,0125
Acumulador de calor para 13m	1,05	2	2	11	46,2
Ventilador	0,1	0	0	0	0
<b>TOTAL(kWh)</b>					<b>91,6925</b>

Los valores de demanda acumulados en cada mes se presentan en la gráficamente con el fin de visualizar de forma rápida los meses de mayor consumo los cuales serán determinantes a la hora de dimensionar el campo fotovoltaico.

Gráfica 2.1



La demanda total de energía por año se obtiene sumando las demandas de cada uno de los meses. Dicha demanda es 1083kWh al año por vivienda. Al ser dos viviendas con el mismo grado de ocupación y equipamiento, el consumo total de la instalación será de 2166kWh al año.

### 2.3.1.3 Radiación solar

Para el cálculo del ángulo de inclinación que deben tener los módulos se ha utilizado el programa PV-GIS, el cual indica cual es el ángulo óptimo de inclinación para la zona de Tallante. Para esta zona el ángulo óptimo es de 34° y según la base de datos PV-GIS para un ángulo óptimo de 34° la tabla de radiaciones es la siguiente:

Tabla 2.6

Mes	G <sub>opt</sub>
Enero	4100
Febrero	4640
Marzo	5620
Abril	5730
Mayo	6200
Junio	6380
Julio	6570
Agosto	6280
Septiembre	5860
Octubre	5120
Noviembre	3860
Diciembre	3770
Media anual	5350

El ángulo óptimo es aquel, que proporciona la mayor media anual de radiación, y por ese mismo motivo es el elegido para la inclinación de los paneles en el presente proyecto.

Este parámetro de radiación e inclinación son los aspectos más importantes a tener en cuenta, ya que de ellos dependerá en gran medida el número de paneles solares que necesitaremos.

#### **2.3.1.4 Pérdidas y días de autonomía**

Para el proceso que se debe de llevar a cabo para determinar el número de paneles fotovoltaicos, es necesario tener en cuenta unas series de pérdidas, debido en parte a que los elementos tales como el regulador, inversor y cableado introducen una serie de pérdidas.

Además de las pérdidas citadas también se tendrá en cuenta otras pérdidas como pueden ser, temperatura, orientación etc...

Las pérdidas consideradas en el proceso de cálculo son:

- $K_A$ : Pérdidas debido a la autodescarga diaria de la batería, dada a los 20°C.
- $K_B$ : Pérdidas debido al rendimiento de la batería.
- $K_C$ : Pérdidas debido al inversor.
- $K_R$ : Pérdidas debido al regulador.
- $K_x$ : Otras pérdidas, tales como la temperatura, orientación, efecto joule del cableado, etc...

Otro parámetro que interviene en el dimensionado, son los días de autonomía. Este es un parámetro que se debe tener en cuenta cuando la instalación aislada de la red eléctrica, por lo que es necesario el almacenamiento en baterías con el fin de cubrir la demanda en los días de baja o nula radiación solar.

Por tanto, se define días de autonomía a los días que el banco de baterías puede cubrir la demanda en su totalidad con muy poca o nula radiación.

Para sistemas solares domésticos se toman valores entre 3 y 5 días, por lo tanto en este proyecto se tendrá en cuenta 4 días de autonomía para los meses de menor radiación y de 3 días los meses de mayor radiación.

La siguiente tabla proporcionada por CENSOLAR en la que se establecen las medias de los días nublados, sirve de ayuda para confirmar que la estimación de los días de autonomía es correcta.

Tabla 2.7

Provincia	Máximo	Mínimo	Normal	Provincia	Máximo	Mínimo	Normal
Álava	25	20	15	León	23	18	14
Albacete	19	15	11	Lérida	23	18	14
Alicante	16	13	10	Lugo	24	19	14
Almería	15	12	9	Madrid	20	16	12
Asturias	24	19	14	Málaga	15	12	9
Ávila	22	18	13	Melilla	13	10	8
Badajoz	20	16	12	Murcia	15	12	9
Baleares	19	15	11	Navarra	24	19	14
Barcelona	20	16	12	Orense	24	19	14
Burgos	24	19	14	Palencia	24	19	14
Cáceres	19	15	11	Las Palmas	8	6	5
Cádiz	16	13	10	Pontevedra	21	17	13
Cantabria	24	19	14	La Rioja	23	18	14
Castellón	17	14	10	Salamanca	22	18	13
Ceuta	13	10	8	Sta. Tenerife	12	10	7
Ciudad Real	19	15	11	Segovia	22	18	13
Córdoba	18	14	11	Sevilla	18	14	11
La Coruña	22	18	13	Soria	21	17	13
Cuenca	21	17	13	Tarragona	19	15	11
Gerona	19	15	11	Teruel	22	18	13
Granada	17	14	10	Toledo	21	17	13
Guadalajara	21	17	13	Valencia	19	15	11
Guipúzcoa	23	18	14	Valladolid	25	20	15
Huelva	16	13	10	Vizcaya	24	19	14
Huesca	22	18	13	Zamora	24	19	14
Jaén	19	15	11	Zaragoza	21	17	13

Como se puede observar en Murcia, al año normalmente se tienen unos 9 días nublados. Si estos 9 días se dividen entre los tres meses más desfavorables como son Diciembre, Enero y Febrero, se obtienen los 3-4 días de autonomía que se ha elegido para la instalación.

### 2.3.1.5 Producción anual estimada

La producción anual estimada teniendo en cuenta todos los parámetros mencionados, es la siguiente:

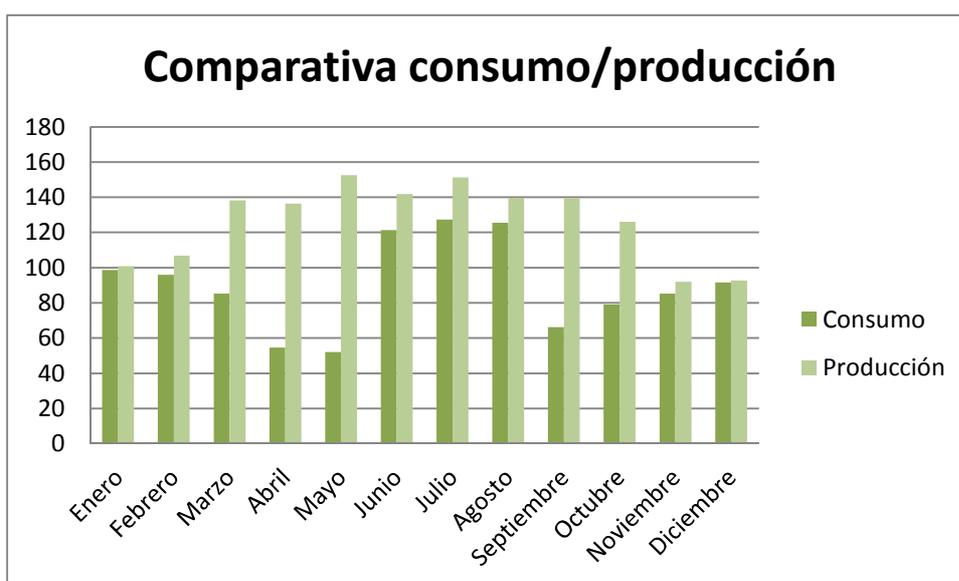
Tabla 2.8

Mes	Producción mensual(Kwh)
Enero	100,9
Febrero	106.8
Marzo	138.3
Abril	136.4
Mayo	152.6
Junio	141.8
Julio	151.2
Agosto	139.6
Septiembre	139.5
Octubre	126
Noviembre	91.9
Diciembre	92.75
Total	1517.75

Este cuadro representa la producción para un grupo de 15 paneles fotovoltaicos, es decir el de una sola vivienda. Como se dispone de dos grupos de paneles de idénticas características, la producción anual total esperada será de 3035.5 kWh al año.

Para terminar el balance energético se debe de comprobar que la producción total esperada es mayor que la demanda total estimada. En la siguiente gráfica se observa, que se cubren las necesidades:

Gráfica 2.2



Al comparar la producción y el consumo se observa que hay excedentes de producción en los meses de menor ocupación, con el fin de aprovechar dichos excedentes, se podría incrementar la potencia de alguno de los consumos, introducir algún otro consumo, o bien aumentar los días de autonomía.

## **2.4 Emplazamiento de protecciones y elementos de la instalación fotovoltaica**

### **2.4.1 Cajas de registro de conexionado de los módulos**

Las cajas de registros se situarán en la parte trasera de las placas solares. En su interior, se encuentra los bornes de conexionado del tipo MC4 o combinable MC4, además de unos diodos antiretorno que evitaren el efecto isla.

Dichas cajas tienen que ser estancas, con un grado de protección frente a la entrada de cuerpos sólidos de grado 6 y una protección frente a la entrada de agua o elementos líquidos de grado 5.

El modelo propuesto para estas cajas, es QUAD IP65.

### **2.4.2 Cuadro de mando y protección de las viviendas**

Los cuadros de mando y protección se situarán en el interior de la vivienda, cumpliendo con lo especificado en la ITC-17 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE EN 60.439-3 con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK 07 según UNE-EN 50.102.

La envolvente para el interruptor de potencia será precintable.

En el interior de este cuadro se dispondrá de una pletina o borne para la conexión de puesta a tierra.

Dentro de este cuadro, los elementos de protección serán como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- El interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones según ITC-BT-23 si fuese necesario.

Estos dispositivos de protección deben de tener una posición de servicio vertical.

El cuadro de mando y protección se situará cerca de la entrada de la vivienda, a una altura aproximada de 1.80 m, disponiendo de una tapa de material aislante de clase A y que sea autoextinguible.

El modelo propuesto de cuadro de mando protección es Mini Pragma empotrable puerta plana. Las características de dicho cuadro deben de ser las siguientes:

- Dimensiones: 222 mm de alto x 280 mm de ancho
- Grado de protección: IP40
- Normativa que cumple: UNE 60439-3
- Resistencia al fuego: IEC 60695-2-1
- Otras características: Fondo y tapa frontal 650° C/30sg
- Módulo para ICP.

### **2.4.3 Recinto para la ubicación de los elementos fotovoltaicos**

Ambas viviendas rurales disponen de un recinto situado en el exterior donde se alojarán las baterías, reguladores, inversores y elementos de protección de la instalación solar fotovoltaica.

La ubicación de los elementos antes citados en el exterior de las viviendas tiene la finalidad de evitar ruidos, gases perjudiciales para las personas que se desprenden de las baterías y así como los posibles contactos con partes activas de la instalación.

Las dimensiones de estos recintos son las siguientes:

- Cuarto de la vivienda 1: 1.86m x 3.19m
- Cuarto de la vivienda 2: 1.12m x 3.17m

Se recomienda que los recintos destinados al alojamiento de baterías cumplan las siguientes condiciones:

- Estén lo más secos posible.
- Dispongan de una buena ventilación.
- Evitar vibraciones para no dañar las baterías.
- Que la temperatura oscile entre 5 y 25°C.
- Si existe alguna iluminación que sea estanca.

## **2.5 Puesta a tierra**

### **2.5.1 Aspectos generales**

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al

mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, según indica la ITC-BT-18.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra, según la ITC-18 deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra este 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.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a la electrolisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

### **2.5.2 Características de la instalación y el terreno**

La instalación se encuentra en una zona de monte de la localidad de Tallante, por lo que según lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-18 se considera una resistividad del terreno es 300 Ohm.m, ya que según las características del suelo pertenecen al grupo de calizas blandas.

En el cuadro de mando y protección de cada una de las viviendas se dispondrá de un terminal de puesta a tierra para proteger de posibles contactos y diferencia de potencial, y permitir descargar a tierra las corrientes de defecto y las descargas atmosféricas.

Cualquier parte metálica de la instalación fotovoltaica, incluida la estructura, que pueda ser susceptible de quedar sometida bajo tensión o ser recorrida por una corriente de defecto a tierra, deberá ser conectada a la red de puesta a tierra.

Con el fin de evitar la instalación puestas a tierra diferentes para cada una de las viviendas y para la instalación fotovoltaica, ya que debido a su proximidad se correría el riesgo de influencias o transmisión de defecto entre tierras adyacentes, se ha optado por establecer una red de equipotencialidad.

### 2.5.3 Tomas de tierra

La forma, la profundidad de enterramiento y la distancia de las tomas de tierra, deben ser tales, que cumplan con lo establecido en la ITC-BT-18, además su resistividad deberá mantenerse aun cuando varíen las condiciones del terreno.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben de 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.

Algo fundamental a tener en cuenta, es que las canalizaciones metálicas de otros servicios como el agua, gas etc. no pueden ser utilizados nunca como tomas de tierra.

La profundidad de enterramiento en ningún caso puede ser menor de 0.50m.

Cumpliendo con todo lo anteriormente expuesto, se utilizarán picas de cobre con construcción y resistencia eléctrica según la clase que se indica en la norma UNE-EN 60228:2005.

Las características de las tomas de tierra tienen que ser como mínimo las siguientes:

- Tipo de pica: Pica cilíndrica de 150 micras
- Situación de las picas: En serie
- Separación entre picas: 2m
- N° de picas: 4
- Longitud de las picas: 1
- Diámetro de las picas: 14mm
- Sección del conductor de unión: 16mm
- Profundidad de enterramiento: 0.50m
- Resistencia del electrodo:  $75\Omega$

La distancia mínima hasta el centro de transformación más cercano, se calculará según la ITC-BT-18. La distancia obtenida es de 11,33m. Sobre el terreno se puede comprobar que el transformador más cercano se sitúa a unos 150 m de la instalación. Por tanto no interferirá una puesta a tierra con la otra.

#### 2.5.3.1 Línea principal de tierra

Se dispondrá de una línea principal de tierra para cada vivienda. El estudio de estas líneas principales se realizará por zonas.

La línea principal de tierra 1 irá desde la caja estanca de tierra de la vivienda 1 hasta la arqueta de interconexión.

La línea principal de tierra 2 irá desde la caja estanca de tierra de la vivienda 2 hasta la arqueta de interconexión.

La línea principal de tierra 3 irá desde la caja estanca de tierra de las estructuras metálicas hasta la arqueta de interconexión.

La línea de enlace irá desde la arqueta de interconexión hasta la arqueta de puesta a tierra.

La línea de tierra principal correspondiente a los paneles fotovoltaicos de ambas viviendas estará constituido por un conductor de cobre de  $35\text{mm}^2$  con protecciones mecánica y anticorrosión, su sección será de  $35\text{mm}^2$  de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-18.

### **2.5.3.2 Derivaciones con respecto a las líneas principales de tierra**

Las derivaciones individuales también se estudiarán por zonas.

La derivación individual de la vivienda 1 irá desde la caja estanca de tierra de la vivienda 1 hasta el cuadro recinto 1.

La derivación individual de la vivienda 2 irá desde la caja estanca de tierra de la vivienda 2 hasta el cuadro la recinto 2.

La derivación individual de tierra que enlaza los marcos metálicos de los paneles fotovoltaicos y la estructura metálica que los soporta con la línea principal.

Este modo de proceder se lleva a cabo en cada una de los tres sub-campos fotovoltaicos, por lo que tras el enlace de los elementos metálicos de cada uno de los sub-campos se obtienen tres derivaciones individuales de puesta a tierra, las cuales se enlazan con la línea principal de tierra en la arqueta de la estructura metálica.

La sección de las derivaciones individuales será de  $16\text{mm}^2$ .

### **2.5.3.3 Conductores de protección**

La instalación de estos conductores de protección se realizará según lo especificado en la ITC-BT-19.

Las zonas que requieren de conductores de protección en la instalación son las siguientes:

- Interior de la vivienda:

El circuito con sección más elevada es el de fuerza, de tal manera que la sección del conductor de protección será de  $2.5\text{mm}^2$ , no formando parte de la alimentación y tiene protección mecánica.

El color identificativo de este conductor será verde-amarillo.

Otro conductor de protección es el que va desde el cuadro de cuadro recinto 1 y 2, que se encuentra en el interior del cuarto de elementos solares, con la tierra en el cuadro de mando y protección de la vivienda 1 y 2. Este conductor de protección será de  $6\text{mm}^2$ .

- Local de los elementos fotovoltaicos:

Los conductores de protección situados en este recinto, unirán eléctricamente todas las masas metálicas situadas en este cuarto.

La sección utilizada para la protección de estos recintos será de  $16\text{mm}^2$ .

- Módulos fotovoltaicos:

Este conductor de protección irá las partes metálicas tras lo cual se enlaza en el embarrado de puesta a tierra cada uno de los paneles fotovoltaicos en la arqueta de estructuras metálicas.

La unión de estos conductores a la estructura soporte, se realizará por medio de uniones soldadas sin empleo de ácidos ni conexiones enroscadas.

Al estar a la intemperie las partes metálicas deben de ser inoxidable y si existe algún elemento enroscado debe ser fácilmente desenroscable.

Este conexionado debe de ser accesible para la verificación, mantenimiento o reparación.

La sección de este conductor será de  $4\text{mm}^2$ , siendo su color normalizado el verde-amarillo.

#### **2.5.3.4 Red de equipotencialidad**

La instalación dispone de tres líneas principales de puesta a tierra unidas entre sí en la arqueta de interconexión, formando una red de equipotencialidad.

#### **2.5.3.5 Zanja de puesta a tierra**

Para canalizar los conductores de puesta a tierra que provienen de la arqueta del recinto 1 y 2 se utilizarán la misma zanja que sirve para el tendido de los conductores que enlazan los reguladores de tensión con los paneles fotovoltaicos.

Esta solución se ha adoptado ya que en el modelo de zanja elegido se dispone de espacio suficiente para alojar el conductor de tierra, por lo que se reduce el número de zanjas necesarias y se abaratan los costes de instalación.

Para enlazar la arqueta de conexión de las picas de puesta a tierra con la arqueta de interconexión se abrirá una zanja cuya profundidad será de 0.8m, el asiento donde irán los conductores tendrá una altura de 0.3m y la cinta de señalización estará a 0.1m de la superficie.

Figura 2.3

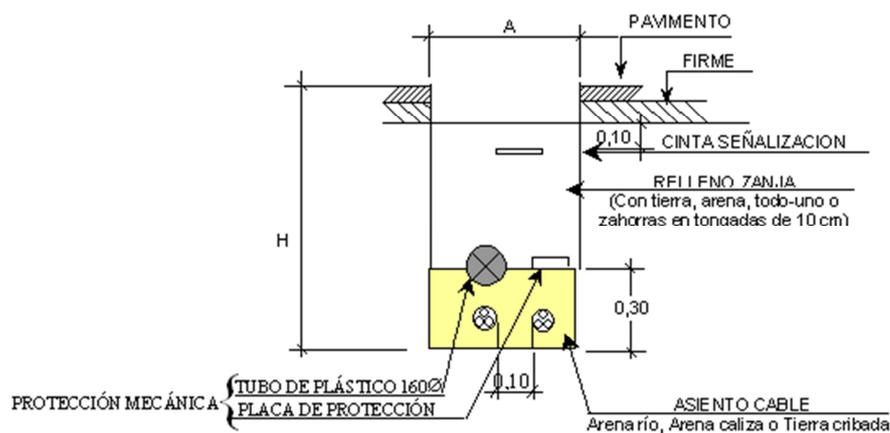


Tabla 2.9

Nº de líneas	Anchura (A)	Profundidad Zanja(H)	Cinta señalización	Protección mecánica	
				Tubo	Placa
1	0.35	0.8	1	1	-

### 3 Plan de mantenimiento

#### 3.1 Aspectos generales

La realización del plan de mantenimiento se realizará según lo indicado en el pliego de condiciones del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y según lo expuesto en el código técnico de la edificación.

Una vez realizada la instalación, se debe de llegar a un acuerdo de contrato para el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de todos los elementos de la instalación.

Es preferible que este contrato de mantenimiento se realice con la misma empresa instaladora que ha realizado el proyecto.

En estos aspectos generales podemos diferenciar dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo constará de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Algunas de las actividades u operaciones que se deben de llevar a cabo son las siguientes:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos: Situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructuras soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: Nivel de electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

El mantenimiento correctivo es aquel que engloba todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el buen funcionamiento del sistema durante su vida útil. Algunas de estas actividades son:

- La visita a la instalación en los plazos indicados en el apartado 7.3.5.2 del pliego de condiciones del IDEA y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave de la instalación.
- La visita mencionada en el párrafo anterior, se refiere a que el instalador deberá de acudir en un plazo máximo de 48 horas, a la instalación si esta no funcionara, o en una semana si la instalación puede seguir funcionando incluso con esta avería.
- El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del periodo de garantía.

Todas las actividades referidas al mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, deben de realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de una empresa instaladora.

Todas las operaciones de mantenimiento, deben de estar registradas en un libro de mantenimiento.

## **3.2 Mantenimiento de los componentes de la instalación.**

### **3.2.1 Inversores**

Algunas de las actividades que se pueden realizar para mantener los inversores, no difiere mucho de las especificaciones generales, siendo algunas de las operaciones que se pueden realizar las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Comprobar que no exista ninguna alarma de mal funcionamiento de la instalación.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Medición de eficiencia y distorsión armónica.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

### **3.2.2 Reguladores**

Las operaciones que se llevarán a cabo para mantener el regulador en buen estado durante su vida útil son las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

### **3.2.3 Acumuladores**

Los acumuladores es el elemento de la instalación solar fotovoltaica que más, mantenimiento necesita, debido a su composición química, pudiendo ser muy perjudicial para el resto de dispositivos. Algunas de las acciones que se pueden realizar para mantener los acumuladores en buen estado son las siguientes:

- Control del funcionamiento de la densidad del líquido electrolítico.

- Inspección visual del nivel de líquido de las baterías.
- Comprobación de las terminales, su conexión y engrase.
- Comprobación de la estanqueidad de la batería.
- Medición de la temperatura dentro de la habitación.
- Comprobación de la ventilación.

### **3.2.4 Cableado y canalizaciones**

Para realizar el plan de mantenimiento del cableado con el fin de su simplificación se estudiará por zonas.

Cuadros de conexión:

- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- Comprobación visual del buen estado del cuadro o caja de conexión, con el fin de conservar sus propiedades de estanqueidad.
- Inspección visual de las señales de los cables y de las señales de advertencia.

Conexión entre módulos:

- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- Comprobación visual de que los módulos están conectados correctamente, de acuerdo con el presente proyecto.

Canalizaciones:

- Comprobar el buen estado del conducto o canalización.
- Comprobar que los conductos no estén obstruidos por cuerpos extraños y de ser así, eliminar esta obstrucción.
- Comprobar el buen aislamiento de los cables que circulan por cada uno de ellos.
- Asegurarse de que por cada canalización va el circuito correcto, cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.

### **3.2.5 Protecciones**

Las protecciones son otro de los puntos clave de cada instalación, debido a que un fallo en estos elementos puede provocar un daño material o poner en peligro la integridad de los usuarios de la instalación. Por tanto algunas de las actividades que se deben de realizar para que esto no ocurra son las siguientes:

- Control del buen funcionamiento de los interruptores.

- Inspección visual del buen estado del conexionado.
- Control del funcionamiento y de actuación de los elementos de seguridad y protecciones como fusibles, puestas de tierra e interruptores de seguridad.
- Realización de pruebas en cada uno de los elementos de la instalación solar fotovoltaica, debido a que cada uno de ellos lleva incorporado una serie de protecciones.

### **3.2.6 Puesta a tierra**

Para asegurar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra, se debe de realizar el mantenimiento de esta parte de la instalación. Las actividades que se deben de realizar son las siguientes:

- Revisión anual en la época en el que el terreno se encuentre más seco.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Medición de la resistividad del terreno.
- Comprobación de la continuidad de la instalación a tierra.
- Comprobación de todas las masas metálicas a tierra.
- Revisión cada 5 años de los conductores de enlace del electrodo con el punto de puesta a tierra.

### **3.2.7 Estructura soporte**

- Comprobar la estructura visualmente con posibles daños o desperfecto causados por la oxidación o por algún agente ambiental.
- Comprobación de que los paneles fotovoltaicos estén bien sujetos a esta.
- Comprobación de que la orientación de estas estructuras sea la adecuada cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.
- Comprobación de que las cimentaciones que sujetan estas estructuras estén en buen estado.

### **3.2.8 Paneles solares**

Con objeto de un rendimiento óptimo de la instalación, el buen mantenimiento de los generadores fotovoltaicos es imprescindible. Para tal fin debemos de realizar lo siguiente:

- Se realizará una inspección visual de la limpieza de estos paneles. En caso de que la acumulación de polvo y suciedad sea elevado, se realizará una limpieza de la superficie.
- Inspección visual de posibles deformaciones, oscilaciones y estado de la conexión a tierra de la carcasa.

- Realización de un apriete de bordes y conexiones y se comprueba el estado de los diodos de protección o antiretorno que evitarán el efecto isla, explicado con anterioridad en la presente memoria.
- Realización de una medición eléctrica para comprobar el rendimiento de los paneles.
- Inspección visual de posibles degradaciones, indicios de corrosión en las estructuras y apriete de los tornillos.

### **3.3 Garantía**

#### **3.3.1 Ámbito general**

Según lo indicado por el pliego condiciones del IDEA en su punto 7.3 se realizará este punto de garantía.

Así pues sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquier de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

#### **3.3.2 Plazos**

Se garantizará el buen funcionamiento de la instalación durante 3 años para todos los materiales utilizados y para el montaje.

Con respecto de la garantía de los módulos solares, ATERSA da una garantía de los mismos de 10 años. Pero con respecto a su potencia son 10 años de garantía funcionando al 90% y 25 años de garantía al 80%.

Si hubiera que interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

#### **3.3.3 Condiciones económicas**

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y

eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación, podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

#### **3.3.4 Anulación de la garantía**

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque solo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

#### **3.3.5 Lugar y tiempo de la prestación**

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## **4. Impacto ambiental**

### **4.1 Aspectos generales**

#### **4.1.1 Antecedentes**

Se define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”.

El intenso crecimiento demográfico e industrial, la falta de estrategias de planificación ambiental, así como el desconocimiento del valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, han incluido graves problemas de contaminación e impacto ambiental y la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos. Hasta el último siglo, no se consideraba esencial el cuidado y protección del medio ambiente, por lo que, se ha visto severamente afectado. Los efectos negativos que hoy se aprecian no se pueden adscribir a cierto grupo de personas o industrias, ya que no se trata de culpar a nadie.

Para eliminar o reducir los impactos negativos de la sociedad, en su afán regulatorio ha desarrollado reglamentos, normas y leyes que moderan el comportamiento de las personas con el medio ambiente.

La mayor parte de la energía utilizada en los diferentes países proviene del petróleo y del gas natural. Se ha visto que el petróleo no es solo contaminante mientras se si no que mientras es tratado o transportado puede llegar a ser fatal para un ecosistema. Un ejemplo cercano es el del PRESTIGE, que aun pasado los años de aquella catástrofe aún sigue habiendo repercusiones ambientales.

El efecto invernadero es algo bastante grave, debido a que con la acumulación de gases se retiene en la superficie terrestre más cantidad de energía lo que está provocando una aceleración del cambio climático.

Por no mencionar el daño que se le está causando al planeta por la emisión de gases a la atmosfera haciendo cada vez más grave el problema de la capa de ozono y originando la llamada “lluvia ácida”.

Con referente a la lluvia acida, es bastante perjudicial para la vida, tanto humana como para la animal o la vegetación. Es un proceso por el cuál en la humedad del aire se mezclan óxido nitroso y dióxido de azufre, cayendo en la superficie en forma de elementos muy corrosivos.

Por este motivo el 16 de febrero de 2005 entra en vigor el protocolo de Kioto, el cual tiene como objetivo reducir la emisión de 6 gases diferentes a la atmosfera: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso entre otros. Este protocolo además ha servido como fuente

de ingresos extra para países menos desarrollados, ya que las cantidades de gases no emitidos por una nación pueden ser vendidos a otros.

Por tanto una de las soluciones que se encontraron para reducir el consumo de combustibles fósiles, teniendo en cuenta el entorno socioeconómico y la aprobación en el Ministerio de Economía de diferentes Reales Decretos con el objetivo de proteger el medio ambiente y dentro de los sectores que conocemos garantizar un suministro eléctrico de calidad, se pensó en promover las energías renovables, ya que son fuentes de energía limpias e inagotables.

#### **4.1.2 Descripción del proyecto**

Este apartado se describirá las distintas obras que se realizaran en la instalación, las cuales pueden interferir en el medio ambiente.

Las obras de ejecución se limitan a:

- Remodelación de viviendas ya existentes.
- Si fuera necesario construcción de dos habitáculos o recintos para el alojamiento de las baterías, reguladores y demás equipamiento.
- Excavación de unos 40m de longitud para albergar las canalizaciones subterráneas.
- Desplazamiento del carril de acceso, sin pavimentar.
- Instalación de los paneles fotovoltaicos.
- Construcción de una valla perimetral.
- Para la construcción no se precisarán materiales externos, usándose los que se disponen en el suelo árido de nuestra instalación.

La superficie ocupada por los paneles fotovoltaicos es de 80m<sup>2</sup>.

La población más cercana es Tallante que se encuentra a 0.5Km.

El acceso a las viviendas está pavimentado y procede de un camino rural sin asfaltar.

#### **4.2 Alternativas del proyecto.**

##### **4.2.1 Desde el punto de vista medioambiental.**

No son necesarios permiso especial ya que dicha instalación se encuentra en propiedad privada, en la cual no existe ningún tipo de especie animal ni vegetal que sea de especial importancia. Aún con todo esto es recomendable recabar información del SEPRONA.

##### **4.2.2 Desde el punto de vista del desarrollo de la actividad.**

Se ha buscado una zona alejada de cualquier bosque o agrupación de árboles que produzcan sombra.

Además la pendiente del terreno no debe de ser superior al 10%.

#### **4.2.3 Desde el punto de vista del desarrollo de la viabilidad económica.**

Se constará que aun cuando los accesos son por camino rurales sin asfaltar, estos deben de reunir las condiciones necesarias para el traslado de los materiales necesarios para la ejecución de la instalación.

La ejecución del proyecto es viable ya que los terrenos son propiedad del promotor de la obra.

#### **4.3 Identificación y valoración de impactos.**

Para realizar este apartado se va a hacer un análisis cualitativo de cómo se afecta a la flora y a la fauna de la zona.

Se distingue por tanto para cada acción:

- El **carácter genérico**, calificándose como beneficioso o adverso en referencia al estado previo de la actuación.
- El **tipo de acción**: Directa si el efecto se manifiesta de inmediato o indirecta cuando el efecto se daba a interdependencias.
- **Sinergia**: Cuando el efecto directo de la acción se multiplica al combinarse con los producidos por otras acciones derivadas de la ejecución del proyecto.
- **Características en el tiempo**: Si la alteración se produce en un plazo limitado será temporal, si permanece indefinidamente será permanente.
- **Características espaciales**: Si los efectos se manifiestan en el mismo lugar en el que se realiza la acción se considera localizado, si se manifiestan fuera de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada se considerará extensivo.
- **Cuenca especial**: Si los efectos se perciben en el mismo lugar en el que se realiza la acción se considera próximo, si se perciben a distancia de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada se considerará alejado.
- **Reversibilidad**: Si de modo natural existe la posibilidad de retornar a la situación original será el impacto reversible, en caso contrario será irreversible.
- **Probabilidad**: La probabilidad de que ocurran los efectos derivados de las acciones se clasifican en segura, alta, media y baja.

- **Grado de protección exigida:** En el caso de existir recursos o elementos protegidos o a proteger se especifica el nivel de protección y que medidas conlleva su protección total o parcial.
- **Recuperabilidad:** Cuando existe la posibilidad de recuperar unas condiciones similares a las originales se considera recuperable (total o parcialmente). En caso contrario se considera irrecuperable. El hecho de que el impacto sea recuperable no implica que vayan a llevar a cabo la recuperación, dependiendo esto de la magnitud del impacto.
- **Medidas correctoras:** Se describen y cuantifican las medidas a tomar para corregir o recuperar los efectos del impacto.
- **Magnitud:** Se resume la valoración del efecto de la acción. Se clasifican en:
  - **Compatible:** Cuando el impacto es positivo o en caso contrario la recuperación es inmediata.
  - **Moderado:** Cuando se recuperan las condiciones originales a medio plazo sin necesidad de medidas correctoras. Cuando la probabilidad de que se ocasionen impactos irreversibles pero recuperables es baja.
  - **Severo:** Cuando son necesarias la aplicación de medidas que corrijan total o parcialmente los efectos del impacto. Cuando hay una probabilidad alta o media de que se originen impactos irreversibles y recuperables.
  - **Crítico:** Cuando las pérdidas de condiciones originales superan el umbral admisible y no son recuperables o bien cuando la probabilidad de que esto ocurra sea media o alta.

Las obras que se van a realizar no son relevantes en la modificación del entorno actual, ya que simplemente se producirán unas excavaciones para la realización de la zanja, las cuales se rellenará con la misma tierra excavada.

No va a haber efectos negativos en la fauna, salvo las que se deriven de cortar el paso de pequeños vertebrados como puede ser el desmán ibérico, que actualmente se encuentra en peligro de extinción. En la zona donde se va a llevar a cabo la instalación, no existe indicios de que se encuentre dicha especie.

Con respecto a la vegetación existe una especie denominada, el garbancillo de Tallante que se encuentra en peligro de extinción y que actualmente se está realizando un proyecto por la Universidad Politécnica de Cartagena para su conservación. En la zona de la instalación de las placas y la excavación del terreno para la creación de las zanjas, no se encuentra dicha especie vegetal.

No existe ninguna afección sobre la capacidad agronómica ya que el suelo donde se instalarán los soportes de los paneles fotovoltaicos, anteriormente estaba ocupadas por las ruinas de una vivienda por lo que no se destinaba al uso agrícola.

La remoción del terreno es mínima, no retirándose de la parcela tierra vegetal.

Tampoco se consideran afecciones a la trama hidrológica, geología, contaminación atmosférica, etc... Se referirá a las afecciones que puede producir en el entorno como al paisaje y la vegetación.

Tampoco se han considerado los efectos, sin duda, positivos y difícilmente cuantificables de los beneficios de esta actividad en cuanto a la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisión de gases.

#### **4.3.1 Sobre el paisaje**

La instalación, al ser simplemente para abastecer a dos viviendas, además de estar el pueblo a una distancia considerable, la instalación no influirá negativamente en dicho paisaje.

La instalación podría considerarse un elemento extraño, más por su carácter que por su ubicación en un paisaje rural con la presencia de otras pequeñas casa cercanas, no pertenecientes al núcleo de población más cercano.

La poca entidad de la instalación, además de lo bien integrada que se encuentra al conjunto de viviendas hace que su presencia a la larga se integre como una parte más de cada una de las dos viviendas.

Por tanto la valoración con respecto a los valores cualitativos son los siguientes:

- **Carácter genérico:** Adverso
- **Tipo de Acción:** Directa
- **Sinergia:** No existe
- **Características del tiempo:** Permanente.
- **Características espaciales:** Extensivo.
- **Reversibilidad:** Irreversible.
- **Probabilidad:** Segura.
- **Grado de protección:** No aplica.
- **Recuperabilidad:** Recuperable.
- **Medidas correctoras:** No aplica.
- **Magnitud:** Moderado

#### 4.3.2 Sobre la vegetación.

Como la instalación solamente ocupará un máximo de 80m<sup>2</sup> la vegetación que se encuentre en ese terreno será escasa o nula, además de que el terreno es árido y por lo que no existe vegetación abundante sino solamente vegetación de monte bajo.

Por tanto la valoración con respecto a los valores cualitativos son los siguientes:

- **Carácter genérico:** Adverso
- **Tipo de Acción:** Directa
- **Sinergia:** No existe
- **Características del tiempo:** Temporal
- **Características espaciales:** Localizado.
- **Reversibilidad:** Reversible.
- **Probabilidad:** Segura.
- **Grado de protección:** No aplica.
- **Recuperabilidad:** Recuperable.
- **Medidas correctoras:** No aplica.
- **Magnitud:** Compatible.

#### 4.4 Medidas correctoras

Este punto tiene como objeto dejar constancia de las actuaciones que se deben llevar a cabo tras finalizar las obras en el terreno para que el impacto ambiental sobre el mismo sea el menor posible.

Por tanto algunas de las cosas que se deben de llevar a cabo son las siguientes:

- Todas las actuaciones que derivan directa o indirectamente de la ejecución del proyecto deberán circunscribirse al denominado “ámbito de la obra” que a todos los efectos y prevaleciendo sobre lo definido en el proyecto queda definida del modo siguiente: Aquella superficie, situada según se indica en el plano, cuyo perímetro exterior queda definido por una línea situada a 2m del exterior de la parcela.
- Aunque no esté previsto, en caso de producirse excedentes no aprovechables de materiales de excavación o de cualquier otro tipo deberán trasladarse y depositarse en un vertedero controlado.
- La tierra vegetal procedente de la excavación en el caso de producirse, se aprovechará íntegramente en la parcela, extendiéndose en las zonas no ocupadas por paneles.

## **4.5 Programa de vigilancia ambiental**

Se deberá de tener especial cuidado con las especies de Garbancillo de Tallante y Desmán Ibérico debido a que se encuentran en peligro de extinción.

Durante la ejecución de las mediciones necesarias para la ejecución del proyecto, no se ha observado que dichas especies se encuentren en el terreno de la instalación.

## **5. Inversión**

### **5.1 Aspectos generales**

El presente documento, tiene por objeto realizar un estudio de rentabilidad diferencial con respecto a lo que costaría llevar la línea de la compañía eléctrica que opera en la zona (IBERDROLA) hasta la instalación.

Por tanto dicho estudio se realizará con los elementos diferenciales entre ambas opciones de suministro eléctrico.

### **5.2 Resumen de la inversión**

La inversión inicial que se presupuestada para realización de la instalación es de 46716.78€. A la hora de llevar a cabo el estudio de viabilidad económica, se debe de tener en cuenta el coste de la línea de suministro en baja tensión que sirve de enlace con la red de distribución de baja tensión de la compañía distribuidora, el incremento anual del precio de la electricidad, el precio de la electricidad y el nuevo impuesto sobre la luz.

El presupuesto facilitado por IBERDROLA, sobre el tramo de línea que enlaza la red de distribución pública hasta los límites de la parcela, asciende a 4106.46€ IVA incluido. En este precio se integran los costes de toda la mano de obra, el cableado y los postes que IBERDROLA considere necesarios para soportar el peso del cableado cumpliendo con las normas sobre los vanos mínimos.

Al presupuesto facilitado por IBERDROLA hay que añadir los costes de colocación de postes, tendido del cableado, colocación y montaje de las cajas generales de protección (CGP), los cuales corren a cargo del titular de la instalación. Para llevar a cabo estas tareas se ha pedido presupuesto a distintas empresas instaladoras, siendo la oferta más baja 6050.36€

A tal fin y tras una búsqueda y contacto con varias empresas dedicadas a tal fin, el instalador de una de dicha empresa ofreció un presupuesto de 6050.36 €.

La suma total de ambas partidas presupuestarias es de 10156.52€.

El resultado anterior deberá restarse del presupuesto total de la instalación fotovoltaica, por lo que el resultado final asciende a 36560.26€. Esta será la cifra sometida a estudio de rentabilidad.

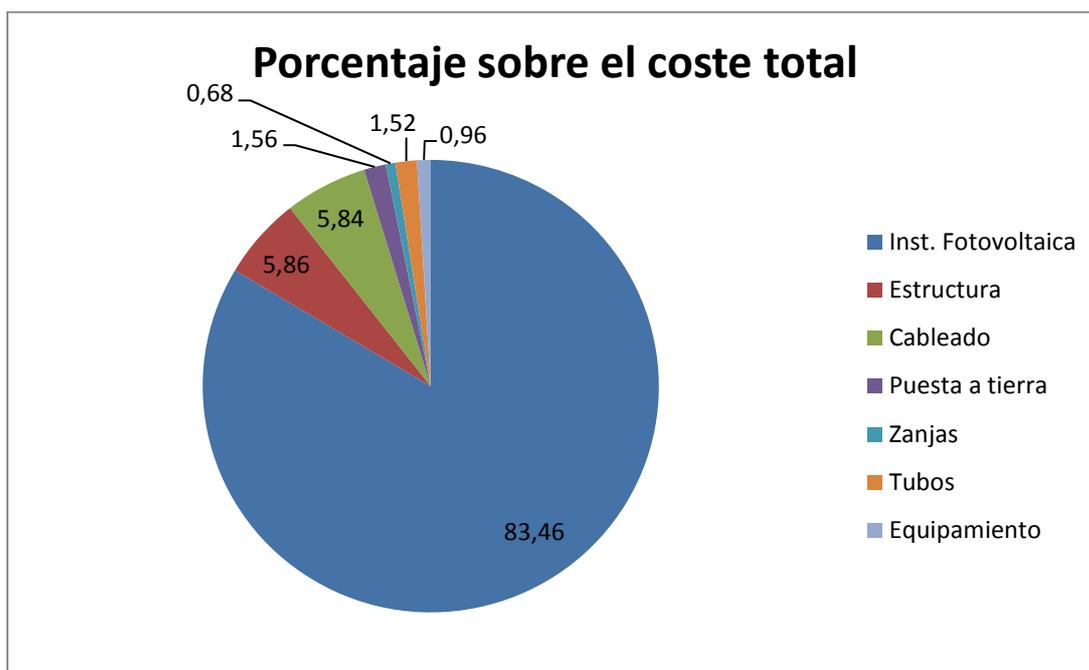
### 5.2.1 Desglose de la inversión

El desglose porcentual de la inversión inicial que se debe de hacer es el siguiente:

Tabla 5.1

Parte de la instalación	Porcentaje
Instalación fotovoltaica	83.46%
Estructura soporte	5.86%
Cableado	5.84%
Puesta a tierra	1.56%
Zanjas	0.68%
Tubos	1.52%
Equipamiento	0.96%

Gráfica 5.1



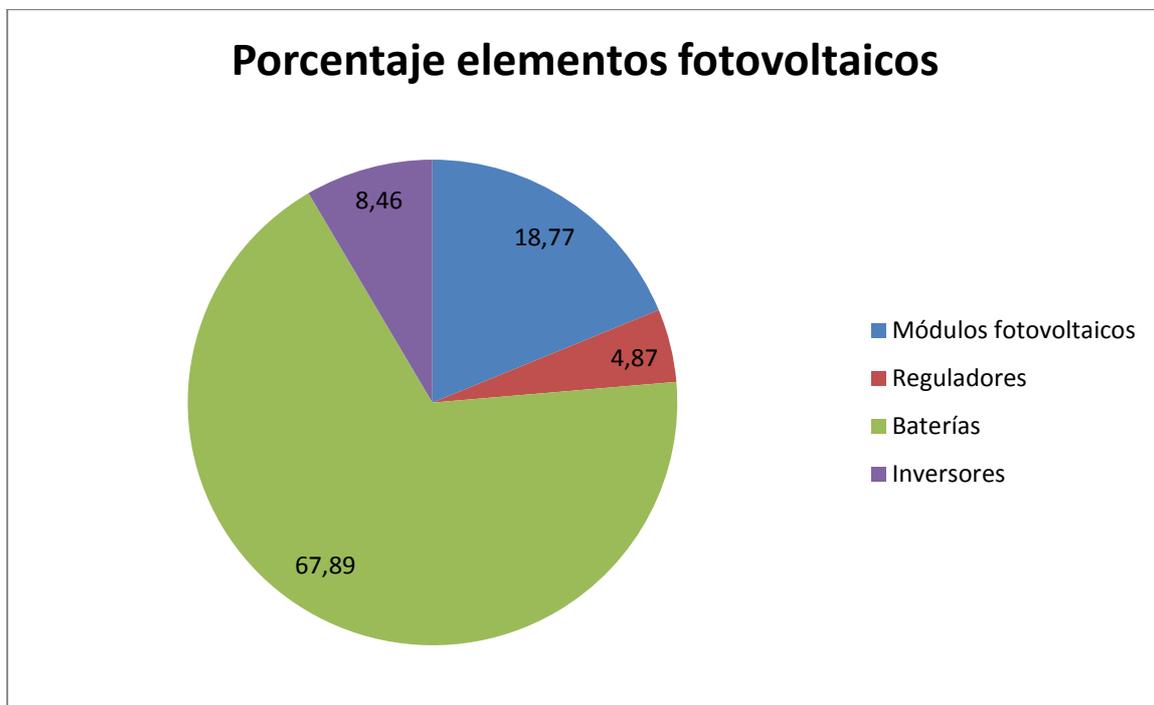
Como se puede comprobar en la anterior tabla, el mayor porcentaje se corresponde con la instalación fotovoltaica.

Haciendo un desglose de la instalación fotovoltaica, el porcentaje quedaría de la siguiente manera:

Tabla 5.2

Parte de la instalación	Porcentaje
Módulos fotovoltaicos	18.77%
Reguladores	4.87%
Baterías	67.89%
Inversores	8.46%

Gráfica 5.2



Como se puede observar, la inversión mayor se realiza en las baterías.

Si la instalación fotovoltaica estuviese conectada a la red, a pesar de incluir los gastos de la línea de interconexión con la red de distribución, el plazo de amortización sería más corto.

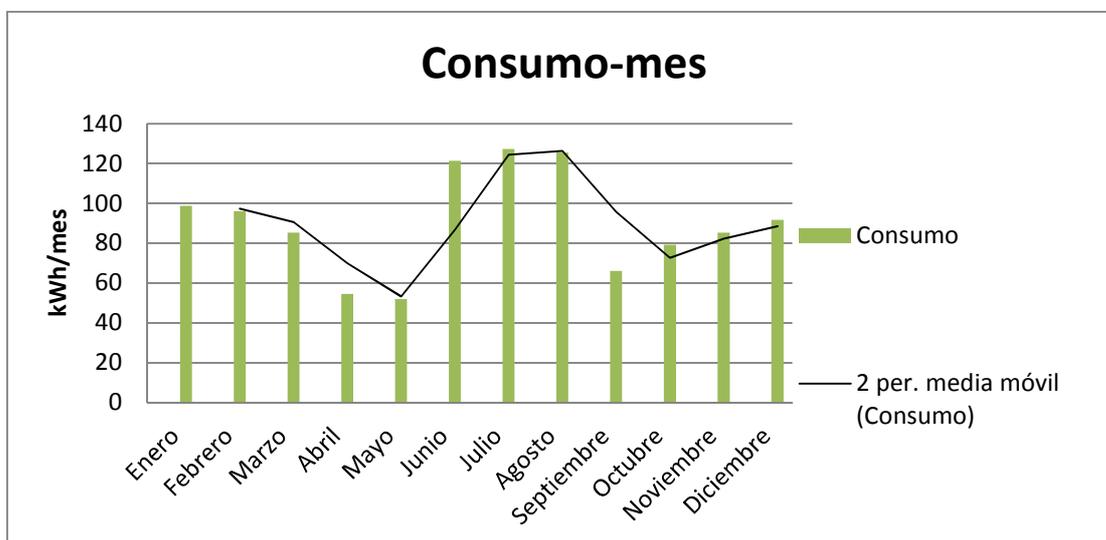
### 5.3 Parámetros relacionados con el estudio diferencial

En este punto del proyecto, se justificarán los valores tomados para la realización del estudio diferencial de la inversión.

### 5.3.1 Necesidades en ambas viviendas

La necesidad de energía eléctrica para una sola vivienda se muestra en la siguiente gráfica mes a mes:

Gráfica 5.3



Como se muestra en la gráfica anterior, los meses más desfavorables de consumo son los meses de más ocupación, siendo estos junio, julio y agosto. Por tanto la instalación ha sido dimensionada para cubrir la demanda en los periodos de mayor ocupación.

La energía total necesaria para abastecer una vivienda es de 1083 kWh al año. Al existir dos viviendas la energía será el doble, 2166 kWh al año. Este es el valor que se tomará para realizar el estudio de viabilidad económica.

### 5.3.2 Impuesto sobre la energía

Es un gasto al año, que si bien no afecta demasiado al estudio, se debe de tener en cuenta para afinar más en los cálculos.

### 5.3.3 Gastos de mantenimiento

Estos gastos de mantenimiento, son los derivados de todas las tareas que se deben realizar cada cierto periodo de tiempo, según se indica en el capítulo "Pliego de Condiciones" del presente proyecto.

Las labores de mantenimiento, en la medida de lo posible, se deberán de llevar a cabo por la empresa encargada en la ejecución de la instalación.

La empresa encargada de realizar esta instalación ha sido “CJ ingeniería EBT innovadora”, proporcionando un plan de mantenimiento al año por una cantidad de 105 euros anuales. Este gasto anual no afecta en gran medida al estudio de rentabilidad.

#### 5.3.4 Precio de la electricidad

Este valor, junto con las necesidades anuales, es el más importante para realizar dicho estudio de viabilidad económica.

Actualmente el precio del kW hora, esta sobre los 0.16€.

Se debe de tener en cuenta el incremento anual del precio de la electricidad.

Se ha escogido un incremento anual del 19% sobre el precio de la electricidad, basándose en los datos a continuación expuestos:

- 1 Julio de 2008

Tarifa		Termino de potencia	Término de energía
		€/kW mes	€/kW
Actual	Diurna	1.752513	0.102279
	Nocturna	0	0.046381
A partir del 1/7/08	Diurna	1.642355	0.125959
	Nocturna	1.642355	0.04945
Incremento Diurna		-6.3%	23.2%
Incremento Nocturna		Infinito	6.6%

En este caso se puede apreciar que el incremento es del 23.2%.

- 1 de enero de 2009

Tarifa	Diurna		Nocturna	
	Término de potencia	Termino de energía	Termino de potencia	Término de energía
	€/kW mes	€/kWh	€/kW mes	€/kWh
A partir del 1/1/08	1.752513	0.102279	0	0.046381
A partir del 1/1/09	1.642355	0.125959	1.642355	0.4945
Incremento	-6.29%	23.15	Infinito	6.6%

Viendo esta tabla se observa que en esa fecha se produjo un incremento del precio la energía del 23.15%.

- 1 de enero de 2010.

Según los datos obtenidos por el organismo OMIE, la subida de las tarifas en España desde esa fecha está en torno al 8%.

- 1 de enero de 2011.

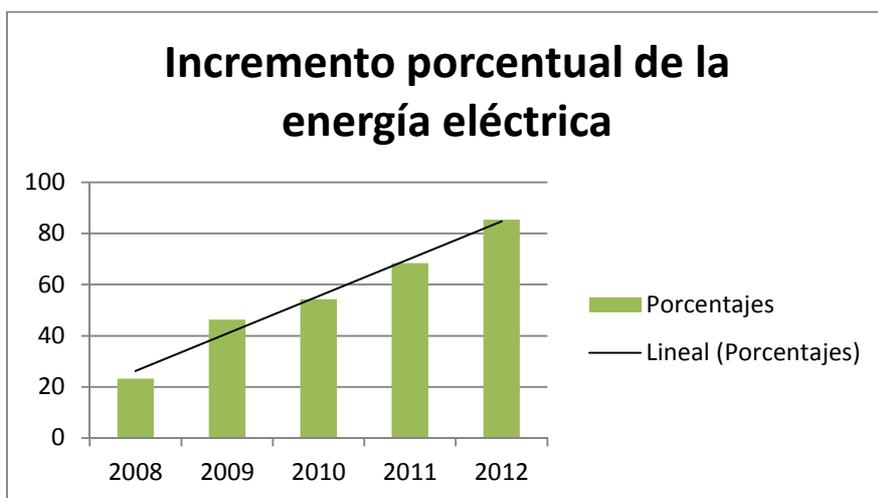
Según se indica en el OMIE, el incremento de la tarifa eléctrica incremento un 14% con respecto al año anterior.

- 1 de enero de 2012.

La subida de tarifas facilitada por la base de datos del OMIE, indica un incremento en el precio de la electricidad del 17%.

La gráfica que a continuación se expone muestra la tendencia creciente que tiene la energía eléctrica en España:

Gráfica 5.4



Por tanto se considera con estos datos un 19% de incremento anual total, incluyendo el coste de peaje.

## 5.4 Estudio de la inversión

Para llevar a cabo dicho estudio, se realiza mediante el método de “VAN”, con el fin de obtener cual es el beneficio a lo largo de los 25 años de vida útil de la instalación.

Para comprobar, cuál es el tiempo de retorno de dicha inversión se utiliza el método denominado “payback”.

Para ver el índice de la tasa de rentabilidad se usa lo que se denomina como “TIR”.

### 5.4.1 Beneficio

Como bien se ha comentado anteriormente, para el estudio del beneficio que se obtendrá durante los 25 años de vida útil de la instalación, se utilizará el método del VAN.

El resultado obtenido es el siguiente:

Dato	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	-46716.78	-	-	-	-	-	-	-	-
Coste Iberdrola	10156.52	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105
Impuesto energía	-	120	120	120	120	120	120	120	120
Ahorro energético	-	412.41	490.764	584.01	694.97	827.01	984.15	1171.136	1393.65
Total	-36560.3	427.41	505.76	599.01	709.97	842.01	999.15	1186.136	1408.65

Dato	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coste Iberdrola	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105
Impuesto energía	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Ahorro energético	1658.45	1973.55	2348.52	2794.74	3325.75	3957.64	4709.59	5604.41	6669.25
Total	1673.45	1988.55	2363.52	2809.74	3340.75	3972.64	4724.59	5619.41	6684.25

Dato	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión	-	-	-	-	-	-	-	-
Coste Iberdrola	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105	-105
Impuesto energía	120	120	120	120	120	120	120	120
Ahorro energético	7951.40	9459.32	11238.74	13374.1	15915.18	18939.07	22537.49	26819.61
Total	7651.40	9459.32	11253.74	13389.1	15930.18	18954.07	22552.49	26834.61

Esta tabla indica el desglose de todos los factores económicos que influyen año a año para el estudio económico.

Sumando los ahorros totales de cada año se obtiene un ahorro para el usuario de la instalación de 129619.6€. Este estudio se ha realizado para las dos viviendas conjuntas.

Valores comprobados mediante programa CENSOLAR.

#### 5.4.2 Retorno de la inversión

Para realizar el estudio del retorno de la inversión lo que se debe de hacer es un "payback". Este proceso es muy simple, ya que solamente se tiene que ir sumando año a año los beneficios y ver en qué punto estos beneficios supere a la inversión inicial, como se muestra en la siguiente tabla:

Dato	0	1	2	3	4	5	6	7
Beneficio anual	-36560.3	427.41	505.76	599.01	709.97	842.01	999.15	1186.14
Acumulado	-36560.3	-36132.89	-35627.13	-35028.12	-34318.15	-33476.14	-32476.99	-31290.85

Dato	8	9	10	11	12	13	14	15
Beneficio	1408.65	1673.45	1988.55	2363.52	2809.74	3340.75	3972.64	4724.59
Acumulado	-29882.2	-28208.75	-26220.2	-23856.68	-21046.94	-17706.19	-13733.55	-9008.96

Dato	16	17
Beneficio	5619.41	6669.25
Acumulado	-3389.55	3279.7

Como se puede observar en la anterior tabla, la inversión retornará a principios del año 17. Por tanto quedando alrededor de 8 años de beneficio para el propietario de la instalación.

Valores comprobados mediante programa CENSOLAR.

#### 5.4.3 Tasa de rentabilidad interna

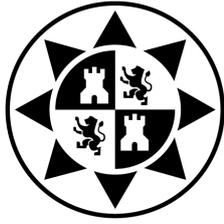
Este parámetro se calculará mediante el método denominado TIR. Para saber si la instalación es más o menos rentable, debemos de comprobar que el valor de dicho parámetro se encuentre cercano al 10%, siendo este valor el que nos indica una inversión sin riesgo.

$$0 = \sum \frac{F}{(1 + TIR)^t}$$

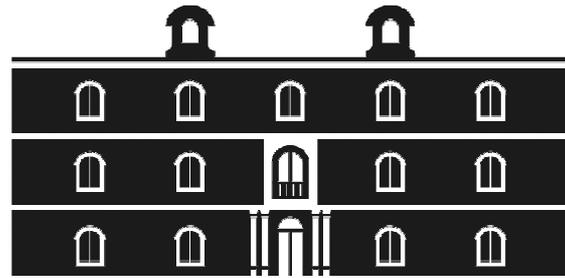
Dónde:

- F, es el flujo de caja.
- TIR, es la tasa de rentabilidad interna en tanto por uno.
- t, es el período.

La tasa de rentabilidad que se obtiene es de un 8.45%.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

## 1.2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

# ÍNDICE

1. Aspectos generales.....	1
2. Datos de partida .....	1
2.1 Datos de radiaciones.....	1
2.2 Necesidad mensual.....	1
2.3 Caídas de tensión.....	2
2.4 Datos del terreno y tensiones de defecto .....	2
2.5 Orientación de los paneles y pérdidas.....	3
2.6 Días de autonomía .....	3
3. Dimensionado del sistema .....	4
3.1 Dimensionado de la instalación solar .....	4
3.1.1 Fórmulas utilizadas.....	4
3.1.2 Elementos solares .....	7
3.1.3 Justificación de resultados .....	29
3.1.4 Resumen de los elementos necesarios.....	29
3.2 Cableado .....	30
3.2.1 Fórmulas utilizadas.....	30
3.2.2 Dimensionado del cableado.....	30
3.2.2.1 Vivienda 1 .....	30
3.2.2.2 Vivienda 2 .....	32
3.2.3 Resumen de cableado .....	33
3.3 Estructura soporte .....	34
3.3.1 Dimensionado de la estructura.....	34
3.3.2 Resumen de los elementos necesarios.....	36
3.3.3 Zapatas .....	36
3.4 Toma de tierra .....	37
3.4.2 Fórmulas utilizadas.....	37
3.4.1 Dimensionado de la puesta de tierra.....	38
3.4.2 Sección de los conductores de protección y puesta a tierra .....	40
3.4.3 Resumen de la puesta a tierra .....	40
3.5 Protecciones.....	41
3.5.1 Protecciones instalación interior de la vivienda .....	41

3.5.2 Protecciones de la instalación solar fotovoltaica.....	41
3.5.2.1 Fórmulas utilizadas.....	41
3.5.2.2 Cálculo de fusibles.....	42

## 1. Aspectos generales

El objetivo del presente documento, es la justificación de las decisiones tomadas para el dimensionado, el cual se ha llevado a cabo mediante métodos de cálculo y criterios empíricos sancionados por la experiencia y acordes con la reglamentación y normativas vigentes.

## 2. Datos de partida

### 2.1 Datos de radiaciones

Para el cálculo del ángulo de inclinación que deben tener los módulos se ha utilizado el programa PV-GIS, el cual nos indica cual es el ángulo óptimo de inclinación para la zona de Tallante. El ángulo óptimo para esta localidad es  $34^\circ$  y según la base de datos PV-GIS la tabla de radiación incidente que recibe a lo largo del año la zona donde se ubicará la instalación es:

*Tabla 2.1*

Mes	$G_{opt}$
Enero	4100
Febrero	4640
Marzo	5620
Abril	5730
Mayo	6200
Junio	6380
Julio	6570
Agosto	6280
Septiembre	5860
Octubre	5120
Noviembre	3860
Diciembre	3770
Media anual	5350

Estas radiaciones serán las que se tendrán en cuenta a la hora de dimensionar la instalación que deberá cubrir las necesidades.

### 2.2 Necesidad mensual

En este apartado se muestran cuales son las necesidades anuales de una de las viviendas distribuidas por meses y representadas en la siguiente tabla:

Tabla 2.2

Mes	Necesidad (kWh)
Enero	98.695
Febrero	95.987
Marzo	85.312
Abril	54.582
Mayo	52.04
Junio	121.438
Julio	127.352
Agosto	125.453
Septiembre	66.138
Octubre	79.188
Noviembre	85.313
Diciembre	91.693
Total	1083.19

Como el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica se debe de realizar para satisfacer las necesidades de dos viviendas semejantes, la energía será el doble, 2166.38Kwh.

### 2.3 Caídas de tensión

Para cualquier circuito interior de una vivienda, la caída de tensión máxima admisible será del 3% según la ITC-BT-19. En el caso de los circuitos pertenecientes a la instalación fotovoltaica, las caídas de tensión máximas se relacionan en la siguiente tabla, recomendada por el “Centro de estudios de Energía Solar” (CENSOLAR).

Tabla 2.3

Tramo	Caída de tensión máxima	Caída de tensión recomendada
Paneles al regulador	3%	1%
Regulador al acumulador	1%	0.5%
Acumulador al inversor	1%	1%
Línea de iluminación	3%	3%
Otros equipos	5%	3%

Esta tabla ha sido facilitada por CENSOLAR.

Al considerar las caídas de tensión anteriormente mencionadas se obtienen secciones de conductores sobredimensionados, por lo que no es necesario realizar el estudio de la capacidad térmica del conductor.

### 2.4 Datos del terreno y tensiones de defecto

La tensión máxima de defecto admisible en las viviendas será de 50V al ser consideradas como locales secos. La tensión máxima admisible en las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicos será de 24V, al estar a la intemperie se considera de la misma categoría que los locales húmedos. Tras realizar un análisis del terreno se determina que está

compuesto por calizas blandas, por lo que de acuerdo con la tabla de resistividades en función de la composición del terreno de la ITC-BT-18 esta se encuentra comprendida entre 100 y 300Ω.m.

## 2.5 Orientación de los paneles y pérdidas

La orientación elegida para la instalación es hacia sureste y con una inclinación de 34°, ya que es el ángulo óptimo de inclinación con lo que se obtiene más radiación media anual. Respecto a las pérdidas por sombra cabe señalar que no se producen este tipo de pérdidas ya que en el horizonte de la trayectoria solar no se encuentran elementos de construcción ni objetos que puedan proyectar sombra.

## 2.6 Días de autonomía

La siguiente tabla proporcionada por CENSOLAR en la que se establecen las medias de los días nublados, sirve de ayuda para la estimación de los días de autonomía:

Tabla 2.4

Provincia	Máximo	Mínimo	Normal	Provincia	Máximo	Mínimo	Normal
Álava	25	20	15	León	23	18	14
Albacete	19	15	11	Lérida	23	18	14
Alicante	16	13	10	Lugo	24	19	14
Almería	15	12	9	Madrid	20	16	12
Asturias	24	19	14	Málaga	15	12	9
Ávila	22	18	13	Melilla	13	10	8
Badajoz	20	16	12	Murcia	15	12	9
Baleares	19	15	11	Navarra	24	19	14
Barcelona	20	16	12	Orense	24	19	14
Burgos	24	19	14	Palencia	24	19	14
Cáceres	19	15	11	Las Palmas	8	6	5
Cádiz	16	13	10	Pontevedra	21	17	13
Cantabria	24	19	14	La Rioja	23	18	14
Castellón	17	14	10	Salamanca	22	18	13
Ceuta	13	10	8	Sta. Tenerife	12	10	7
Ciudad Real	19	15	11	Segovia	22	18	13
Córdoba	18	14	11	Sevilla	18	14	11
La Coruña	22	18	13	Soria	21	17	13
Cuenca	21	17	13	Tarragona	19	15	11
Gerona	19	15	11	Teruel	22	18	13
Granada	17	14	10	Toledo	21	17	13
Guadalajara	21	17	13	Valencia	19	15	11
Guipúzcoa	23	18	14	Valladolid	25	20	15
Huelva	16	13	10	Vizcaya	24	19	14
Huesca	22	18	13	Zamora	24	19	14
Jaén	19	15	11	Zaragoza	21	17	13

Como se puede observar en Murcia, al año normalmente se tienen unos 9 días nublados.

Si estos 9 días se dividen entre los tres meses más desfavorables como son Diciembre, Enero y Febrero, se obtienen los 3-4 días de autonomía.

### 3. Dimensionado del sistema

Con los parámetros anteriormente mencionados se determinará el número de paneles y elementos del acumulador necesarios para el suministro eléctrico de las viviendas.

#### 3.1 Dimensionado de la instalación solar

##### 3.1.1 Fórmulas utilizadas

- Consumo máximo de la instalación

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}}$$

Dónde:

- P, es la potencia necesaria para abastecer a la vivienda, en kWh.
- $V_{bat}$ , es la tensión que proporciona la batería, en V.

- Consumo máximo

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2$$

Dónde:

- $I_{inst\ max}$ , es el consumo máximo de la instalación, en Ah/d.

- Energía suministrada por un panel

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP$$

Dónde:

- $I_{max\ panel}$ , es la intensidad máxima que nos puede suministrar el panel, en Ah.
- HSP, es la radiación solar según el ángulo de inclinación.

- Capacidad

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t}$$

Dónde:

- $I_{max}$ , es el consumo máximo, en Ah.
- $K_t$ , factor de pérdidas.
- Capacidad de la batería necesaria.

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D}$$

Dónde:

- $C_{max}$ , es la capacidad, en Ah/día.
- $D_{aut}$ , son los días de autonomía que queremos.
- $P_D$ , es la profundidad de descarga de la batería.
- Paneles en paralelo.

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}}$$

Dónde:

- $C_{max}$ , es la capacidad, en Ah/d.
- $E_{panel}$ , es la energía suministrada por un panel.
- Paneles en serie.

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}}$$

Dónde:

- $V_{bat}$ , es la tensión que suministra la batería, en V.
- $V_{panel}$ , es la tensión que suministra el cada panel, en V.
- Numero de baterías en serie.

$$Baterias_{serie} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}}$$

Dónde:

- $C_{bat}$ , es la capacidad que necesito de baterías, en Ah.
- $C_{nominal}$ , es la capacidad real de las baterías, en Ah.
- Numero de baterías en paralelo.

$$Baterias_{paralelo} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}}$$

Dónde:

- $V_{bat}$ , es la tensión que suministra la batería, en V.
- $V_{inst}$ , es la tensión a la cual trabaja la instalación, en V.
- Intensidad campo fotovoltaico.

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{spanel}$$

Dónde:

- $N^{\circ}$  ramas, son los paneles en paralelo necesarios, redondeados hacia arriba.
- $I_{cortoFV}$ , es la intensidad de cortocircuito de cada panel, en A.
- Intensidad regulador.

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV}$$

Dónde:

- $I_{campoFV}$ , es la intensidad del campo fotovoltaico, en A.
- $N^{\circ}$  reguladores.

$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}}$$

Dónde:

- $I_{regulador}$ , es la intensidad del regulador que necesitamos, en A.
- $I_{regreal}$ , es la intensidad real del regulador, en A.

- Pérdidas.

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

Dónde:

- $K_A$ , son las Pérdidas debido a la autodescarga diaria de la batería, dada a los 20°C.
- $K_B$ , son las Pérdidas debido al rendimiento de la batería.
- $K_C$ , son las Pérdidas debido al inversor.
- $K_R$ , son las Pérdidas debido al regulador.
- $K_X$ , son las Otras pérdidas
- $D_{aut}$ , son los días de autonomía.
- $P_D$ , es la profundidad de descarga de la batería.

### 3.1.2 Elementos solares

En este apartado se calculará mes a mes, con los datos de los que se dispone, el número de elementos necesarios para abastecer las dos viviendas.

- Enero:

Lo primero que se debe de calcular son las pérdidas totales por:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{98.695}{31} = 3.18 kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{3.18 \cdot 1000}{12} = 275.83 Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{\max} = I_{inst \max} \cdot 1.2 = 275.83 \cdot 1.2 = 330.99 Ah / d$$

A continuación se calcula la energía que nos proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{\max \ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 4.64 = 33.70$$

Lo siguiente es calcular la capacidad de la batería:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max}}{K_t} = \frac{330.99}{0.73} = 454.30 Ah / d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería:

$$C_{bat} = \frac{C_{\max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{454.30 \cdot 4}{0.7} = 2596.01 Ah$$

Con todos los parámetros calculados se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{\max}}{E_{panel}} = \frac{454.30}{33.70} = 13.48$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no \ min \ al}} = \frac{2596.01}{749} = 3.47$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores, se debe de tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{\text{campoFV}} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{\text{spanel}} = 14 \cdot 8.67 = 121.38A$$

$$I_{\text{regulador}} = 1.1 \cdot I_{\text{campoFV}} = 1.1 \cdot 121.38 = 133.52A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{\text{regulador}}}{I_{\text{regreal}}} = \frac{133.52}{50} = 2.67$$

- Febrero:

Lo primero que se debe de calcular son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{\text{aut}})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{\text{diaria}} = \frac{95.9875}{29} = 3.31kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{\text{inst max}} = \frac{P \cdot 1000}{V_{\text{bat}}} = \frac{3.31 \cdot 1000}{12} = 265.31Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{inst max}} \cdot 1.2 = 265.31 \cdot 1.2 = 318.37Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{\text{panel}} = 0.9 \cdot I_{\text{max panel}} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 4.1 = 29.78$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max}}{K_t} = \frac{318.37}{0.73} = 436.95 \text{ Ah} / d$$

Ahora se debe de calcular la capacidad de la batería:

$$C_{bat} = \frac{C_{\max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{436.95 \cdot 4}{0.7} = 2497.03 \text{ Ah}$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{\max}}{E_{panel}} = \frac{436.95}{29.78} = 14.67$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2497.03}{749} = 3.33$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe de tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{spanel} = 15 \cdot 8.67 = 130.05 \text{ A}$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 130.05 = 143.055 \text{ A}$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{143.055}{50} = 2.86$$

- Marzo:

Lo primero que se debe de calcular son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{85.313}{31} = 2.75kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{2.75 \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{3.31 \cdot 1000}{12} = 229.33Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 229.33 \cdot 1.2 = 275.20Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 5.62 = 40.82$$

Pasamos a calcular la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{275.20}{0.73} = 377.73Ah/d$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{377.73 \cdot 4}{0.7} = 2158.44Ah$$

Con todos los parámetros calculados se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{377.73}{40.82} = 9.25$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2158.44}{749} = 2.88$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{spanel} = 10 \cdot 8.67 = 86.7A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 86.7 = 95.37A$$

$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{95.37}{50} = 1.9$$

- Abril:

Lo primero que se debe de calcular son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{54.583}{30} = 1.82kWh$$

Una vez calculada las pérdidas tenemos que calcular el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{1.82 \cdot 1000}{12} = 151.62 Ah / d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 151.62 \cdot 1.2 = 181.94 Ah / d$$

A continuación se calcula la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 5.73 = 41.62$$

Lo siguiente es calcular la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{181.94}{0.73} = 249.72 Ah / d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería pero se deben tener en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{249.72 \cdot 4}{0.7} = 1426.99 Ah$$

Con todos los parámetros calculados se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{249.72}{41.62} = 6$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{1426.99}{749} = 1.91$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe de tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{spanel} = 6 \cdot 8.67 = 60.69 A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 60.69 = 66.76 A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{66.76}{50} = 1.34$$

- Mayo:

Lo primero que se calcula son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{52.040}{31} = 1.68 kWh$$

Una vez calculada las pérdidas se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{1.68 \cdot 1000}{12} = 139.89 Ah / d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 139.89 \cdot 1.2 = 167.87 Ah / d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 6.2 = 45.03$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{167.87}{0.73} = 230.41 Ah / d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería pero se debe tener en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{230.41 \cdot 4}{0.7} = 1316.64 Ah$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{230.41}{45.03} = 5.12$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{nominal}} = \frac{1316.64}{749} = 1.76$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{spanel} = 6 \cdot 8.67 = 52.02A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 52.02 = 57.22A$$

$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{57.22}{50} = 1.14$$

- Junio:

Lo primero que se calcula son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 3)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{121.44}{30} = 4.05kWh$$

Una vez calculada las pérdidas se debe obtener el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{4.05 \cdot 1000}{12} = 337.33Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 337.33 \cdot 1.2 = 404.79Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{\max panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 6.38 = 46.34$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max}}{K_t} = \frac{404.79}{0.73} = 551.54 Ah / d$$

Se debe calcular la capacidad de la batería pero teniendo en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{\max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{436.95 \cdot 3}{0.7} = 2363.75 Ah$$

Con todos los parámetros calculados se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{\max}}{E_{panel}} = \frac{551.51}{46.34} = 11.90$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2363.75}{749} = 3.16$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{spanel} = 12 \cdot 8.67 = 104.04 A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 104.04 = 114.44 A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{\text{regulador}}}{I_{\text{regreal}}} = \frac{114.44}{50} = 2.29$$

- Julio:

Lo primero que se calcula son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{\text{aut}})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 3)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se obtiene la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{\text{diaria}} = \frac{127.35}{31} = 4.11 \text{ kWh}$$

Una vez calculada las pérdidas, se obtiene el consumo máximo de la instalación:

$$I_{\text{inst max}} = \frac{P \cdot 1000}{V_{\text{bat}}} = \frac{4.11 \cdot 1000}{12} = 342.35 \text{ Ah/d}$$

Debemos de sobredimensionar este valor de consumo por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{inst max}} \cdot 1.2 = 342.35 \cdot 1.2 = 410.81 \text{ Ah/d}$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{\text{panel}} = 0.9 \cdot I_{\text{max panel}} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 6.57 = 46.34$$

A continuación, se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{\text{max}} = \frac{I_{\text{max}}}{K_t} = \frac{410.81}{0.73} = 559.75 \text{ Ah/d}$$

Se debe calcular la capacidad de la batería pero se debe tener en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{559.75 \cdot 3}{0.7} = 2398.92Ah$$

Con todos los parámetros calculados obtenemos el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{559.75}{47.72} = 11.73$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2398.917}{749} = 3.20$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{spanel} = 12 \cdot 8.67 = 104.04A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 104.04 = 114.44A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{114.44}{50} = 2.29$$

- Agosto:

Lo primero que se calcula son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 3)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{125.45}{31} = 4.05 kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, obtenemos el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{4.05 \cdot 1000}{12} = 337.24 Ah / d$$

Se debe de sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 337.24 \cdot 1.2 = 404.69 Ah / d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 6.28 = 45.61$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{404.69}{0.73} = 551.40 Ah / d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería pero se tiene en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{551.40 \cdot 3}{0.7} = 2363.13Ah$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{551.40}{45.61} = 12.09$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2363.13}{749} = 3.16$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores, se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{spanel} = 12 \cdot 8.67 = 104.04A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 104.04 = 114.44A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{114.44}{50} = 2.29$$

- Septiembre:

Lo primero que se calcula son las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{66.14}{30} = 2.20 kWh$$

Una vez calculada las pérdidas se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{2.20 \cdot 1000}{12} = 183.72 Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20% más:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 183.72 \cdot 1.2 = 220.46 Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 5.86 = 42.56$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{220.46}{0.73} = 302.59 Ah/d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería pero teniendo en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{302.59 \cdot 4}{0.7} = 1729.08 Ah$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{302.59}{42.56} = 7.11$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{1729.085}{749} = 2.31$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{scpanel} = 8 \cdot 8.67 = 69.36A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 69.36 = 76.296A$$

$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{76.296}{50} = 1.53$$

- Octubre:

Se calculan las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calculan la necesidad diaria, dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{79.19}{31} = 2.55kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{2.55 \cdot 1000}{12} = 212.87 Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{max} = I_{inst\ max} \cdot 1.2 = 212.87 \cdot 1.2 = 255.44 Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{max\ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 5.12 = 37.19$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{K_t} = \frac{255.44}{0.73} = 350.61 Ah/d$$

Ahora se debe de calcular la capacidad de la batería, pero teniendo en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{350.61 \cdot 4}{0.7} = 2003.48 Ah$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{350.61}{37.19} = 9.43$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2003.48}{749} = 2.67$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramos \cdot I_{spanel} = 10 \cdot 8.67 = 86.7A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 86.7 = 95.37A$$

$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{95.37}{50} = 1.91$$

- Noviembre:

Se calculan las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{aut})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria, dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{diaria} = \frac{85.31}{30} = 2.84kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{inst\ max} = \frac{P \cdot 1000}{V_{bat}} = \frac{2.84 \cdot 1000}{12} = 236.98Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo, por tanto se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{\max} = I_{inst \max} \cdot 1.2 = 236.98 \cdot 1.2 = 284.38 Ah / d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{\max \ panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 3.86 = 28.04$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max}}{K_t} = \frac{284.38}{0.73} = 390.32 Ah / d$$

Ahora se debe de calcular la capacidad de la batería, pero se debe tener en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{\max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{390.32 \cdot 4}{0.7} = 2230.39 Ah$$

Con todos los parámetros calculados se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{\max}}{E_{panel}} = \frac{390.32}{28.04} = 13.92$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no \ min \ al}} = \frac{2230.39}{749} = 2.98$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores, se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{\text{campoFV}} = N^{\circ} \text{ ramas} \cdot I_{\text{spanel}} = 14 \cdot 8.67 = 121.38A$$

$$I_{\text{regulador}} = 1.1 \cdot I_{\text{campoFV}} = 1.1 \cdot 121.38 = 133.52A$$

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{\text{regulador}}}{I_{\text{regreal}}} = \frac{133.52}{50} = 2.67$$

- Diciembre:

Se calculan las pérdidas totales:

$$K_t = [1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] \cdot \left[ 1 - \frac{(K_A \cdot D_{\text{aut}})}{P_D} \right]$$

$$K_t = [1 - (0.05 + 0.1 + 0.1 + 0.05)] \cdot \left[ 1 - \frac{(0.005 \cdot 4)}{0.7} \right] = 0.73$$

Tras esto se calcula la necesidad diaria dividiendo la necesidad mensual entre el número de días del mes:

$$P_{\text{diaria}} = \frac{91.69}{31} = 2.96kWh$$

Una vez calculada las pérdidas, se calcula el consumo máximo de la instalación:

$$I_{\text{inst max}} = \frac{P \cdot 1000}{V_{\text{bat}}} = \frac{2.96 \cdot 1000}{12} = 246.49Ah/d$$

Se debe sobredimensionar este valor de consumo por tanto, se multiplica por un factor de aumento del 20%:

$$I_{\text{max}} = I_{\text{inst max}} \cdot 1.2 = 246.49 \cdot 1.2 = 295.78Ah/d$$

Lo siguiente será calcular la energía que proporciona un panel:

$$E_{panel} = 0.9 \cdot I_{\max panel} \cdot HSP = 0.9 \cdot 8.07 \cdot 3.77 = 27.38$$

A continuación se calcula la capacidad de la batería:

$$C_{\max} = \frac{I_{\max}}{K_t} = \frac{295.78}{0.73} = 405.98 Ah / d$$

Ahora se debe calcular la capacidad de la batería, pero se tiene en cuenta tanto los días de autonomía y la profundidad de descarga:

$$C_{bat} = \frac{C_{\max} \cdot D_{aut}}{P_D} = \frac{405.98 \cdot 4}{0.7} = 2319.86 Ah$$

Con todos los parámetros calculados, se obtiene el número de paneles en serie y en paralelo:

$$Paneles_{paralelo} = \frac{C_{\max}}{E_{panel}} = \frac{405.98}{27.38} = 14.83$$

$$Paneles_{serie} = \frac{V_{bat}}{V_{panel}} = \frac{48}{48} = 1$$

Lo mismo que con los paneles se hace con las baterías:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{C_{bat}}{C_{no\ min\ al}} = \frac{2319.86}{749} = 3.10$$

$$Baterias_{serie} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{48}{12} = 4$$

Para calcular el número de reguladores se debe tener en cuenta otro grupo de parámetros:

$$I_{campoFV} = N^{\circ} ramas \cdot I_{spanel} = 15 \cdot 8.67 = 130.05 A$$

$$I_{regulador} = 1.1 \cdot I_{campoFV} = 1.1 \cdot 130.05 = 143.06A$$

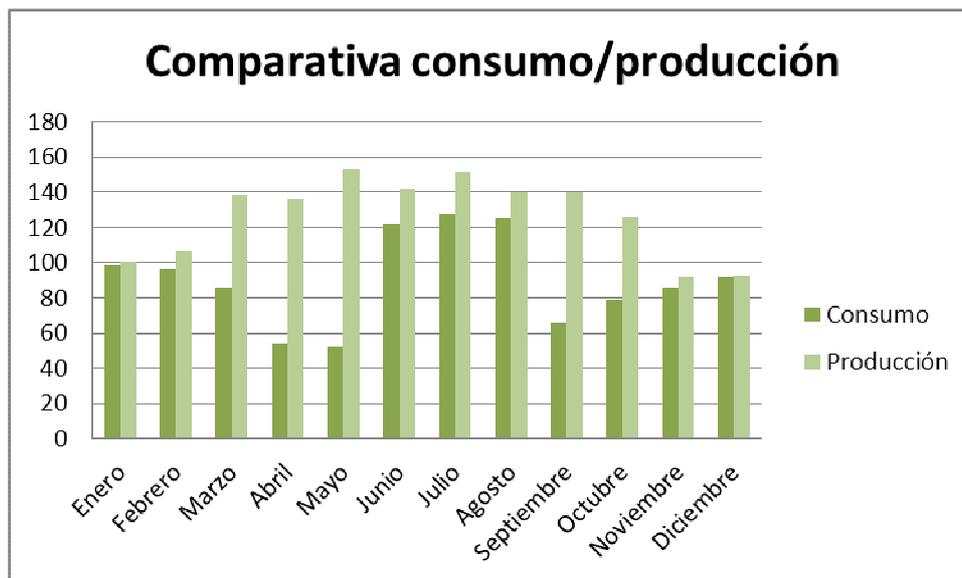
$$N^{\circ} reguladores = \frac{I_{regulador}}{I_{regreal}} = \frac{143.06}{50} = 3$$

NOTA: Los anteriores cálculos se han efectuado para una de las viviendas y como ambas viviendas son semejantes, se deduce que los elementos necesarios para cubrir las necesidades de las dos viviendas son el doble de los calculados.

### 3.1.3 Justificación de resultados

Tras el análisis de las demandas y producciones mensuales reflejado en la siguiente gráfica, se puede constatar el adecuado dimensionado del generador fotovoltaico.

Gráfica 3.1



### 3.1.4 Resumen de los elementos necesarios

Los elementos necesarios para alimentar una vivienda es la siguiente:

- Paneles en serie: 1
- Paneles en paralelo: 15
- Baterías en serie: 4
- Baterías en paralelo: 4
- Reguladores: 3
- Inversor: 1

### 3.2 Cableado

En este apartado se realizan los cálculos de las secciones de los conductores de manera independiente para cada una de las viviendas, ya que las distancias desde el campo fotovoltaico hasta el lugar donde se encuentran los reguladores respectivos son diferentes.

#### 3.2.1 Fórmulas utilizadas

- Sección

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U}$$

Dónde:

- L, es la longitud, en m.
- I, es la intensidad que circula por el conductor, en A.
- $\rho$ , constante para el cobre, 56.
- U, caída de tensión admitida, en V.

#### 3.2.2 Dimensionado del cableado

##### 3.2.2.1 Vivienda 1

- Tramo de los paneles al regulador 1

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 45.76 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%.

- Tramo de los paneles al regulador 2

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 45.76 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%.

- Tramo de los paneles al regulador 3

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 45.76 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%.

- Tramo del regulador 1 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.5%.

- Tramo del regulador 2 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.5%.

- Tramo del regulador 3 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.005%.

- Tramo del acumulador al inversor

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 98.4}{56 \cdot 0.48} = 14.64 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1% .Para calcular la intensidad en este punto se propone un factor de simultaneidad de 0.8.

- Tramo del inversor a la carga

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 98.4}{56 \cdot 6.9} = 5.09 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 3% .Para calcular la intensidad en este punto se propone un factor de simultaneidad de 0.8.

### 3.2.2.2 Vivienda 2

- Tramo de los paneles al regulador 2

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 67.11 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%.

- Tramo de los paneles al regulador 2

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 67.11 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%.

- Tramo de los paneles al regulador 3

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 22 \cdot 41}{56 \cdot 0.48} = 67.11 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1%

- Tramo del regulador 1 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.5%.

- Tramo del regulador 2 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.5%

- Tramo del regulador 3 al acumulador

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 1.6 \cdot 123}{56 \cdot 0.24} = 29.29 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 0.005%.

- Tramo del acumulador al inversor

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 98.4}{56 \cdot 0.48} = 14.64 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 1% .Para calcular la intensidad en este punto se propone un factor de simultaneidad de 0.8.

- Tramo del inversor a la carga

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot U} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 98.4}{56 \cdot 6.9} = 5.09 \text{mm}^2$$

Nota: Para calcular la caída de tensión se tiene en cuenta un 3% .Para calcular la intensidad en este punto se propone un factor de simultaneidad de 0.8.

### 3.2.3 Resumen de cableado

Con respecto el cableado del interior de la vivienda, viene normalizado por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Dicho cableado queda representado en la siguiente tabla:

Tabla 3.1

Nombre del circuito	Nomenclatura	Sección (mm <sup>2</sup> )
Iluminación	C1	1.5
Tomas de uso general	C2	2.5
Cocina y Horno	C3	6
Lavavajillas, lavadora y termo	C4	4
Baño y cuarto de cocina	C5	2.5

Con respecto a los cálculos realizados en el apartado anterior el resumen sería el siguiente:

Tabla 3.2

Tramo	Vivienda 1	Vivienda 2
De los paneles al regulador 1	45.76	67.11
De los paneles al regulador 2	45.76	67.11
De los paneles al regulador 3	45.76	67.11
Del regulador 1 al acumulador	29.29	29.29
Del regulador 2 al acumulador	29.29	29.29
Del regulador 3 al acumulador	29.29	29.29
Del acumulador al inversor	14.64	14.64
Del inversor a la carga	5.09	5.09

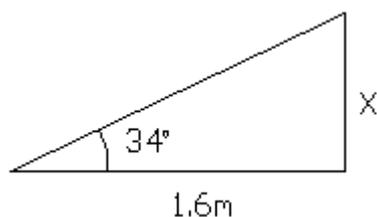
### 3.3 Estructura soporte

En este apartado se realizará el dimensionado la estructura que deberá de tener una inclinación de 34°. Para su diseño se han empleado elementos estructurales prefabricados de la empresa HILTI, por lo que se han utilizado los parámetros de esfuerzo y dimensiones proporcionados por el citado fabricante.

#### 3.3.1 Dimensionado de la estructura

- Cálculo del hincado.

Se debe tener en cuenta que entre cada barra de hincado, debe haber una separación de 1.6m. Por tanto se debe establecer la diferencia de hincado con el fin de mantener la inclinación de 34°.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C_{op}}{C_{cont}} \rightarrow C_{op} = \operatorname{tg} \alpha \cdot C_{cont} = \operatorname{tg} 34 \cdot 1.6 = 1.07m$$

Dónde:

- $C_{op}$ , es el cateto opuesto.
- $C_{cont}$ , es el cateto contiguo.

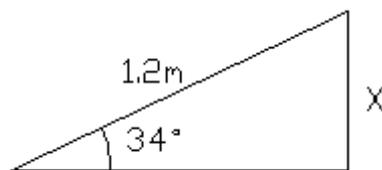
Por tanto, se observa que un hincado tiene que ser 1.07m más alto que el otro. Por tanto el más largo se elige de un grupo de medidas normalizadas por la empresa HILTI, siendo esta medida de 2.7m.

La altura que debe tener el hincado más bajo se obtiene por diferencia entre la medida normalizada y el valor  $C_{cont}$ . Obtenido:

$$2.7 - 1.07 = 1.63m$$

Se escogerá de las medidas normalizadas las barras de 1.8m, la cual deberá de ser cortada para que tenga la medida deseada.

Se debe tener en cuenta que la longitud de los paneles es de 2m y que la distancia entre los hincados es de 1.6m, para saber a qué altura se queda con respecto al nivel del suelo. Este dato se obtiene mediante la aplicación de la trigonometría:



$$\sin \alpha = \frac{C_{op}}{h} \rightarrow C_{op} = \sin \alpha \cdot h = \operatorname{tg} 34 \cdot 1.2 = 0.6m$$

Los 0.6m es a la distancia que se queda del suelo:

$$1.63 - 0.6 = 1.03m$$

- Cálculo del soporte de módulos

Sobre cada una de las estructuras se montan 10 paneles distribuidos en dos filas de 5 paneles.

En cada una de estas estructuras irán alojadas dos filas de 5 paneles cada fila.

Al ser dos filas, la altura de esta estructura soporte deberá de ser de 2.7 metros.

### 3.3.2 Resumen de los elementos necesarios

Una vez se han realizado los cálculos y estimaciones oportunas, los elementos necesarios para la construcción de las 3 estructuras para alojar los 30 paneles, son los siguientes:

Tabla 3.3

Descripción	Unidades
MSP-HDG-RP 2.7	6
MSP-HDG-RP 1.8	6
Riostra	6
MSP-AL-BP placa base M12	12
MSP-AL-BPI placa aislante	12
M12x100 A2 tornillo hexagonal autoblocante	40
M12 A4 tuerca hexagonal autoblocante	12
MSP-AL-LC 6m carril longitudinal	6
MSP-AL-TC 2.8 carril transversal	18
MSP-AL-XC conector de cruce	18
MSP-AL-BC conector básico	12
MSP-MC 98-42 pinza central	24
MSP-EC 40 pinza fina	12

### 3.3.3 Zapatas

Para el cálculo de la zapata, se emplean las siguientes fórmulas:

$$f = \text{Fuerza del viento} (N / m^2) \cdot \text{Superficie} \cdot n^{\circ} \text{ de paneles} \cdot \text{sen} \alpha$$

$$V_s = \frac{f}{\delta}$$

Dónde:

- $V_s$ , es el volumen que debe tener, en  $m^3$ .

- $f$ , es la fuerza del viento sobre toda la estructura.
- $\delta$ , es la densidad del hormigón por la gravedad.

Sustituyendo los valores de fuerza del viento considerada y la superficie aparente de los paneles se obtiene:

$$f = 975 \cdot 1.94535 \cdot 10 \cdot \text{sen}34 = 10606.3$$

$$V_s = \frac{10606.3}{9.81 \cdot 2000} = 0.54m^3$$

Por tanto se necesitará tres zapatas de 10.8m x 0.25m x 0.2m.

### 3.4 Toma de tierra

En este apartado se calculará la puesta a tierra necesaria para proteger a los usuarios de la instalación frente a posibles contactos directos e indirectos. En este proceso se establecerá una diferencia, ya que existen partes de la instalación consideradas como locales secos y otras como locales húmedos.

La instalación interior de la vivienda, será considerada local seco ya que no estará expuesta a humedades ni filtraciones de líquidos.

En lo referente a la estructura metálicas se considerará local húmedo, al estar a la intemperie.

#### 3.4.2 Fórmulas utilizadas.

- Resistencia máxima

$$R_{máx} = \frac{V}{I}$$

Dónde:

- $V$ , es la tensión según el tipo de local, en voltios.
- $I$ , es la intensidad de defecto, en A.

- Resistencia de la puesta a tierra.

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L}$$

Dónde:

- $\rho$ , es la resistividad del terreno, en Ohm.m.
- n, es el número de picas.
- L, es la longitud de la pica.

- Comprobación de la instalación.

$$V = R \cdot I$$

Dónde:

- R, es la resistencia de la puesta a tierra, en Ohm.
- I, es la intensidad de defecto, en A.

### 3.4.1 Dimensionado de la puesta de tierra

- Puesta a tierra de la vivienda y estructura soporte.

Se considera el interior de la vivienda como local seco, por tanto el valor de tensión que se tiene que tener en cuenta es de 50V.

Al tener el diferencial de la vivienda una sensibilidad de 30mA, será esta la intensidad que se tendrá en cuenta a la hora de dimensionar la puesta a tierra.

El terreno al ser calizas blandas, la resistividad considerada es de 300Ω.m.

Por lo tanto:

$$R_{m\acute{a}x} = \frac{V}{I} = \frac{50}{0.03} = 1666.67\Omega$$

Una vez obtenida la resistencia máxima permitida, se calcula la resistencia que se obtendría con el electrodo de puesta a tierra formado por 4 picas de un metro separadas entre sí:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} = \frac{300}{4 \cdot 1} = 75\Omega < R_{\max}$$

Se cumple la condición

Se debe comprobar que el voltaje no excede del máximo del local seco.

$$V = R \cdot I = 75 \cdot 0.03 = 2.25V < 50V$$

Se cumple la condición.

- Puesta a tierra de la estructura.

Se considera la estructura soporte como local húmedo, por tanto el valor de tensión que se tiene que tener en cuenta es de 24V.

Para el cálculo de la resistencia máxima se ha considerado el mismo valor de intensidad de defecto que para el caso de las viviendas.

La resistividad del terreno es de 300Ω.m. Por lo tanto:

$$R_{\max} = \frac{V}{I} = \frac{24}{0.03} = 800\Omega$$

Una vez obtenida la resistencia máxima permitida, se calcula la resistencia que se obtendría con el electrodo de puesta a tierra formado por 4 picas de un metro separadas entre sí:

$$R = \frac{\rho}{n \cdot L} = \frac{300}{4 \cdot 1} = 75\Omega < R_{\max}$$

Se cumple la condición.

Por último se comprueba que el voltaje no excede del máximo del local seco.

$$V = R \cdot I = 75 \cdot 0.03 = 2.25V < 50V$$

Como los valores de resistencia de puesta a tierra de ambos electrodos son iguales y como las tensiones de defecto son en ambos casos inferiores a las reglamentarias, se adopta como solución un único electrodo de puesta a tierra formado por 4 picas de 1m de separación.

### 3.4.2 Sección de los conductores de protección y puesta a tierra

En este apartado se aplicará, según lo dispuesto en la ITC-BT 19. Según esta ITC la tierra o conductores de protección dependen de la sección de fase.

El siguiente cuadro muestra el método a seguir para selección del conductor de tierra o conductor de protección.

Tabla 3.4

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

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de cables de tierra o protección:

Tabla 3.5

Tramo	Fase(mm <sup>2</sup> )	Tierra o protección(mm <sup>2</sup> )
Línea de tierra principal vivienda 1	50	25
Línea de tierra principal vivienda 2	70	35
Línea de tierra de la estructura metálica	-	16
Habitación de elementos solares	30	16
Enlace del inversor y la vivienda	6	6
Interior de la vivienda	2.5	2.5

Nota: La sección de tierra de la línea principal de las dos viviendas será de 35mm<sup>2</sup>.

### 3.4.3 Resumen de la puesta a tierra

La puesta a tierra estará compuesta por 4 picas cilíndricas de cobre desnudo, de 150micras, unidas entre sí por un conductor de cobre desnudo.

Además estas picas tendrán que ir alojadas en una arqueta.

### 3.5 Protecciones

#### 3.5.1 Protecciones instalación interior de la vivienda

No es necesario ningún tipo de cálculo para obtener las protecciones, debido a que cada elemento de la instalación solar tiene sus protecciones internas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Por otro lado las protecciones en el interior de la vivienda, vienen indicadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la ITC-BT 25:

Tabla 3.6

Nombre del circuito	Nomenclatura	Interruptor automático (A)
Iluminación	C1	10
Tomas de uso general	C2	16
Cocina y horno	C3	25
Lavadora, Lavavajillas y termo	C4	20
Baño, cuarto de cocina	C5	16

#### 3.5.2 Protecciones de la instalación solar fotovoltaica

##### 3.5.2.1 Fórmulas utilizadas

- Tensión soportada por el fusible.

$$V_{DC\ fusible} \geq V_{oc} \cdot M \cdot 1.2$$

Siendo:

- $V_{DC\ fusible}$ , la tensión soportada por el fusible.
- $V_{oc}$ , es la tensión a circuito abierto de los paneles fotovoltaicos.
- $M$ , es el número de paneles fotovoltaicos en serie.

- Intensidad nominal del fusible.

$$I_{nom} \geq \frac{I_{sc} \cdot N}{A_1 \cdot A_2}$$

Siendo:

- $I_{sc}$ , la intensidad de cortocircuitos de los paneles fotovoltaicos.

- N, el número de paneles en paralelo.
- A<sub>1</sub>, constante proporcionada por el fabricante cuyo valor es 0.8.
- A<sub>2</sub>, constante de temperatura obtenida en tabla proporcionada por el fabricante.

### 3.5.2.2 Cálculo de fusibles

- Tramo 1: Paneles fotovoltaicos a regulador.

$$V_{DC\ fusible} \geq V_{oc} \cdot M \cdot 1.2$$

$$V_{DC\ fusible} \geq 44.67 \cdot 1 \cdot 1.2 = 53.60V$$

$$500V \geq 53.60V$$

Cumple con esta condición.

$$I_{nom} \geq \frac{I_{sc} \cdot N}{A_1 \cdot A_2}$$

$$I_{nom} \geq \frac{8.67 \cdot 5}{0.8 \cdot 0.9} = 60.20A$$

$$63A \geq 60.20A$$

Por tanto cumple esta condición.

Fusible seleccionado: Fusible NH gG de 63A y una tensión de 500V.

- Tramo 2: Desde los reguladores hasta el banco de baterías.

$$V_{DC\ fusible} \geq V_{oc} \cdot M \cdot 1.2$$

$$V_{DC\ fusible} \geq 44.67 \cdot 1 \cdot 1.2 = 53.60V$$

$$500V \geq 53.60V$$

Cumple con esta condición.

$$I_{nom} \geq \frac{I_{SC} \cdot N}{A_1 \cdot A_2}$$

$$I_{nom} \geq \frac{8.67 \cdot 5 \cdot 3}{0.8 \cdot 0.9} = 180.625A$$

$$200A \geq 180.625A$$

Por tanto cumple esta condición.

Fusible seleccionado: Fusible NH gG de 200A y una tensión de 500V.

- Tramo 3: Desde los reguladores hasta el inversor.

$$V_{DC \text{ fusible}} \geq V_{oc} \cdot M \cdot 1.2$$

$$V_{DC \text{ fusible}} \geq 44.67 \cdot 1 \cdot 1.2 = 53.60V$$

$$500V \geq 53.60V$$

Cumple con esta condición.

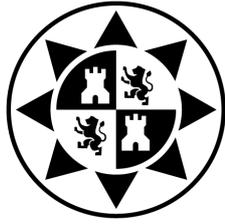
$$I_{nom} \geq \frac{I_{SC} \cdot N}{A_1 \cdot A_2}$$

$$I_{nom} \geq \frac{8.67 \cdot 5 \cdot 3}{0.8 \cdot 0.9} = 180.625A$$

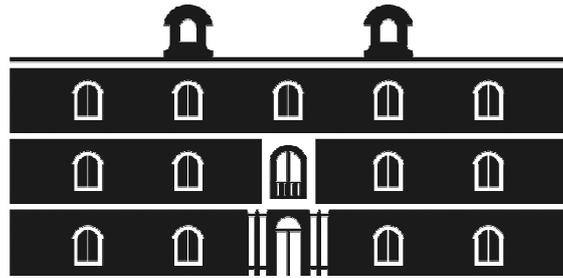
$$200A \geq 180.625A$$

Por tanto cumple esta condición.

Fusible seleccionado: Fusible NH gG de 200A y una tensión de 500V.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**

etsii UPCT

## 2. PLIEGO DE CONDICIONES

# ÍNDICE

1. Objeto y generalidades.....	1
2. Legislación aplicable .....	1
3. Responsabilidades .....	3
4. Ejecución de la obra .....	3
4.1 Pasos para la ejecución de la obra.....	3
4.2 Comienzo de la obra y plazo de ejecución.....	4
4.3 Obras complementarias.....	4
4.4 Obra defectuosa.....	4
4.5 Recepción de la instalación.....	4
4.6 Conservación de la instalación.....	5
4.7 Medios auxiliares .....	5
4.8 Libro de órdenes .....	5
4.9 Libro de incidencias .....	5
5. Modificaciones del proyecto .....	6
6. Diseño .....	6
6.1 Orientación, inclinación y sombras.....	6
6.2 Dimensionado del sistema.....	6
7. Componentes y materiales.....	7
7.1 Generalidades .....	7
7.2 Módulos fotovoltaicos .....	8
7.3 Estructura soporte .....	8
7.4 Acumuladores de plomo-acido.....	9
7.5 Reguladores de carga.....	10
7.6 Inversor .....	12
7.7 Cargas.....	13

7.8 Cableado .....	14
7.9 Protecciones y puesta a tierra .....	14
7.10 Instalación interior .....	15
7.10.1 Conductores .....	15
7.10.2 Canalizaciones o tubos protectores .....	16
7.10.3 Aparatos de maniobra y mando.....	16
7.10.4 Cuadro de mando y protección.....	16
7.10.5 Aparatos de protección.....	17
8. Mantenimiento.....	19
8.1 Aspectos generales .....	19
8.2 Mantenimiento de los componentes de la instalación .....	20
8.2.1 Inversores.....	20
8.2.2 Reguladores.....	21
8.2.3 Acumuladores .....	21
8.2.4 Cableado y canalizaciones.....	21
8.2.5 Protecciones.....	22
8.2.6 Puesta a tierra .....	22
8.2.7 Estructura soporte.....	23
8.2.8 Paneles solares.....	23
9 Garantía .....	23
9.1 Ámbito general .....	23
9.2 Plazos .....	24
9.3 Condiciones económicas.....	24
9.4 Anulación de la garantía .....	25
9.5 Lugar y tiempo de la prestación .....	25

## **1. Objeto y generalidades**

El objetivo del presente documento, es indicar las características mínimas que debe cumplir la instalación. Además pretende servir de guía a la empresa instaladora y fabricantes, describiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir esta instalación para asegurar una cierta calidad, en beneficio del usuario.

El ámbito de la aplicación del pliego de condiciones hará objeto a la instalación, a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte n de las dos viviendas rurales.

En determinadas situaciones se podrán adoptar, por la propia naturaleza de cada situación diferentes soluciones a las mencionadas en este pliego de condiciones técnicas, siempre que quede justificada su necesidad y que no implique una disminución de las exigencias mínimas de calidad.

Este pliego de condiciones técnicas, está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de la energía solar en el ámbito del plan de energías renovables.

Este documento garantizará lo siguiente:

- Asegura la continuidad del suministro.
- La calidad y durabilidad de la instalación.
- La instalación sea segura para los usuarios.
- Que cumpla la normativa vigente en el ámbito de las energías renovables.
- Promoción de las energías renovables como fuente de energía alternativa.

## **2. Legislación aplicable**

Las leyes y normativas en las cuales se basa el presente proyecto, y por las cuales se definirán las características técnicas de los elementos de la instalación y la calidad mínima de la misma son las siguientes:

- Ley 54/1997 de noviembre del sector eléctrico (BOE nº285 de 28/11/1977)
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (BOE nº126, de 26/05/2007).

En cuanto al ámbito de seguridad y salud para el desarrollo de la obra, la legislación es la siguiente:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos laborales.

- Real decreto del 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real decreto 485/97 del 14 de abril; disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real decreto 1407/1992 modificado por el real decreto de 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual- EPI.
- Real decreto 773/1997 del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
- Real decreto 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real decreto 1435/1992 modificado por el real decreto 56/1995, dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre las maquinas.
- Real decreto 1495/1986 modificada por el real decreto 830/1991, aprueba el reglamento de seguridad en las maquinas.
- Real decreto 1316/1989, del ministerio de relaciones con las cortes y de la secretaria del gobierno. 27/10/1989 Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real decreto 245/1989 del ministerio de industria y energía. 27/02/1989. Determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- Orden del ministerio de industria y energía.17/11/1989. Modificación del real decreto 245/1989,27/02/1989.
- Orden del ministerio de industria, comercio y turismo. 18/07/1991 modificación del anexo I del real decreto 245/1989, 27/02/1989.
- Real decreto 711992 del ministerio de industria, 31/01/1992. Se amplía el ámbito de aplicación del real decreto 245/1989, 27/02/1989 y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- Orden del ministerio de industria y energía. 29/03/1996. Modificación del anexo I del real decreto 245/1989.
- Real decreto 487/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.

### **3. Responsabilidades**

Durante la ejecución de la obra, el responsable de la instalación será la persona designada por la empresa instaladora.

No tendrá derecho a la indemnización por el mayor precio que pudieran costar los materiales ni por fallo en el presupuesto presentado al cliente.

El coordinador de seguridad y salud designado por la empresa encargada de la instalación será el responsable directo de todos los accidentes que puedan surgir durante la ejecución de la obra, ya que su función principal es que se cumplan las normas de seguridad y salud presentadas en el documento “estudio de seguridad y salud”.

### **4. Ejecución de la obra**

La instalación solar fotovoltaica tendrá que ubicarse en los espacios indicados para la misma.

El director de la obra tendrá que indicar todos los puntos necesarios para ejecución de la obra en presencia del encargado por la empresa instaladora.

La empresa contratada para la ejecución de la obra será la encargada de suministrar todos los materiales indicados en el presupuesto para la correcta ejecución de la obra.

Todos estos materiales serán de primera calidad, tal y como se deberá dejar constancia en el momento de firmar el acuerdo entre la empresa instaladora y el usuario.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, la empresa contratada obtendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al director técnico de la obra, quien decidirá qué hacer.

En ningún caso se suplirá la falta de material sin indicarlo previamente.

#### **4.1 Pasos para la ejecución de la obra**

Los pasos para la ejecución de la obra serán los siguientes:

- Movimiento de tierras.
- Cimentación para las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos.
- Montaje de las estructuras soporte.
- Montaje de los módulos fotovoltaicos sobre las estructuras soporte.
- Montaje de los elementos solares dentro de los cuartos habilitados para tal fin.
- Colocación del cableado y su correspondiente conexionado.

## **4.2 Comienzo de la obra y plazo de ejecución**

El comienzo de la obra será el estipulado por la empresa instaladora y el propietario de la instalación final.

El plazo de ejecución de la obra también será el estipulado previamente por ambas partes.

En caso de que no se cumplan los plazos de comienzo o de ejecución, el propietario de la instalación será indemnizado por el retraso en lo acordado.

## **4.3 Obras complementarias**

La empresa contratada para la realización de la obra deberá de realizar una serie de actividades previas antes de empezar a realizar la instalación fotovoltaica, con el fin de facilitar y hacer más cómodo el futuro trabajo.

Se deberá desalojar una serie de escombros pertenecientes a una instalación anterior que se encuentra donde se ubicará la instalación solar fotovoltaica.

Este tipo de obras no producirá ningún cambio en el presupuesto presentado por la empresa contratada.

## **4.4 Obra defectuosa**

Cuando la persona que haya contratado la obra halle alguna cosa en particular que no se ajuste con el presente proyecto, esto se le comunicará al director de obra, el cuál tomará las medidas necesarias para satisfacer la demanda del propietario, ya sea mediante un acuerdo económico, o bien con la sustitución de dicho elemento por otro, ampliando o no el plazo de entrega provisional de la instalación.

## **4.5 Recepción de la instalación**

Una vez terminada la obra, se procederá a una recepción de obra provisional, la cual no se hará del todo efectiva hasta pasar una serie de pruebas técnicas que indiquen tanto el buen funcionamiento de la misma, como el cumplimiento de los aspectos de seguridad y salud necesarios para evitar accidentes que pongan en peligro la integridad de los usuarios de la misma.

Las pruebas mínimas a realizar por la empresa instaladora para llevar a cabo la entrega final de la obra será:

- Funcionamiento y puesta en marcha del sistema. La instalación tendrá que estar funcionando un mínimo de 240 horas seguidas sin interrupciones ni fallos.

- Prueba de las protecciones del sistema y de las medidas de seguridad, especialmente en las baterías.

Al finalizar la obra, el instalador entregará al propietario de la instalación un documento\albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación.

Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada uno un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en castellano.

La empresa instaladora estará obligada antes de retirarse de la instalación de realizar una limpieza de las zonas ocupadas y una retirada de la obra del material sobrante.

#### **4.6 Conservación de la instalación**

La empresa contratada por el propietario de la instalación, se verá obligado a mantener en buen estado los elementos que se encuentren en esa instalación y los que se vayan instalando hasta la fecha de recepción de la instalación provisional.

Si algún trabajador de la empresa contratada provocará algún daño sobre algún elemento de la instalación, este deberá de ser repuesto por parte de la empresa instaladora.

#### **4.7 Medios auxiliares**

Se considerarán medios auxiliares, a todos aquellos equipos o maquinas necesarias para la correcta ejecución de la obra, tales como son grúas, andamios, camiones basculantes, grupo electrógeno, etc...

Todos estos medios auxiliares correrán a cuenta de la empresa contratada sin modificar el precio del presupuesto acordado inicialmente.

#### **4.8 Libro de órdenes**

El encargado de la obra dispondrá de un libro de órdenes para indicar las instrucciones necesarias para la correcta interpretación del proyecto y de las contingencias que se produzcan en las obras.

El encargado de la obra asumirá la interpretación técnica de las mismas y que, según la ley se deben seguir para mantener un cierto grado de calidad y seguridad mínimas.

#### **4.9 Libro de incidencias**

El coordinador de seguridad y salud designado por la empresa instaladora, tendrá que disponer de un libro de incidencias, en el cual se anotarán todos los accidentes y el motivo de

los mismos, así como las penalizaciones a los trabajadores por alguna falta en el ámbito de seguridad y salud.

## 5. Modificaciones del proyecto

La empresa contratada para la realización de la obra, estará obligada a realizar las modificaciones pertinentes del proyecto inicial, siempre y cuando no varíen del presupuesto inicial de un 15%.

La valoración de la modificación se calculará a parte del proyecto principal y se hará una comparativa para ver en cuánto difiere del proyecto inicial.

## 6. Diseño

### 6.1 Orientación, inclinación y sombras

Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distinta a las óptimas, en el periodo de diseño no serán superiores a los valores especificados en la siguiente tabla:

*Tabla 6.1*

Perdidas de radiación del generador	Valor máximo permitido (%)
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

En la instalación no existe ningún elemento que proyecte sombra sobre los paneles fotovoltaicos, por tanto se tomará como valor máximo permitido el del primer apartado de la tabla anterior.

En aquellos casos en los que por razones justificadas no se cumpla lo expuesto en la anterior tabla se evaluarán las pérdidas totales de radiación, incluyéndose en la memoria.

### 6.2 Dimensionado del sistema

Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este pliego de condiciones.

Se realizará una estimación aproximada de consumo según las necesidades de la instalación.

Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido para cubrir las necesidades de consumo según lo estipulado.

La empresa instaladora podrá elegir el tamaño del generador y de los acumuladores en función, de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida y de cualquier otro factor que quiera considerar.

El tamaño del generador será como máximo un 20% superior a la potencia requerida para satisfacer la necesidad calculada anteriormente.

Como norma general, la autonomía mínima en sistemas con acumulador será de tres días. Se calculará la autonomía del sistema para el acumulador elegido.

## **7. Componentes y materiales**

### **7.1 Generalidades**

Todas las instalaciones tienen que cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas, y entre ellas las dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y la legislación aplicable.

Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico para equipos y materiales.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos.

Se recomienda la utilización de equipos y materiales de aislamiento eléctrico de clase II.

Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Todos los equipos expuestos a la intemperie tendrán un grado mínimo de protección IP65, y los de interior, IP20.

Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética.

Por motivos de seguridad y operación de los equipos los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano.

## **7.2 Módulos fotovoltaicos**

Todos los módulos deberán de satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos fotovoltaicos.

Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente emitido por algún laboratorio acreditado.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la memoria la justificación de su utilización.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreado parcial y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que el módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquier de sus elementos así como falta de alineación de las células o burbujas en el encapsulante.

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales de cada una de las ramas del generador.

En aquellos casos que no se utilicen módulos no cualificados, deberá de justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos.

En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa de IDAE. En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

## **7.3 Estructura soporte**

Se dispondrán de las estructuras soporte necesarias para montar los módulos y se incluirán todos los accesorios que se precisen.

La estructura de soporte y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las normas del fabricante.

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

El diseño de la estructura se realizara para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustitución de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de agentes ambientales.

La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la misma.

La tornillería empleada deberá de ser de acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirá tornillos galvanizados, exceptuando los de sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de los módulos, y la propia estructura, no arrojaran sombra sobre los módulos.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frio, cumplirán la Norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE 37-501 y UNE 37-508, con un espesor mínimo de 80 micras, para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

#### **7.4 Acumuladores de plomo-acido**

Se recomienda que los acumuladores sean de plomo-acido, preferentemente estacionarias y de placa tubular. No se permitirá el uso de baterías de arranque.

Para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador, no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico. En el caso de que la capacidad del acumulador elegido sea superior a este valor se justificará adecuadamente.

La máxima profundidad de descarga no excederá el 80% en instalaciones donde se prevea que descargas tan profundas no serán frecuentes. En aquellas aplicaciones en las que estas sobrecargas puedan ser habituales, tales como alumbrado público, la máxima profundidad de descarga no será superior al 60%.

Se protegerá especialmente frente a sobrecargas, a las baterías con electrolito gelificado, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

La capacidad inicial del acumulador será superior al 90% de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

La autodescarga del acumulador a 20°C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

La vida del acumulador, definida como la correspondiente hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal, debe ser superior a 1000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50% a 20°C.

El acumulador será instalado siguiendo las recomendaciones del fabricante. En cualquier caso deberá asegurarse lo siguiente:

- El acumulador se situará en un lugar ventilado y con acceso restringido.
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales del acumulador, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

Cada batería o vaso deberá estar etiquetado al menos con la siguiente información:

- Tensión nominal.
- Polaridad de los terminales.
- Capacidad nominal.
- Fabricante y número de serie.

## **7.5 Reguladores de carga**

Las baterías se protegerán contra las sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1%.
- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.

- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de  $-4\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  a  $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$  por vaso, y estar en el intervalo de  $\pm 1\%$  del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros como por ejemplo el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos de la línea de consumo.

El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM.
- Corriente en la línea de consumo: un 25% superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de generador y acumulador serán inferiores al 4% de la tensión nominal, para sistemas de menos de 1kW y el 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de consumo y corriente en la línea generador-acumulador igual a la corriente máxima especificada para el regulador. Si las caídas de tensión son superiores se justificará en la memoria.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 4% de la tensión nominal, para sistemas de menos de 1kW, y del 2% de la tensión nominal para sistemas mayores de 1kW, incluyendo los terminales. Estos valores se especifican para las siguientes condiciones: corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador-consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía.

Las tensiones de reconexión de sobrecarga serán distintas de las desconexiones, o bien estarán temporizadas para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal.
- Corriente máxima.
- Fabricante y número de serie.
- Polaridad y conexiones.

## **7.6 Inversor**

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija.

Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de las mismas.

Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente en aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque, sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida.

Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5% del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío.

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la siguiente tabla:

*Tabla 7.1*

Tipo de inversor		Rendimiento al 20% de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda senoidal	$P_{NOM} \leq 500VA$	>85%	>75%
	$P_{NOM} > 500VA$	>90%	>85%
Onda no senoidal		>90%	>85%

Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos la siguiente información:

- Potencia nominal.
- Tensión nominal de entrada.
- Tensión y frecuencia nominales de salida.
- Fabricante y número de serie.
- Polaridad y terminales.

## 7.7 Cargas

Se recomienda utilizar electrodomésticos de alta eficiencia.

Se utilizarán lámparas fluorescentes, preferiblemente de alta eficiencia. No se permitirá el uso de lámparas incandescentes.

Las lámparas fluorescentes de corriente alterna deberán cumplir la normativa al respecto. Se recomienda utilizar lámparas que tengan corregido el factor de potencia.

En ausencia de un procedimiento de cualificación de lámparas fluorescentes de continua, estos dispositivos deberán verificar los siguientes requisitos:

- El balastro debe asegurar un encendido seguro al margen de tensiones de operación, y en todo el margen de temperaturas ambiente previstas.
- La lámpara debe estar protegida cuando:

- Se invierte la polaridad de la tensión de entrada.
- La salida del balastro es cortocircuitada.
- Opera sin tubo.
- La potencia de entrada de la lámpara debe estar en el margen de  $\pm 10\%$  de la potencia nominal.
- El rendimiento luminoso de la lámpara debe ser superior a 40 lúmenes/W.
- La lámpara debe tener una duración mínima de 5000 ciclos.
- Las lámparas deben cumplir las directivas europeas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

Se recomienda que no se utilicen cargas de climatización.

Los sistemas con generadores fotovoltaicos de potencia nominal superiores a 500 W tendrán, como mínimo, un contador para medir el consumo de energía. En sistemas mixtos con consumos en continua y alterna, bastará un contador para medir el consumo en continua de las cargas CC y del inversor. En sistemas con consumos de corriente alterna únicamente, se colocará el contador a la salida del inversor.

Los enchufes y tomas de corriente para corriente continua deben estar protegidos contra la inversión de polaridad y ser distintos de los de uso habitual para corriente alterna.

## **7.8 Cableado**

Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.

Los conductores necesarios tendrán una sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1.5% a la tensión nominal continua del sistema.

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.

Los positivos y negativos de la parte de continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados de acuerdo a la normativa vigente.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

## **7.9 Protecciones y puesta a tierra**

Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48V contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.

El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.

La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magnetotérmico u otro elemento que cumpla con esta función.

## 7.10 Instalación interior

### 7.10.1 Conductores

Los conductores empleados en la instalación interior de la vivienda, tienen que ser flexibles, siendo el aislamiento de estos de poli cloruro de vinilo.

Estos conductores podrán soportar una temperatura máxima de 70°C, y el nivel de aislamiento nunca será inferior a 450/750V.

Los cables flexibles aislados con poli cloruro de vinilo no deben emplearse en aparatos cuyas partes metálicas puedan alcanzar una temperatura superior a 75°C y puedan entrar en contacto con el cable.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual que la fijada para los conductores de fase o polares.

Nunca se utilizará un mismo conductor de protección para distintos circuitos que tengan distintas secciones para conductores de fase o polares.

El cableado usado en el interior de ambas viviendas, será el indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja de Tensión 842/2002, para una vivienda con electrificación básica, según la ITC 25.

Tabla 7.2

Nombre del circuito	Nomenclatura	Sección (mm <sup>2</sup> )
Iluminación	C1	1.5
Tomas de uso general	C2	2.5
Cocina y Horno	C3	6
Lavavajillas, lavadora y termo	C4	4
Baño y cuarto de cocina	C5	2.5

### **7.10.2 Canalizaciones o tubos protectores**

Los tubos protectores utilizados en la instalación interior de la vivienda, serán flexibles normales, que se puedan curvar con las manos (tubo PVC anillado), el cuál debe resistir una temperatura mínima de 60°C.

Hasta 5 conductores de sección 1.5mm<sup>2</sup> se pueden alojar en un tubo de 16mm de diámetro exterior.

Hasta 5 conductores de sección 2.5mm<sup>2</sup> se pueden alojar en un tubo de 16mm de diámetro exterior.

Hasta 3 conductores de sección 4mm<sup>2</sup> se pueden alojar en un tubo de 16mm de diámetro exterior. A partir de 3 conductores de 4mm<sup>2</sup> de sección se utilizarán tubos de 20mm de diámetro exterior.

Hasta 2 conductores de sección 6mm<sup>2</sup> se pueden alojar en un tubo de 16mm de diámetro exterior.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección exterior de este será como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

### **7.10.3 Aparatos de maniobra y mando**

Para los aparatos de maniobra o mando de la instalación interior de la vivienda, tales como pueden ser conmutadores, conmutadores de cruces, interruptores, enchufes etc..., se recomienda el uso del modelo "Simon serie 75" o similar.

### **7.10.4 Cuadro de mando y protección**

Los cuadros de mando y protección se situarán en el interior de la vivienda, cumpliendo con lo especificado en la ITC-17 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE EN 60.439-3 con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK 07 según UNE-EN 50.102.

La envolvente para el interruptor de potencia será precintable.

En el interior de este cuadro se dispondrá de una pletina o borne para la conexión de puesta a tierra.

Dentro de este cuadro, los elementos de protección serán como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y

cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.

- El interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones según ITC-BT-23 si fuese necesario.

Estos dispositivos de protección deben de tener una posición de servicio vertical.

El cuadro de mando y protección se situará cerca de la entrada de la vivienda, a una altura aproximada de 1.80 m, disponiendo de una tapa de material aislante de clase A y que sea autoextinguible. El modelo propuesto de cuadro de mando protección es Mini Pragma empotrable puerta plana. Las características de dicho cuadro deben de ser las siguientes:

- Dimensiones: 222 mm de alto x 280 mm de ancho
- Grado de protección: IP40
- Normativa que cumple: UNE 60439-3
- Resistencia al fuego: IEC 60695-2-1
- Otras características: Fondo y tapa frontal 650° C/30sg
- Módulo para ICP.

#### 7.10.5 Aparatos de protección

Las protecciones eléctricas del interior de la vivienda son las que se contemplan en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en la ITC-BT-25, para un grado de electrificación básica. Según dicha ITC las protecciones colocadas serán:

*Tabla 7.3*

Nombre del circuito	Nomenclatura	Interruptor automático (A)
Iluminación	C1	10
Tomas de uso general	C2	16
Cocina y horno	C3	25
Lavadora, Lavavajillas y termo	C4	20
Baño, cuarto de cocina	C5	16

Las protecciones enumeradas en la tabla anterior se colocaran en el interior de un cuadro de mando y protección de cada una de las viviendas. La única salvedad que cabe destacar, es que, el circuito de alumbrado se alimenta alimentada con corriente continua proveniente del regulador de carga, por lo que se instalará un interruptor automático adaptado a las condiciones de tensión y corriente correspondiente al circuito de continua.

Las protecciones recomendadas para el circuito de alterna son:

- Como protección magnetotérmico el modelo 2P iC60N 6KA Merlin Gerin, con las siguientes características:
  - Circuitos: C2,C3,C4,C5
  - N° de polos: 2
  - Curva de disparo: C
  - Poder de corte: 6 KA
  - Ancho del polo: 16mm
- Las características de la protección diferencial para la instalación tienen que ser las siguientes:
  - Sensibilidad: 30mA
  - N° de polos: 2
  - Clase: AC
  - Ancho por polo: 18mm
  - Tensión:230V

Las protecciones recomendadas para el circuito de continua son:

- Se recomienda como protección magnetotérmica del circuito de iluminación el modelo C32H-DC:
  - Circuito: C1
  - N° de polos: 1
  - Curva de disparo: C
  - Poder de corte: 10KA
  - Ancho del polo: 2 pasos de 9mm

Al ser una instalación eléctrica no conectada a red no es necesario el montaje del interruptor de control de potencia exigido por las compañías distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica, no obstante es recomendable su instalación con el fin de mantener un control de la potencia máxima demandada, por tanto, se propone que se monte un ICP de 2.2kW.

## 8. Mantenimiento

### 8.1 Aspectos generales

Una vez realizada la instalación, se debe llegar a un acuerdo de contrato para el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de todos los elementos de la instalación. Es preferible que este contrato de mantenimiento sea con la misma empresa instaladora que ha realizado el proyecto, pero se puede contratar otra empresa externa dedicada a tal fin.

En estos aspectos generales podemos diferenciar dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo constará de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicas a la instalación deben permitir mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Algunas de las actividades u operaciones que se deben de llevar a cabo son las siguientes:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos.
- Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales, etc.
- Comprobación del estado de los módulos: Situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
- Estructuras soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación, etc.
- Baterías: Nivel de electrolito, limpieza y engrasado de terminales, etc.
- Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores, etc.
- Inversores: estado de indicadores y alarmas.
- Caídas de tensión en el cableado de continua.
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles, etc.

Por otro lado tenemos el mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento es aquel que engloba todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar el buen funcionamiento del sistema durante su vida útil. Algunas de estas actividades son:

- La visita a la instalación en los plazos indicados en el apartado 7.3.5.2 del pliego de condiciones del IDEA y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave de la instalación.

- La visita mencionada en el párrafo anterior, se refiere a que el instalador deberá de acudir en un plazo máximo de 48 horas, a la instalación si esta no funcionara, o en una semana si la instalación puede seguir funcionando incluso con esta avería.
- El análisis y presupuestación de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del periodo de garantía.

Todas las actividades referidas al mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, deben de realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de una empresa instaladora.

Todas las operaciones de mantenimiento, deben de estar registradas en un libro de mantenimiento.

## **8.2 Mantenimiento de los componentes de la instalación**

### **8.2.1 Inversores**

Algunas de las actividades que se pueden realizar para mantener los inversores, no difiere mucho de las especificaciones generales, siendo algunas de estas actividades a realizar las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Comprobar que no exista ninguna alarma de mal funcionamiento de la instalación.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Medición de eficiencia y distorsión armónica.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

### **8.2.2 Reguladores**

Los reguladores al ser también un sistema electrónico al igual que los inversores, algunas de las tareas a realizar serán las mismas. Dichas operaciones que se llevarán a cabo para mantener el regulador en buen estado durante su vida útil son las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

### **8.2.3 Acumuladores**

Los acumuladores es el elemento de la instalación solar fotovoltaica que más mantenimiento requiere, debido a su composición química, pudiendo ser muy perjudicial para el resto de dispositivos si no se lleva un buen mantenimiento de estos elementos. Algunas de las actividades que se deben realizar para mantener los acumuladores son las siguientes:

- Control del funcionamiento de la densidad del líquido electrolítico.
- Inspección visual del nivel de líquido de las baterías.
- Comprobación de las terminales, su conexión y engrase.
- Comprobación de la estanqueidad de la batería.
- Medición de la temperatura dentro de la habitación.
- Comprobación de la ventilación.

### **8.2.4 Cableado y canalizaciones**

Para realizar el plan de mantenimiento del cableado con el fin de su simplificación se estudiará por zonas.

Cuadros de conexión:

- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- Comprobación visual del buen estado del cuadro o caja de conexión, con el fin de conservar sus propiedades de estanqueidad.
- Inspección visual de las señales de los cables y de las señales de advertencia.

Conexión entre módulos:

- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
- Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
- Comprobación visual de que los módulos están conectados correctamente, de acuerdo con el presente proyecto.

Canalizaciones:

- Comprobar el buen estado del conducto o canalización.
- Comprobar que los conductos no estén obstruidos por cuerpos extraños y de ser así, eliminar esta obstrucción.
- Comprobar el buen aislamiento de los cables que circulan por cada uno de ellos.
- Asegurarse de que por cada canalización va el circuito correcto, cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.

### **8.2.5 Protecciones**

Las protecciones son otro de los puntos clave de la instalación, debido a que un fallo en estos elementos puede provocar un daño material o poner en peligro la integridad de los usuarios de la instalación. Por tanto algunas de las actividades que se deben llevar a cabo para que esto no ocurra son las siguientes:

- Control del buen funcionamiento de los interruptores.
- Inspección visual del buen estado del conexionado.
- Control del funcionamiento y de actuación de los elementos de seguridad y protecciones como fusibles, puestas de tierra e interruptores de seguridad.
- Realización de pruebas en cada uno de los elementos de la instalación solar fotovoltaica, debido a que cada uno de ellos lleva incorporado una serie de protecciones.

### **8.2.6 Puesta a tierra**

Para asegurar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra, debemos de realizar el mantenimiento de esta parte de la instalación. Las actividades para tal fin que se deben realizar son las siguientes:

- Revisión anual en la época en el que el terreno se encuentre más seco.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- Medición de la resistividad del terreno.

- Comprobación de la continuidad de la instalación a tierra.
- Comprobación de todas las masas metálicas a tierra.
- Revisión cada 5 años de los conductores de enlace del electrodo con el punto de puesta a tierra.

### **8.2.7 Estructura soporte**

- Comprobar la estructura visualmente con posibles daños o desperfecto causados por la oxidación o por algún agente ambiental.
- Comprobación de que los paneles fotovoltaicos estén bien sujetos a esta.
- Comprobación de que la orientación de estas estructuras sea la adecuada cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.
- Comprobación de que las cimentaciones que sujetan estas estructuras estén en buen estado.

### **8.2.8 Paneles solares**

Con objeto de un rendimiento óptimo de la instalación el buen mantenimiento de los generadores fotovoltaicos es imprescindible. Para tal fin se llevaran a cabo las siguientes acciones:

- Se realizará una inspección visual de la limpieza de estos paneles. En caso de que la acumulación de polvo y suciedad sea elevado, se realizará una limpieza de la superficie.
- Inspección visual de posibles deformaciones, oscilaciones y estado de la conexión a tierra de la carcasa.
- Realización de un apriete de bordes y conexiones y se comprueba el estado de los diodos de protección o antiretorno que evitarán el efecto isla, explicado con anterioridad en la presente memoria.
- Realización de una medición eléctrica para comprobar el rendimiento de los paneles.
- Inspección visual de posibles degradaciones, indicios de corrosión en las estructuras y apriete de los tornillos.

## **9 Garantía**

### **9.1 Ámbito general**

Así pues sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un

defecto de montaje o de cualquier de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

## **9.2 Plazos**

Se garantizará el buen funcionamiento de la instalación durante 3 años para todos los materiales utilizados y para el montaje.

Con respecto de la garantía de los módulos solares, ATERSA ofrece una garantía de los mismos de 10 años.

Con respecto a garantizar la potencia de los módulos fotovoltaicos, se asegura un funcionamiento de 10 años al 90% y 25 años al 80%.

Si hubiera que interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

## **9.3 Condiciones económicas**

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación, podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

#### **9.4 Anulación de la garantía**

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque solo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

#### **9.5 Lugar y tiempo de la prestación**

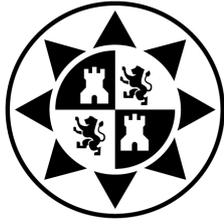
Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador.

Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará al fabricante.

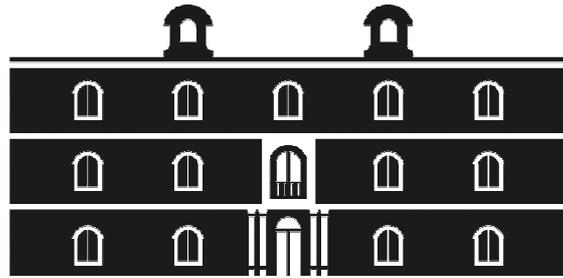
El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

## 3. PRESUPUESTO

## ÍNDICE

1. Aspectos generales.....	1
2. Unidades de obra .....	1
2.1 Instalación fotovoltaica.....	1
2.2 Estructura soporte .....	2
2.3 Cableado de distribución de la instalación .....	2
2.4 Puesta de tierra.....	2
2.5 Zanjas .....	3
2.6 Tubos.....	3
2.8 Equipamiento.....	4
3. Medición .....	4
3.1 Instalación fotovoltaica.....	4
3.2 Estructura soporte .....	5
3.3 Cableado de distribución de la instalación .....	5
3.4 Puesta de tierra.....	6
3.5 Zanjas .....	6
3.6 Tubos.....	6
3.8 Equipamiento.....	7
4. Cálculo total del presupuesto.....	7
5. Resumen del presupuesto.....	10

## 1. Aspectos generales

El presente presupuesto indicará el coste total para la correcta realización de la instalación.

Este documento será entregado al propietario final de la instalación para que realice el abono de la misma, en los plazos indicados en el capítulo “Pliego de Condiciones”.

## 2. Unidades de obra

En este apartado se hará un desglose de precios según la función que realice el elemento en cuestión.

### 2.1 Instalación fotovoltaica

Numeración	Descripción	Precio unitario
01	Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 290Wp, modelo Ultra A-290P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/+5W. Garantía de 10 años.	186.94
02	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Maestro de 50A 48V, con display digital y teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades. Incluye alarmas para señales remotas.	304.13
03	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Esclavo de 50A 48V, sin display ni teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades.	211.98
04	Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 749 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C120, marca Tudor modelo 6.7 Enersol T760	633.88
05	Inversor Tauro onda senoidal BC 5048 48V <sub>cc</sub> /220V <sub>ca</sub> 5000W con ventilación forzada, marca Atersa modelo BC-5048/V	1264.46

## 2.2 Estructura soporte

Numeración	Descripción	Precio unitario
06	MSP-HDG-RP 2.7m, barra de hincado, marca Hilti.	78.29
07	MSP-HDG-RP 1.8m, barra de hincado, marca Hilti.	46.55
08	Riostra 1.75m, marca Hilti.	25.72
09	MSP-AL-BP placa base M12, marca Hilti.	4.48
10	MSP-AL-BP placa aislante, marca Hilti.	0.42
11	M12x100 A2 tornillo hexagonal autoblocante, marca Hilti.	1.32
12	M12 A4 tuerca hexagonal, marca Hilti.	0.61
13	MSP-AL-LC 6m carril longitudinal, marca Hilti.	11.83
14	MSP-AL-TC 2.8m carril transversal, marca Hilti.	43.48
15	MSP-AL-XC conector de cruce, marca Hilti.	1.41
16	MSP-AL-BC conector básico, marca Hilti.	7.92
17	MSP-MC 38-48 pinza central, marca Hilti.	1.18
18	MSP-EC 40 pinza central, marca Hilti.	1.36
19	MSP-MC 38-42 pinza central, marca Hilti.	1.27
20	MSP-EC 40 pinza final, marca Hilti.	1.46
21	Conector MSP-AL-LS 100 0.5m, marca Hilti.	7.73
22	Tornillo autoblocante S-MD035, marca Hilti.	0.16

## 2.3 Cableado de distribución de la instalación

Numeración	Descripción	Precio unitario
23	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	0.89
24	Conductor de cobre 16mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	2.11
25	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	4.69
26	Conductor de cobre 50mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	7.19
27	Conductor de cobre 70mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	10.17

## 2.4 Puesta de tierra

Numeración	Descripción	Precio unitario
28	Pica de puesta a tierra 1500x14 mm 150 micras lisa	9.92
29	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	0.56
30	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	1.45
31	Conductor de cobre 50mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	3.14
32	Arqueta de puesta a tierra circular de poliéster AC-CP 20, marca KLK	76.86
33	Embarrado de conexionado a tierra EC 70-3, 3 grapas, acero inoxidable, 25-70mm <sup>2</sup> , marca KLK	53.11
34	Arqueta de interconexión, AC-RP-60 740x460x280 de poliéster, suministrado por KLK	148.65

## 2.5 Zanjas

Numeración	Descripción	Precio unitario
35	Excavación de zanja y relleno de la misma a máquina en terrenos flojos, según la tabla de precios del HE4.	4.69
36	Cinta señalizadora de peligro riesgo eléctrico.	0.21

## 2.6 Tubos

Numeración	Descripción	Precio unitario
37	Tubo corrugado de 40mm <sup>2</sup> , suministrado por mercantilectrico.	0.31
38	Tubo rígido para soterrar de 160mm <sup>2</sup> suministrado por mercantilectrico.	3.59

## 2.8 Equipamiento

Numeración	Descripción	Precio unitario
39	Caja estanca para el conexionado de los conductores de tierra IP66 125x125x75. Marca Saip.	15.39
40	Armario intemperie, modelo GLV-100A-1-BUC tamaño 00, suministrado por Safybox.	140.91
41	Base portafusibles NH tripolar suministrado por Df electric.	31.24
42	Fusible NH0 S gG 200A, suministrado por Df electric.	10.52
43	Fusible NH000S gG 63A, suministrado por Df electric.	4.05

## 3. Medición

En este apartado se hará un desglose de la cantidad de elementos necesarios para la realización de la instalación, en base a lo expuesto en el presente proyecto.

### 3.1 Instalación fotovoltaica

Numeración	Descripción	Medición
01	Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 290Wp, modelo Ultra A-290P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/+5W. Garantía de 10 años.	30
02	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Maestro de 50A 48V, con display digital y teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades. Incluye alarmas para señales remotas.	2
03	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Esclavo de 50A 48V, sin display ni teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades.	4
04	Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 749 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C120, marca Tudor modelo 6.7 Enersol T760	32
05	Inversor Tauro onda senoidal BC 5048 48V <sub>cc</sub> /220V <sub>ca</sub> 5000W con ventilación forzada, marca Atersa modelo BC-5048/V	2

### 3.2 Estructura soporte

Numeración	Descripción	Medición
06	MSP-HDG-RP 2.7m, barra de hincado, marca Hilti.	6
07	MSP-HDG-RP 1.8m, barra de hincado, marca Hilti.	6
08	Riostra 1.75m, marca Hilti.	6
09	MSP-AL-BP placa base M12, marca Hilti.	12
10	MSP-AL-BP placa aislante, marca Hilti.	12
11	M12x100 A2 tornillo hexagonal autoblocante, marca Hilti.	40
12	M12 A4 tuerca hexagonal, marca Hilti.	12
13	MSP-AL-LC 6m carril longitudinal, marca Hilti.	6
14	MSP-AL-TC 2.8m carril transversal, marca Hilti.	18
15	MSP-AL-XC conector de cruce, marca Hilti.	18
16	MSP-AL-BC conector básico, marca Hilti.	12
17	MSP-MC 38-48 pinza central, marca Hilti.	24
18	MSP-EC 40 pinza central, marca Hilti.	12
19	MSP-MC 38-42 pinza central, marca Hilti.	24
20	MSP-EC 40 pinza final, marca Hilti.	12
21	Conector MSP-AL-LS 100 0.5m, marca Hilti.	1
22	Tornillo autoblocante S-MD035, marca Hilti.	1

### 3.3 Cableado de distribución de la instalación

Numeración	Descripción	Medición
23	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	18
24	Conductor de cobre 16mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	4
25	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	16
26	Conductor de cobre 50mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	90
27	Conductor de cobre 70mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	132

### 3.4 Puesta de tierra

Numeración	Descripción	Medición
28	Pica de puesta a tierra 1500x14 mm 150 micras lisa	4
29	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	8
30	Conductor de cobre 16mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	25
31	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilectrico.	60
32	Arqueta de puesta a tierra	1
33	Embarrado de conexionado a tierra EC 70-3, 3 grapas, acero inoxidable, 25-70mm <sup>2</sup> , marca KLK	2
34	Arqueta de interconexión, AC-RP-60 740x460x280 de poliéster, suministrado por KLK	1

### 3.5 Zanjas

Numeración	Descripción	Medición
35	Excavación de zanja y relleno de la misma a máquina en terrenos flojos, según la tabla de precios del HE4.	50
36	Cinta señalizadora de peligro riesgo eléctrico.	50

### 3.6 Tubos

Numeración	Descripción	Medición
37	Tubo corrugado de 40mm <sup>2</sup> , suministrado por mercantilectrico.	20
38	Tubo rígido para soterrar de 160mm <sup>2</sup> suministrado por mercantilectrico.	150

### 3.8 Equipamiento

Numeración	Descripción	Medición
39	Caja estanca para el conexionado de los conductores de tierra IP66 125x125x75. Marca Saip.	3
40	Armario intemperie, modelo GLV-100A-1-BUC tamaño 00, suministrado por Safybox.	1
41	Base portafusibles NH tripolar suministrado por Df electric.	3
42	Fusible NH0 S gG 200A, suministrado por Df electric.	4
43	Fusible NH000S gG 63A, suministrado por Df electric.	6

### 4. Cálculo total del presupuesto

Numeración	Descripción	Medición	Precio ud.	Total
01	Módulo solar fotovoltaico marca Atersa cristalino de 290Wp, modelo Ultra A-290P, 72 células de 6". Marco Hook4, caja Quad, conexión rápida MC-4. Tolerancia 0/+5W. Garantía de 10 años.	30	186.94	5608.2
02	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Maestro de 50A 48V, con display digital y teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades. Incluye alarmas para señales remotas.	2	304.13	608.26
03	Regulador de carga, marca Atersa modelo LEO 20 Esclavo de 50A 48V, sin display ni teclado. Incorpora protecciones contra sobretensiones y sobreintensidades.	4	211.98	847.92
04	Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 2V, 749 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C120, marca Tudor modelo 6.7 Enersol T760	32	633.88	20284.16
05	Inversor Tauro onda senoidal BC 5048 48V <sub>cc</sub> /220V <sub>ca</sub> 5000W con ventilación forzada, marca Atersa modelo BC-5048/V	2	1264.46	2528.92
06	MSP-HDG-RP 2.7m, barra de hincado, marca Hilti.	6	78.29	469.74

07	MSP-HDG-RP 1.8m, barra de hincado, marca Hilti.	6	46.55	279.3
08	Riostra 1.75m, marca Hilti.	6	25.72	154.32
09	MSP-AL-BP placa base M12, marca Hilti.	12	4.48	53.76
10	MSP-AL-BP placa aislante, marca Hilti.	12	0.42	5.04
11	M12x100 A2 tornillo hexagonal autoblocante, marca Hilti.	40	1.32	52.8
12	M12 A4 tuerca hexagonal, marca Hilti.	12	0.61	7.32
13	MSP-AL-LC 6m carril longitudinal, marca Hilti.	6	11.83	70.98
14	MSP-AL-TC 2.8m carril transversal, marca Hilti.	18	43.48	782.64
15	MSP-AL-XC conector de cruce, marca Hilti.	18	1.41	25.38
16	MSP-AL-BC conector básico, marca Hilti.	12	7.92	95.04
17	MSP-MC 38-48 pinza central, marca Hilti.	24	1.18	28.32
18	MSP-EC 40 pinza central, marca Hilti.	12	1.36	16.32
19	MSP-MC 38-42 pinza central, marca Hilti.	24	1.27	30.48
20	MSP-EC 40 pinza final, marca Hilti.	12	1.46	17.52
21	Conector MSP-AL-LS 100 0.5m, marca Hilti.	1	7.73	7.73
22	Tornillo autoblocante S-MD035, marca Hilti.	1	0.16	0.16
23	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	18	0.89	16.02
24	Conductor de cobre 16mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	4	2.11	8.44
25	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	16	4.69	75.04
26	Conductor de cobre 50mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	90	7.19	647.1
27	Conductor de cobre 70mm <sup>2</sup> RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables.	132	10.17	1342.44
28	Pica de puesta a tierra 1500x14 mm 150 micras lisa	4	9.92	39.68
29	Conductor de cobre 6mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilelectrico.	8	0.56	4.48
30	Conductor de cobre 16mm <sup>2</sup> para la	25	1.45	35.25

	puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilelectrico.			
31	Conductor de cobre 35mm <sup>2</sup> para la puesta a tierra, flexible y libre de halógenos, suministrado por mercantilelectrico.	60	3.14	188.4
32	Arqueta de puesta a tierra circular de poliéster AC-CP 20, marca KLK	1	76.86	76.86
33	Embarrado de conexionado a tierra EC 70-3, 3 grapas, acero inoxidable, 25-70mm <sup>2</sup> , marca KLK	2	53.11	106.22
34	Arqueta de interconexión, AC-RP-60 740x460x280 de poliéster, suministrado por KLK	148.65	1	148.65
35	Excavación de zanja y relleno de la misma a máquina en terrenos flojos, según la tabla de precios del HE4.	50	4.69	234.5
36	Cinta señalizadora de peligro riesgo eléctrico.	50	0.21	10.5
37	Tubo corrugado de 40mm <sup>2</sup> , suministrado por mercantilelectrico.	20	0.31	6.2
38	Tubo rígido para soterrar de 160mm <sup>2</sup> suministrado por mercantilelectrico.	150	3.59	538.5
39	Caja estanca para el conexionado de los conductores de tierra IP66 125x125x75. Marca Saip.	3	15.39	46.17
40	Armario intemperie, modelo GLV-100A-1-BUC tamaño 00, suministrado por Safybox.	1	140.91	140.91
41	Base portafusibles NH tripolar suministrado por Df electric.	3	31.24	93.72
42	Fusible NH0 S gG 200A, suministrado por Df electric.	4	10.52	42.08
43	Fusible NH000S gG 63A, suministrado por Df electric.	6	4.05	24.3
<b>TOTAL: 35799.77€</b>				

## 5. Resumen del presupuesto

<b>Instalación fotovoltaica</b>	29877.46€
<b>Estructura soporte</b>	2096.85€
<b>Cableado de distribución de la instalación</b>	2089.04€
<b>Puesta a tierra</b>	559.54€
<b>Zanjas</b>	245€
<b>Tubos</b>	544.7€
<b>Equipamiento</b>	347.18€
<b>Total</b>	35799.77€

<b>Total + 21% IVA</b>	43317.72€
<b>Beneficio industrial del 6%</b>	2599.06€
<b>Mano de obra</b>	800€
<b>Inversión</b>	46716.78€



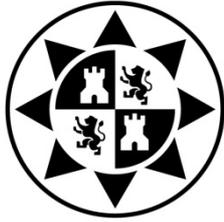
Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**

etsii UPCT

## 4. PLANOS



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# ANEXO 1: TABLAS Y GRÁFICAS

# ÍNDICE

1. Elementos fotovoltaicos .....	1
1.1 Generadores fotovoltaicos .....	1
1.1.1 Características .....	1
1.1.2 Curvas características.....	2
1.2 Inversor .....	3
1.2.1 Características .....	3
1.2.2 Curvas características.....	4
1.3 Regulador de carga .....	5
1.3.1 Regulador esclavo .....	5
1.3.1.1 Características .....	5
1.3.2 Regulador maestro.....	6
1.3.2.1 Características .....	6
1.4 Baterías .....	7
1.4.1 Características .....	7
2. Tabla de radiaciones.....	8
3. Días de autonomía.....	9

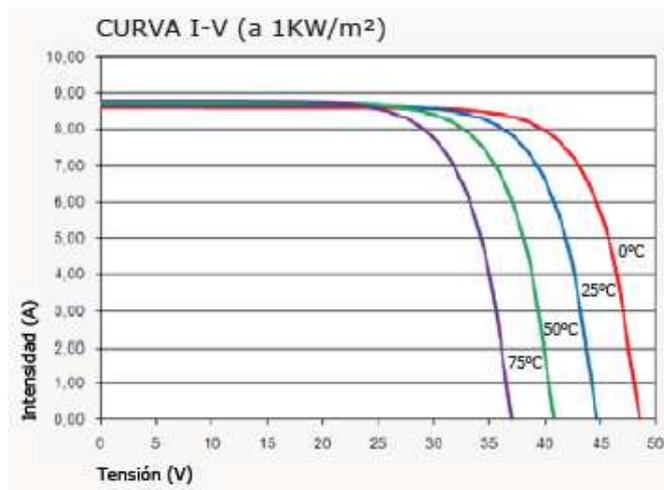
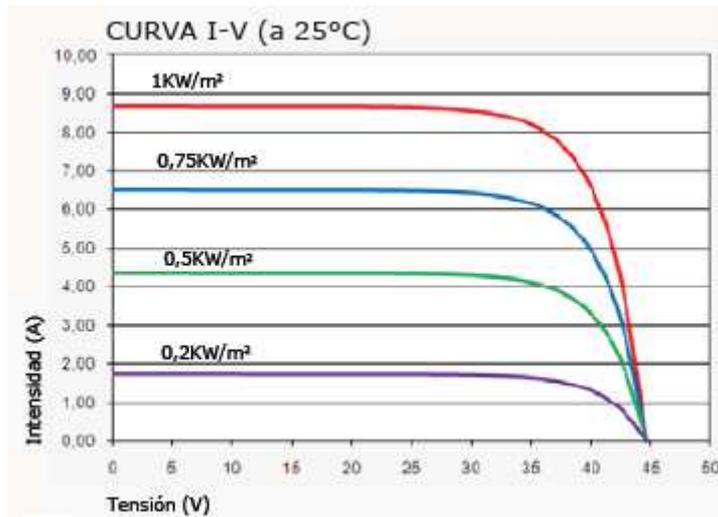
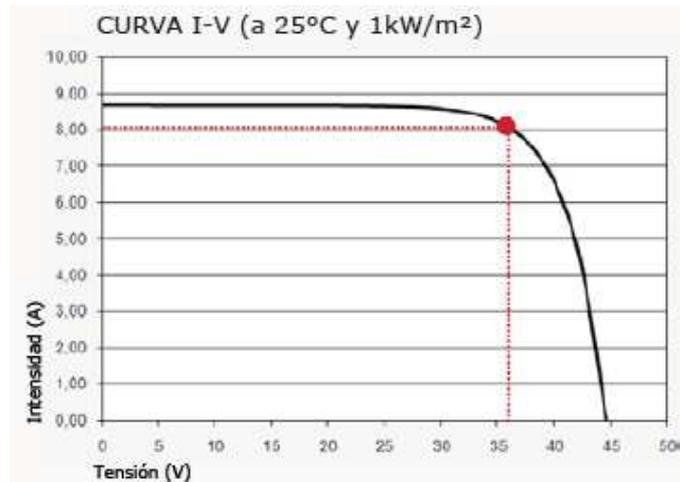
# 1. Elementos fotovoltaicos

## 1.1 Generadores fotovoltaicos

### 1.1.1 Características

Características eléctricas (STC: 1kW/m <sup>2</sup> , 25°C±2°C y AM 1,5)*	
	<b>A-290P</b>
Potencia Nominal (0/+5 W)	290 W
Eficiencia del módulo	14,91%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,07 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	35,93 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,67 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	44,67 V
Parámetros térmicos	
Coefficiente de Temperatura de Isc ( $\alpha$ )	0,04% /°C
Coefficiente de Temperatura de Voc ( $\beta$ )	-0,32% /°C
Coefficiente de Temperatura de P ( $\gamma$ )	-0,43% /°C
Características físicas	
Dimensiones (mm ± 2mm)	1965x990x40
Peso (kg)	24
Área (m <sup>2</sup> )	1,95
Tipo de célula	Policristalina 156x156mm (6 pulgadas)
Células en serie	72 (6x12)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 4 mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones / Opcional	QUAD IP54 / QUAD IP65
Cables	Cable Solar 4mm <sup>2</sup> 1250 mm
Conectores	MC4 o combinable MC4
Rango de funcionamiento	
Marco	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m <sup>2</sup> )
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

### 1.1.2 Curvas características

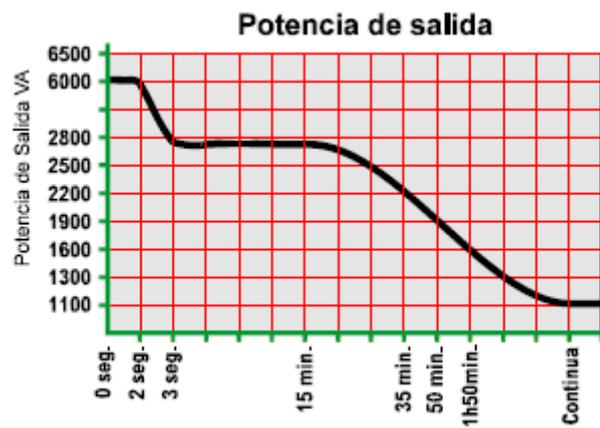
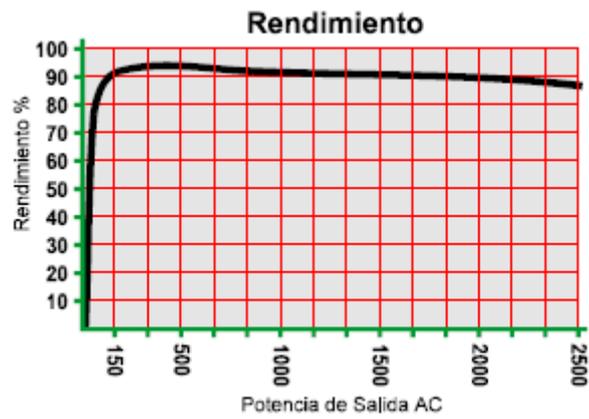


## 1.2 Inversor

### 1.2.1 Características

MODELO	848	1548	2548	2548/V	5048/V
Potencia Nominal a 20°C	800 VA	1500 VA	2500 VA	2500 VA	5000 VA
Tensión Nominal de Entrada	48 Vdc				
Rango Tensión de Entrada (Vdc)	40-64				
Desconexión Automática Baja Tensión (Vdc)	43.8-46.4				
Potencia Pico de Arranque					
Intensidad máxima de Pico de Arranque en DC	150 A		180 A		350 A
Forma de Onda	Senoidal Pura				
Tensión Nominal de Salida	230 Vac o 110 Vac (según modelo)				
Rango Tensión de salida	± 7 %				
Frecuencia Nominal de Salida	50 Hz o 60Hz (según modelo)				
Rango Frecuencia de salida	± 0,1 Hz				
Distorsión Armónica Media	< 4 %				
Rendimiento Máximo	93 %				
Potencia en Régimen Constante	800 VA	900 VA	1100 VA	2300 VA	4200 VA
Opción de tensión de salida 110V y 60Hz			Sí		Sí
Sensibilidad para Arranque Automático					
Consumo aprox. en Vacío a tensión nominal generando AC.	0.15 A	0.25 A	0.30 A		0.86 A
Consumo Medio en automático	32 mA		38 mA		90 mA
Consumo Mínimo en automático		25 mA			25 mA
Sistema de Aislamiento	VDE-0550				
Fomato (ver página siguiente)	A		B		
Sistema de Refrigeración (por convección)	Natural		Forzada		
Rango de Temperatura de Trabajo					
Humedad Relativa Máxima (sin condensación)					
Dimensiones aprox. (en mm.)	425x250x195			678x330	
Peso (aprox.)	14 Kg	17 Kg	19 Kg	34 Kg	
Índice de protección	IP20				
Material envolvente	Chapa de Aluminio pintada con resina EPOXI				
Tornillería	Acero Inox				

## 1.2.2 Curvas características



## 1.3 Regulador de carga

### 1.3.1 Regulador esclavo

#### 1.3.1.1 Características

<b>Características eléctricas</b>		
Tensión Nominal (V)(*)	12 / 24	48
Tensión máx Trabajo (V)	45	90
Consumo medio regulador (mA)	10	
Corriente máx. Paneles Constante (A) $I_N$	50	
Corriente máx. Consumo Constante (A) $I_N$	50	
Corriente máx. Paneles durante 1 minuto (A) $1.2 \cdot I_N$	60	
Corriente max. Consumo durante 1 minuto (A) $1.2 \cdot I_N$	60	
Corriente de cortocircuito en paneles (A)	50	
Corriente de cortocircuito en consumo (A)	-	
Tiempo de detección de cortocircuito.	< 500 $\mu$ s	
Rango de Temperatura de funcionamiento	-20..+40 °C	
Rango de Temperatura de almacenamiento	-20..+75 °C	
Precisión Medida Tensión	2 % FS + 2 dígitos	
Resolución interna de la Tensión	0.1 V	
Resolución de la Corriente	0.01 A	
Teclado 4 teclas.	NO	
Display LCD bajo consumo	SI	
Humedad relativa ( sin condensaciones)	< 90%	
Altura máxima de trabajo (**)	2500m	

### 1.3.2 Regulador maestro

#### 1.3.2.1 Características

Tensiones de Regulación	PbA 12/24/48V		Gel 12/24/48V	
	Min (V)	Max (V)	Min (V)	Max (V)
Ecualización o igualación	15.0/30.0/60.0	15.2/30.4/60.8	-	-
Carga profunda	14.7/29.4/58.8	14.8/29.6/59.2	14.1/28.2/56.4	14.4/28.8/57.6
Flotación alta	14.0/28.0/56.0	14.1/28.2/56.4	13.5/27.0/54.0	13.8/27.6/55.2
Flotación baja	13.6/27.2/54.4	13.7/27.4/54.8	13.2/26.4/52.8	13.3/26.6/53.2

Tensiones de control	12/24/48V
Tensión máxima de batería	15.6/31.2/62.4
Tensión de reconexión de consumo tras tensión baja de batería	12.4/24.8/49.6
Tensión de alarma por tensión baja de batería	11.8/23.6/47.2
Tensión de desconexión de consumo por tensión baja de batería	11.6/23.2/46.4
Tensión de batería deteriorada o desconectada	9.5/19.0/38.0

Parámetros del proceso	Valor	Unidad
Tiempo en estado de ecualización o igualación	180	min.
Tiempo en estado de carga profunda	120	seg.
Tiempo en estado de flotación alta *	120	min.
Tiempo de afianzamiento de alarmas por tensión	10	seg.
Tiempo de afianzamiento de alarmas por intensidad	5	seg.
Tiempo de espera tras cortocircuito	10	seg.
Tiempo de espera tras alarmas por tensión	10	seg.
Tiempo de espera tras alarmas por intensidad	10	seg.
Días entre ecualizaciones *	30	días

## 1.4 Baterías

### 1.4.1 Características

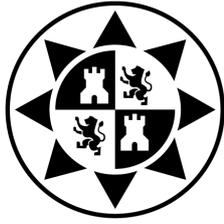
TIPO	Capacidad Ah en C120 a 25° y tensión final Tensión del elemento de 1,85V	Dimensiones por elemento (mm)			Peso (kg. pot elemento con ácido)
		Ancho	Largo	Alto	
6.7 Enersol T 760	779	198,50	137	508	31,0

## 2. Tabla de radiaciones

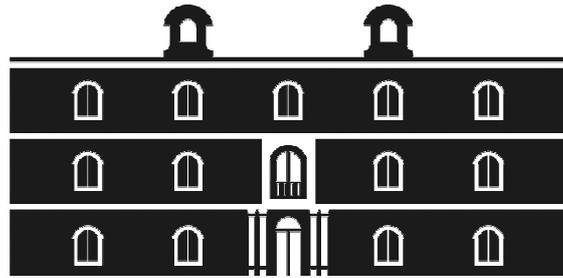
Month	$H_{opt}$	$H(35)$	$H(36)$	$H(37)$	$H(38)$	$H(39)$	$H(40)$
Jan	4100	4130	4160	4190	4220	4250	4280
Feb	4640	4670	4690	4710	4730	4750	4770
Mar	5620	5630	5640	5650	5650	5660	5660
Apr	5730	5720	5710	5690	5670	5650	5630
May	6200	6160	6130	6100	6060	6020	5980
Jun	6380	6330	6290	6240	6200	6150	6100
Jul	6570	6530	6490	6440	6400	6350	6300
Aug	6280	6260	6230	6210	6180	6150	6130
Sep	5860	5860	5860	5850	5850	5850	5840
Oct	5120	5140	5160	5180	5190	5210	5220
Nov	3860	3880	3910	3930	3950	3970	4000
Dec	3770	3810	3840	3870	3900	3930	3960
<b>Year</b>	5350	5350	5350	5340	5340	5330	5330
Month	$H(41)$	$H(42)$	$H(43)$	$H(44)$	$H(45)$	$H(50)$	$H(55)$
Jan	4300	4330	4350	4380	4400	4490	4550
Feb	4780	4800	4810	4830	4840	4880	4890
Mar	5660	5660	5660	5650	5650	5600	5520
Apr	5610	5590	5570	5540	5520	5360	5180
May	5940	5900	5850	5810	5770	5520	5240
Jun	6050	5990	5940	5890	5830	5530	5210
Jul	6250	6200	6150	6100	6050	5750	5430
Aug	6100	6060	6030	5990	5960	5760	5520
Sep	5830	5830	5820	5800	5790	5700	5580
Oct	5240	5250	5260	5260	5270	5290	5270
Nov	4020	4030	4050	4070	4080	4150	4180
Dec	3980	4010	4030	4060	4080	4180	4250
<b>Year</b>	5320	5310	5300	5290	5270	5190	5070

### 3. Días de autonomía

Provincia	Máximo	Mínimo	Normal	Provincia	Máximo	Mínimo	Normal
Álava	25	20	15	León	23	18	14
Albacete	19	15	11	Lérida	23	18	14
Alicante	16	13	10	Lugo	24	19	14
Almería	15	12	9	Madrid	20	16	12
Asturias	24	19	14	Málaga	15	12	9
Ávila	22	18	13	Melilla	13	10	8
Badajoz	20	16	12	Murcia	15	12	9
Baleares	19	15	11	Navarra	24	19	14
Barcelona	20	16	12	Orense	24	19	14
Burgos	24	19	14	Palencia	24	19	14
Cáceres	19	15	11	Las Palmas	8	6	5
Cádiz	16	13	10	Pontevedra	21	17	13
Cantabria	24	19	14	La Rioja	23	18	14
Castellón	17	14	10	Salamanca	22	18	13
Ceuta	13	10	8	Sta. Tenerife	12	10	7
Ciudad Real	19	15	11	Segovia	22	18	13
Córdoba	18	14	11	Sevilla	18	14	11
La Coruña	22	18	13	Soria	21	17	13
Cuenca	21	17	13	Tarragona	19	15	11
Gerona	19	15	11	Teruel	22	18	13
Granada	17	14	10	Toledo	21	17	13
Guadalajara	21	17	13	Valencia	19	15	11
Guipúzcoa	23	18	14	Valladolid	25	20	15
Huelva	16	13	10	Vizcaya	24	19	14
Huesca	22	18	13	Zamora	24	19	14



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# ANEXO 2: PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

# ÍNDICE

1. Memoria .....	1
1.1 Objeto de este estudio .....	1
1.2 Características de la obra .....	1
1.2.1 Descripción de la obra y situación.....	1
1.2.2 Problemática del solar .....	1
1.2.2.1 Topografía y superficie.....	1
1.2.2.2 Características y situación de los servicios y servidumbres existentes.....	1
1.2.3 Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra .....	2
1.2.4 Identificación de los autores del estudio de seguridad y salud .....	2
1.3 Trabajos previos a la realización de la obra.....	2
1.4 Servicios higiénicos, vestuario, comedor y oficina de obra.....	2
1.5 Riesgos .....	2
1.5.1 Riesgos detectables más comunes.....	2
1.5.2 Medidas preventivas.....	2
1.6 Fases de la ejecución de la obra.....	3
1.6.1 Movimiento de tierras .....	3
1.6.1.1 Riesgos en el movimiento de tierras.....	4
1.6.1.2 Medidas preventivas.....	4
1.6.1.3 Prendas de protección .....	4
1.6.2 Cimentación.....	4
1.6.2.1 Riesgos en la cimentación .....	5
1.6.2.2 Medidas preventivas.....	5
1.6.2.3 Prendas de protección .....	5
1.6.3 Montaje de estructura soporte.....	5
1.6.3.1 Riesgos en el montaje de la estructura .....	5
1.6.3.2 Medidas preventivas.....	5
1.6.3.3 Prendas de protección .....	6
1.6.4 Montaje de los módulos fotovoltaicos .....	6
1.6.4.1 Riesgos del montaje de los módulos .....	6
1.6.4.2 Medidas preventivas.....	6

1.6.4.3 Prendas de protección .....	7
1.6.5 Montaje de los elementos solares .....	7
1.6.5.1 Riesgos de la colocación de los elementos solares.....	7
1.6.5.2 Medidas preventivas.....	7
1.6.5.3 Prendas de protección .....	7
1.6.6 Colocación del cableado y conexionado.....	8
1.6.6.1 Riesgos en la colocación del cableado.....	8
1.6.6.2 Medidas preventivas.....	8
1.6.6.3 Prendas de protección .....	8
1.7 Medios auxiliares .....	8
1.7.1 Grúa .....	8
1.7.1.2 Riesgos de utilización de la grúa.....	9
1.7.1.3 Medidas preventivas.....	9
1.7.2 Escaleras.....	10
1.7.2.1 Riesgos de utilización de escaleras .....	10
1.7.2.2 Medidas preventivas.....	10
1.8 Maquinaria de obra .....	10
1.8.1 Maquinaria en general .....	10
1.8.1.1 Riesgos de la utilización de maquinaria .....	10
1.8.1.2 Medidas preventivas.....	11
1.8.1.3 Prendas de protección .....	11
1.8.2 Maquinaria para el movimiento de tierras .....	12
1.8.2.1 Riesgos de la maquinaria de movimiento de tierras .....	12
1.8.2.2 Medidas preventivas.....	12
1.8.2.3 Prendas de protección .....	12
1.8.3 Camión basculante .....	13
1.8.3.1 Riesgos por el uso de camión basculante .....	13
1.8.3.2 Medidas preventivas.....	13
1.8.3.3 Prendas de protección .....	13
1.8.4 Otros .....	13
1.8.4.1 Medidas preventivas.....	14
1.8.4.2 Prendas de protección .....	14

1.8.5 Soldadura con arco eléctrico.....	14
1.8.5.1 Riesgos mientras se realiza la soldadura.....	14
1.8.5.2 Medidas preventivas.....	15
1.8.5.3 Prendas de protección.....	15
1.8.6 Herramienta en general.....	16
1.8.6.1 Riesgos del uso de herramientas eléctricas.....	16
1.8.6.2 Medidas preventivas.....	16
1.8.6.3 Prendas de protección.....	17
1.8.7 Herramientas manuales.....	17
1.8.7.1 Riesgos del uso de herramientas manuales.....	17
1.8.7.2 Medidas preventivas.....	17
1.8.7.3 Prendas de protección.....	18
1.9 Zonas de riesgo.....	18
2. Pliego de condiciones.....	19
2.1 Normativa de aplicación.....	19
2.1.1 Generales.....	19
2.1.2 Señalizaciones.....	19
2.1.3 Equipos de protección individual.....	19
2.1.4 Equipos de trabajo.....	19
2.1.5 Seguridad en máquinas.....	19
2.1.6 Protección acústica.....	20
2.1.7 Otras.....	20
2.2 Condiciones técnicas de los medios de protección.....	20
2.2.1 Protección personal.....	20
2.2.2 Protección colectiva.....	21
2.3 Condiciones técnicas de la maquinaria.....	21
2.4 Condiciones técnicas de la instalación.....	21
2.5 Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar.....	22
2.6 Organización de la seguridad.....	23
2.6.1 Servicios de prevención.....	23
2.6.2 Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.....	24
2.6.3 Formación.....	24

2.6.4 Reconocimiento médico .....	24
2.7 Obligaciones de las partes implicadas.....	24
2.7.1 De la propiedad .....	24
2.7.2 De la empresa instaladora .....	24
2.7.3 Del coordinador de seguridad y salud .....	25
2.8 Normas para la certificación de elementos de seguridad.....	25
2.9 Plan de seguridad y salud.....	25

# **1. Memoria**

## **1.1 Objeto de este estudio**

El objetivo de este estudio de Seguridad y Salud, es exponer una serie de riesgos a tener en cuenta mientras se realiza la instalación, para poder prevenir posibles accidentes.

Se darán unas directrices, las cuales tendrán que cumplir la empresa instaladora encargada de la obra.

Para el cumplimiento de dichas directrices se nombrará un Coordinador en materia de Seguridad y salud, que ejecutará la obra de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997, en el cual se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud.

## **1.2 Características de la obra**

### **1.2.1 Descripción de la obra y situación**

La obra se realizará en la zona de Tallante, la cual está referida a la instalación de una serie de placas solares, sobre sus respectivas estructuras soporte, así como la instalación de los elementos electrónicos necesarios para el control y regulación de la energía generada por dichas placas.

Además, se necesitará la excavación de zanjas, por las cuales irán soterrados bajo tubo los conductores de fase y tierra.

### **1.2.2 Problemática del solar**

#### **1.2.2.1 Topografía y superficie**

La parcela de terreno donde se van a instalar las estructuras soporte donde irán alojadas los módulos solares, tendrá una superficie de 80m<sup>2</sup>, teniendo una pequeña inclinación inapreciable, y a una altura sobre el nivel del mar de 220m.

Con respecto a la composición del terreno, se clasifica como calizas blandas.

#### **1.2.2.2 Características y situación de los servicios y servidumbres existentes**

A unos 20m de distancia de donde se van a situar los paneles fotovoltaicos, se encuentra un pozo para la extracción de agua para regadío.

### **1.2.3 Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra**

- Presupuesto: 46716.78€
- Plazo de ejecución: El plazo de ejecución desde el inicio de las obras hasta su finalización será de 1 semana.
- Personal previsto: El número de operarios que se prevé estén simultáneamente será de un máximo de 7.

### **1.2.4 Identificación de los autores del estudio de seguridad y salud**

El autor del presente estudio básico de seguridad y salud es Juan Peñaranda Bernal.

### **1.3 Trabajos previos a la realización de la obra**

Dentro del vallado de perímetro se encuentra una serie de escombros procedentes de una antigua construcción, por tanto se deberá desalojar dichos escombros.

### **1.4 Servicios higiénicos, vestuario, comedor y oficina de obra**

Como la obra no es de larga duración, ni el personal que en ella habrá es muy elevado, no será necesaria la instalación de un comedor ni oficina de obra.

Lo que si se necesitará será la instalación de un inodoro portátil.

### **1.5 Riesgos**

#### **1.5.1 Riesgos detectables más comunes**

- Caídas al mismo nivel.
- Cortes en las manos u otras partes del cuerpo.
- Contactos eléctricos indirectos y directos.

#### **1.5.2 Medidas preventivas**

- Sistemas de protección contra contactos directos e indirectos: Para evitar este tipo de contactos, lo que se debe de hacer es dejar las partes activas de una instalación lo más alejadas e inaccesibles que se pueda, con el fin de evitar tocar dichas partes activas de forma accidental. Además mientras se esté trabajando con partes activas, se tiene que cortar el suministro eléctrico.
- Sistemas de protección en cableado: Para evitar una electrocución, el cableado deberá de ser de la sección y características especificadas en la memoria, con el fin de evitar fallos en la instalación que pongan en peligro al personal de la misma.

Además se tendrá en cuenta, que en los tramos que el cableado no se encuentre soterrado, deberá de ir bajo tubo, ya sea empotrado o de superficie.

- En caso de tener empalmes se deberán realizar lo más altos posible y en cajas estancas antihumedad.
- En cuanto a los interruptores se deberá de cumplir lo especificado en la memoria, instalándose en sus cajas normalizadas y con las características oportunas.
- Para los cuadros eléctricos si son tipo intemperie, serán metálicos con puerta y cerradura de seguridad según la norma UNE-20324, tendrán una IP44 como mínimo y estarán conectados a tierra.
- Para las tomas de corriente irán situadas a una distancia mínima del suelo de 0.5m y si son de tipo intemperie tendrán que ser estancas.
- En cuanto a las protecciones de los circuitos deberán de ir en el interior de un cuadro cuyas características están descritas en la memoria descriptiva del presente proyecto y a una altura mínima del suelo.
- En cuanto a la puesta de tierra, todos los elementos metálicos de la instalación deberán de ir puestos a tierra, para evitar posibles contactos indirectos.

Para evitar posibles confusiones, este conductor de puesta a tierra, deberá de tener los colores amarillo\verde para su identificación.

Además todas las características necesarias para su colocación en la instalación estarán recogidas en la memoria descriptiva del presente proyecto.

- Para el mantenimiento de la instalación, solo estará acreditado para el mismo, instaladores autorizados y preferiblemente, lo realizará la empresa encargada de la ejecución del proyecto.

Las labores de mantenimiento no se realizarán bajo ningún concepto en tensión.

- En cuanto a las zanjas que llevan el cableado, deberán de llevar una cinta indicadora de peligro eléctrico.

## **1.6 Fases de la ejecución de la obra**

### **1.6.1 Movimiento de tierras**

Lo primero que se deberá hacer es desalojar los escombros del recinto donde van a estar situados los módulos fotovoltaicos.

A continuación se realizarán las zanjas necesarias para alojar los tubos que llevarán en su interior el cableado necesario para el funcionamiento de la instalación.

Por último se rellenaran las zanjas de la forma indicada en la memoria descriptiva, en el apartado de zanjas, utilizando para rellenarlas la misma tierra desalojada.

#### **1.6.1.1 Riesgos en el movimiento de tierras**

Los riesgos más comunes en el movimiento de tierras son los siguientes:

- Desplome de tierras en general.
- Caídas de vehículos, o personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Atropellos de personas y golpes por la maquinaria pesada.

#### **1.6.1.2 Medidas preventivas**

Para evitar la mayoría de estos riesgos, habrá una persona de coordinación, encargada en organizar las diferentes labores que el resto del personal este realizando.

En la instalación no existe distintos niveles de terreno, simplemente existirá esta diferencia de nivel una vez se realicen las zanjas.

En este caso para evitar la caída a distinto nivel, se prohibirá al personal hacer trabajos que no sean referentes a la zanja, a menos de 1 metro de la misma, mientras esta se encuentre sin relleno.

No se podrá estar cerca de la maquinaria de excavación mientras esta se encuentre activa, para evitar posibles atropellos y golpes.

#### **1.6.1.3 Prendas de protección**

Para asegurar la protección del personal encargado de la realización de la obra se deberá usar los siguientes elementos:

- Casco.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

#### **1.6.2 Cimentación**

Una vez excavadas todas las zanjas, se deberá de colocar la cimentación necesaria para poder instalar la estructura soporte donde se colocaran los módulos fotovoltaicos.

#### **1.6.2.1 Riesgos en la cimentación**

Los riesgos más comunes en la cimentación son los mismos que en el movimiento de tierras, pero además también puede ocurrir:

- Cortes u otra heridas por la ferralla.
- Dermatitis por el contacto con el hormigón.
- Contactos indirectos con partes activas.

#### **1.6.2.2 Medidas preventivas**

En el caso de esta instalación, como las cimentaciones son de pequeño tamaño bastará con una persona controlando las tareas de hormigonado, para evitar posibles accidentes.

#### **1.6.2.3 Prendas de protección**

Para realizar esta tarea, además de las prendas ya mencionadas en el punto anterior, se utilizarán gafas de protección para evitar la posible entrada de objetos extraños en los ojos.

#### **1.6.3 Montaje de estructura soporte**

El siguiente paso será el montaje de las tres estructuras soporte, en las cuales se montarán los módulos fotovoltaicos.

Para este montaje HILTI nos proporciona directamente los materiales para su montaje, solamente se le deberá de hacer unos cortes a unas barras para cumplir con la altura necesaria.

##### **1.6.3.1 Riesgos en el montaje de la estructura**

Los riesgos más comunes en el montaje son los siguientes:

- Insolación o deshidratación por una expuesta prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Golpes con herramientas u otros objetos en el momento del montaje.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.

##### **1.6.3.2 Medidas preventivas**

Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, se intentará en la medida de lo posible estar bien hidratado.

Con respecto a las caídas a distinto nivel, se evitara estar en posiciones extrañas encima de la escalera.

### **1.6.3.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas en el montaje de la estructura serán las siguientes:

- Casco.
- Gafas antiproyecciones.
- En caso de utilizar soldador, yelmo de soldador y demás equipo.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

### **1.6.4 Montaje de los módulos fotovoltaicos**

Una vez realizadas las estructuras metálicas, se procederá a la colocación de los módulos fotovoltaicos.

Para esta tarea será necesaria una pequeña grúa para elevar dichos paneles a cierta altura.

#### **1.6.4.1 Riesgos del montaje de los módulos**

Los riesgos más comunes del montaje de los módulos son los siguientes:

- Caídas a distinto nivel de las escaleras.
- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpes por el módulo fotovoltaico.
- Accidente por caída del módulo fotovoltaico desde cierta altura.
- Cortes u otras heridas por herramientas.
- Insolación o deshidratación por exposición prolongada al sol.
- Quemaduras por el sol.
- Quemaduras, por posible utilización de equipos de soldadura.

#### **1.6.4.2 Medidas preventivas**

Para evitar los daños producidos por trabajar bajo el sol, estará en la medida de lo posible bien hidratado.

Con respecto a las caídas a distinto nivel, se evitara estar en posiciones extrañas encima de la escalera.

Para evitar golpes del brazo de la grúa o accidentes por la caída del panel desde cierta altura, se prohibirá realizar trabajos cerca de la grúa y sobre todo se prohibirá la colocación de personal debajo de los paneles cuando la grúa este trabajando.

Además se deberá de comprobar la buena sujeción de los paneles a la grúa.

#### **1.6.4.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas para la prevención de accidentes mientras se montan los módulos fotovoltaicos sobre las estructuras, son los siguientes:

- Casco.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

#### **1.6.5 Montaje de los elementos solares**

Una vez colocados los paneles solares, se realizará el montaje de los elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación solar, como son las baterías, el inversor, los reguladores de carga y las protecciones necesarias.

##### **1.6.5.1 Riesgos de la colocación de los elementos solares**

Los riesgos más comunes en la colocación de estos elementos son los siguientes:

- Electrocución.
- Heridas por la utilización de herramientas.

##### **1.6.5.2 Medidas preventivas**

Para evitar la electrocución, se tendrá que utilizar unos guantes aislantes y además, en ningún caso se trabajará bajo tensión.

##### **1.6.5.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas para la prevención de riesgos mientras se montan los elementos fotovoltaicos son las siguientes:

- Casco.
- Protectores auditivos.
- Gafas antiproyecciones.
- Guantes de cuero.

- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

#### **1.6.6 Colocación del cableado y conexionado**

Por último se colocará el cableado por los conductos habilitados para tal fin y posteriormente se realizará el conexionado de los elementos.

##### **1.6.6.1 Riesgos en la colocación del cableado**

Los riesgos más comunes en la introducción del cableado o conexionado son los siguientes:

- Heridas o cortes por la utilización de herramienta.
- Electrocutión.
- Entrada en los ojos de cuerpos extraños.

##### **1.6.6.2 Medidas preventivas**

Para evitar heridas en manos, se utilizará unos guantes de material aislante.

Para evitar la electrocutión en ningún caso se realizará las labores de colocación de cable o conexionado de equipos bajo tensión, dejando en el cuadro eléctrico un letrero que indique que existe personal trabajando.

##### **1.6.6.3 Prendas de protección**

Las prendas de protección para evitar estos accidentes:

- Gafas de protección.
- Traje de trabajo.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.

#### **1.7 Medios auxiliares**

##### **1.7.1 Grúa**

La grúa será necesaria para la elevación y colocación de los paneles sobre las estructuras soporte.

### **1.7.1.2 Riesgos de utilización de la grúa**

Los riesgos más comunes por la utilización de una grúa son los siguientes:

- Golpes por el brazo de la grúa.
- Golpes por la carga.
- Desplome de los paneles desde cierta altura.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Cortes.
- Contactos directos e indirectos.

### **1.7.1.3 Medidas preventivas**

La única medida que se debe de tener en cuenta es situarse a cierta distancia de la grúa mientras esta esté realizando trabajos, y en ningún caso se permitirá a los operarios pasar por debajo de la grúa mientras esta sostenga carga.

Se prohíbe el transporte de personal mediante el gancho de la grúa.

Al finalizar cualquier periodo de trabajo la pluma se maniobrara para dejarla recogida detrás de la cabina del conductor. Además los mandos de maniobra se dejarán en la posición inicial.

Se prohíbe, que mientras el gruista esté trabajando con la pluma, este se apoye en el camión para evitar caídas que provoquen un accidente por mal manejo de los mandos.

El gruista no realice ajustes en el cuadro de maniobra, sino avisará de las posibles anomalías al servicio de prevención.

No permitir el uso del cuadro de maniobra de la grúa a personas no autorizadas.

En ningún caso se seguirá usando la grúa si se detectan anomalías.

No intentar izar cargas que estén sujetas al suelo, debido a que se puede producir el vuelco del camión grúa.

No intentar arrastrar por el suelo cargas, dejando el cable con tensiones inclinadas, pueden provocar el vuelco del camión grúa.

Para el manejo de maquinaria pesada, no se debe de haber ingerido ningún tipo de bebida alcohólica.

No balancear las cargas.

No dejar suspendidas las cargas durante un periodo prolongado de tiempo, para evitar posibles fallos en los engranajes de la grúa.

Flejar bien las cargas para evitar que se desprendan.

## **1.7.2 Escaleras**

Al ser una instalación pequeña no será necesario la colocación de andamios, pero si de escaleras de mano para realizar trabajos a distintos niveles.

### **1.7.2.1 Riesgos de utilización de escaleras**

Los riesgos más comunes en la utilización de escaleras son simplemente las caídas a distinto nivel.

También se puede producir una rotura por defectos internos.

### **1.7.2.2 Medidas preventivas**

Para evitar las caídas a distinto nivel se deberá de colocar la escalera sobre un terreno regular y en caso de no tener esta opción, dejar la escalera lo más estable posible.

Se prohibirá terminantemente estar en posturas extrañas encima de la escalera que puedan desestabilizar la misma.

## **1.7.3 Grupo electrógeno**

Se dispondrá de un grupo electrógeno para la realización de trabajo que necesite maquinaria eléctrica, debido a la inexistencia de otro suministro eléctrico.

### **1.7.3.1 Riesgos de utilización del grupo electrógeno**

Riesgo por el atrapamiento de las partes móviles del grupo electrógeno.

Quemaduras por calentamiento del equipo.

### **1.7.3.2 Medidas preventivas**

Incorporar una pantalla de seguridad para evitar atrapamiento por las partes móviles.

Dejar el grupo electrógeno fuera del alcance del personal, para evitar contactos involuntarios.

## **1.8 Maquinaria de obra**

### **1.8.1 Maquinaria en general**

#### **1.8.1.1 Riesgos de la utilización de maquinaria**

Los riesgos más comunes de la utilización de maquinaria son los siguientes:

- Vuelcos.
- Hundimientos del terreno.
- Formación de atmosferas agresivas tanto para el personal como para los aparatos.

- Ruido.
- Incendios y explosiones.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Cortes.
- Atropellos.
- Golpes.
- Atrapamientos.

#### **1.8.1.2 Medidas preventivas**

Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos.

Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una maquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada al suministro eléctrico.

Todos los engranajes deberán de llevar una carcasa protectora antiatrapamiento.

La maquinaria averiada será retirada al momento para evitar posibles accidentes por su uso o porque molesten al tráfico de la demás maquinaria.

Se prohibirá la manipulación y operaciones de ajuste de arreglo de máquinas al personal no especializado específicamente en la maquina objeto de reparación.

Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de cierta maquinaria.

Las maquinas que no sean de sustentación manual se apoyaran sobre elementos nivelados y firmes.

La elevación o descenso a máquina de objetos, se efectuara lentamente, izándolos en directriz vertical.

Los ángulos sin visión de la trayectoria de la carga, se suplirán mediante operarios que utilizando señales preacordadas.

Se prohíbe que el personal se encuentre cerca de la maquinaria mientras esta lleve suspendida una carga.

#### **1.8.1.3 Prendas de protección**

Las prendas de protección serán las siguientes:

- Casco.
- Protector auditivo.
- Gafas de seguridad.

- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

## **1.8.2 Maquinaria para el movimiento de tierras**

### **1.8.2.1 Riesgos de la maquinaria de movimiento de tierras**

Los riesgos más comunes que se presenta la utilización de maquinaria para el desplazamiento de tierras son:

- Vuelco.
- Atropello.
- Atrapamiento.
- Ruido.
- Atmosferas molestas por la creación de polvo.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

### **1.8.2.2 Medidas preventivas**

La maquinaria de movimientos de tierra estará dotada de faros que nos indique la marcha hacia delante o hacia atrás.

Antes de comenzar cada jornada laboral deberán de ser inspeccionadas para detectar posibles fallos que pongan en peligro la salud del personal.

Se prohíbe realizar las tareas mencionadas en el párrafo anterior con el motor en marcha para evitar atrapamientos.

Se prohíbe permanecer o realizar trabajos en el radio de acción de la maquinaria.

Se prohíbe el transporte de personal en zonas no habilitadas para tal fin.

Se deberán de proteger las zonas con poleas o engranajes con una carcasa antiatrapamiento.

### **1.8.2.3 Prendas de protección**

Las prendas recomendadas para la protección y prevención de riesgos son las siguientes:

- Casco.
- Guantes de cuero y aislantes.
- Ropa de trabajo.

- Botas de seguridad.
- Protector auditivos.

### **1.8.3 Camión basculante**

#### **1.8.3.1 Riesgos por el uso de camión basculante**

Los riesgos más comunes que se pueden presentar mientras se usa el camión basculante son los siguientes:

- Atropellos.
- Vuelcos.
- Caída al mismo nivel.
- Caída a distinto nivel.
- Atrapamientos.
- Enterramientos.
- Choques contra otros vehículos.

#### **1.8.3.2 Medidas preventivas.**

Al empezar la jornada laboral se comprobará el buen estado de estos vehículos.

La comprobación y mantenimiento de los vehículos se realizara siempre con el motor apagado.

La circulación por el interior de la obra se realizará siempre guiada por personal de la obra para evitar accidentes.

Se prohibirá, que mientras la rampa del camión esté en funcionamiento, el personal este en alejado de la zona de carga o descarga, para evitar enterramientos y atrapamientos.

#### **1.8.3.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas para la protección mientras se realice esta actividad son las siguientes:

- Casco.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.

### **1.8.4 Otros**

En este punto se recogerán algunas medidas preventivas para casos que no se hayan tenido en cuenta en los puntos anteriores.

#### **1.8.4.1 Medidas preventivas**

Se prohibirá circular por pendientes superiores al 20% con el vehículo cargado.

Establecer unas vías de circulación cómoda y libre de obstáculos para la maquinaria.

Cuando se deje estacionado el vehículo se parara el motor y se accionara el freno de mano. Además, si esta en pendiente se calzaran las ruedas.

Se revisará la carga antes de iniciar la marcha observando su correcta disposición y que no provoque desequilibrio en el vehículo.

Las cargas serán las apropiadas según el tipo de vehículo.

Se prohíbe que las piezas que se transporten no sobresalgan lateralmente para evitar golpes.

Dentro del recinto de la obra no se podrá circular a más de 15Km por hora.

Nunca se parará el motor del vehículo utilizando la palanca del descompresor.

#### **1.8.4.2 Prendas de protección**

Un resumen de todas las prendas utilizadas en la obra es el siguiente:

- Casco.
- Gafas protectoras.
- Protectores auditivos.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.
- Ropa para tiempo lluvioso.
- Chalecos reflectantes para labores nocturnas.

#### **1.8.5 Soldadura con arco eléctrico**

Puede darse el caso que se necesite la unión de piezas mediante soldadura, para reforzar dicha unión.

##### **1.8.5.1 Riesgos mientras se realiza la soldadura**

Los riesgos más comunes mientras se realiza el trabajo de soldadura son los siguientes:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Atrapamientos.

- Quemaduras.
- Explosión.
- Incendio.
- Introducción de cuerpos extraños en los ojos.
- Cortes.
- Los derivados por inhalación de vapores metálicos.
- Insolación o deshidratación.
- Contactos con energía eléctrica.
- Proyección de partículas.

#### **1.8.5.2 Medidas preventivas**

La soldadura se realizará siempre usando una máscara protectora para evitar quemaduras oculares y la introducción de cuerpos extraños en los ojos.

No se fumará en ningún caso mientras se realice la soldadura.

Se suspenderán los trabajos en intemperie bajo lluvia.

Se prohíbe la utilización de portaelectrodos deteriorados.

Cada cierto tiempo se parará para hidratarse, si se ha estado expuesto al sol durante un tiempo prolongado.

No se mirara al arco eléctrico directamente para evitar quemaduras en los ojos.

La radiación del arco eléctrico son perniciosas para la salud, por tanto se deberá de utilizar el yelmo del trabajador siempre que se realicen trabajos de soldadura.

No tocar las piezas recién soldadas.

Se realizará la soldadura en un lugar bien ventilado.

Antes de comenzar la soldadura, se comprobará que no hay personas en la vertical de su puesto de trabajo para evitar quemaduras fortuitas.

No se dejará la pinza de soldadura directamente en el suelo.

Comprobar que el equipo está correctamente conectado a tierra.

Desconectar el equipo de soldadura completamente al finalizar cada turno de trabajo.

#### **1.8.5.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas para evitar accidentes o daños en el personal serán los siguientes:

- Casco.
- Yelmo de soldador.

- Pantalla de protección de sustentación manual.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Polainas de cuero.
- Mandil de cuero.

### **1.8.6 Herramienta en general**

En el siguiente apartado se tendrá en cuenta toda herramienta que necesite de energía eléctrica para funcionar.

#### **1.8.6.1 Riesgos del uso de herramientas eléctricas**

Los riesgos más comunes son los siguientes:

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos hacia los ojos.
- Caída de objetos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Atmosferas polvorientas.

#### **1.8.6.2 Medidas preventivas**

La maquinaria eléctrica que se utilicen estará bien aislada para evitar los contactos directos con la electricidad.

Los motores y engranajes de estas herramientas eléctricas, estarán protegidos mediante una carcasa antiatrapamientos.

Cuando se detecte cualquier anomalía en el funcionamiento de las herramientas eléctricas se comunicará al encargado de prevención de riesgos.

La herramienta eléctrica con capacidad de corte, tendrá una pantalla que protegerá al usuario de la misma de proyecciones de objetos.

En ambientes húmedos la alimentación para las herramientas eléctricas se realizará mediante conexión de transformadores a 24V.

Se prohíbe el uso de herramientas eléctricas por el personal no autorizado.

Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual.

Al finalizar cada turno de trabajo se desconectaran de la alimentación todas las herramientas eléctricas.

#### **1.8.6.3 Prendas de protección**

Las prendas de protección utilizados para evitar accidentes por el uso de las herramientas eléctricas son las siguientes:

- Casco.
- Gafas antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo.

#### **1.8.7 Herramientas manuales**

Se entiende como herramientas manuales, todas aquellas que no necesitan de servicio eléctrico para su funcionamiento, tales como martillos, destornilladores, etc...

##### **1.8.7.1 Riesgos del uso de herramientas manuales**

Los riesgos más comunes por el uso de las herramientas manuales, son las siguientes:

- Golpes en las manos y pies.
- Cortes en las manos.
- Proyección de partículas.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

##### **1.8.7.2 Medidas preventivas**

Las herramientas serán utilizadas para las tareas para las que han sido diseñadas.

Antes de su uso se revisará el buen estado de las mismas.

Se mantendrán limpias.

Mientras se estén utilizando se evitará dejarlas en el suelo.

### **1.8.7.3 Prendas de protección**

Las prendas utilizadas para evitar accidentes durante el uso de las herramientas manuales serán las siguientes:

- Casco.
- Gafas de protección.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Guantes aislantes.
- Botas de seguridad.

### **1.9 Zonas de riesgo**

Este apartado tiene por objeto la definición sobre las posibles zonas en las que se pueden encontrar los trabajadores de la obra. La relación de las zonas que se pueden dar en una obra son las siguientes:

1. Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o en el entorno del puesto de trabajo.
2. Trabajos en los que la explosión y los agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.
3. Trabajos con exposición a radiaciones ionizantes para los que la normativa específica obliga a la delimitación de zonas controladas o vigiladas.
4. Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
5. Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
6. Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos.
7. Trabajos realizados en inmersión de equipo subacuático.
8. Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
9. Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
10. Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

## **2. Pliego de condiciones**

### **2.1 Normativa de aplicación**

#### **2.1.1 Generales**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/97 del 24 de Octubre de 1997 por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ordenanzas municipales

#### **2.1.2 Señalizaciones**

- R.D. 485/97 del 14 de abril; Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

#### **2.1.3 Equipos de protección individual**

- R.D. 1407/1992 modificado por el R.D. 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual-EPI.
- R.D. 773/1997 del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.

#### **2.1.4 Equipos de trabajo**

- R.D. 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

#### **2.1.5 Seguridad en máquinas**

- R.D. 1435/1992 modificado por R.D. 56/1995, dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
- R.D. 1495/1986, modificada por R.D. 830/1991, aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- Orden del Ministerio de Industria 23/05/1977 modificada por Orden de 7/03/1981, Reglamento de aparatos elevadores para obra.

### **2.1.6 Protección acústica**

- R.D. 1316/1989, del Mº de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. 27/10/1989 Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- R.D. 245/1989 del Ministerio de Industria y Energía. 27/02/1989. Determinación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía. 17/11/1989. Modificación del R.D. 245/1989, 27/02/1989.
- Orden del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. 18/07/1991. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989, 27/02/1989.
- R.D. 71/1992, del Ministerio de Industria, 31/01/1992. Se amplía el ámbito de aplicación del Real Decreto 245/1989, 27/02/1989 y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- Orden del Ministerio de Industria y Energía. 29/03/1996. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1989.

### **2.1.7 Otras**

- R.D. 487/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.

## **2.2 Condiciones técnicas de los medios de protección**

Todas las prendas de protección tendrán fijado un periodo de vida útil, las cuales deberán de ser sustituidas por otras, transcurrido dicho tiempo.

Cuando se produzca un deterioro más rápido por razones de especiales de trabajo, también se sustituirán las prendas de protección por otras en buen estado.

La utilización de una prenda de protección nunca representará un riesgo en si mismo.

### **2.2.1 Protección personal**

Todo elemento de protección personal estará homologado y con la correspondiente marca de la unión europea.

En aquellos casos en que no exista la citada marca de la unión europea, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

El encargado de la prevención de riesgos laborales dispondrá en cada uno de los trabajos en la obra la utilización de las prendas de protección adecuadas.

El personal de obra deberá ser instruido sobre la utilización de cada una de las prendas de protección individual, que se proporcionen.

### **2.2.2 Protección colectiva**

Al ser una obra pequeña, la utilización de protección colectiva tales como redes, barandillas, etc... no serán necesarias.

### **2.3 Condiciones técnicas de la maquinaria**

Las maquinas con ubicación fija en la obra, tal y como es la hormigonera, serán instaladas por personal competente y debidamente autorizado.

El mantenimiento y reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo del personal autorizado, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante.

Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro de incidencias de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas maquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas con profundidad por personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Las maquinas con ubicación variable, tales como el equipo de soldadura, deberán de ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo del servicio de prevención la realización del mantenimiento de las maquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El personal encargado del uso de las maquinas empleándose obra deberá estar debidamente autorizado para ello, proporcionándosele las instrucciones concretas de uso.

### **2.4 Condiciones técnicas de la instalación**

La instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los Planos, debiendo ser realizados por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Norma UNE 21.027.

Todos los conductores que presenten defectos superficiales serán rechazados.

Los conductores de la instalación se identificarán con los colores normalizados para evitar accidentes:

- Azul claro: Neutro.
- Amarillo\Verde: Conductor de tierra.
- Marrón\Negro\Gris: Conductores de fase en alterna.
- Negro\Rojo: Conductores de fase en continua.

En los cuadros, tanto principales como secundarios, se dispondrán todos aquellos aparatos de mando, protección y maniobra para la protección contra sobreintensidades (sobrecarga y cortocircuitos) y contra contactos directos e indirectos, tanto en los circuitos de alumbrado como de fuerza.

Dichos dispositivos se instalarán en los orígenes de los circuitos así como en los puntos en los que la intensidad admisible disminuya, por cambiar la sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

Los dispositivos a instalar son los siguientes:

- Un interruptor automático general magnetotérmico que permita su accionamiento manual.
- Dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Estos dispositivos son interruptores automáticos magnetotérmicos. La capacidad de corte de estos interruptores será inferior a la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores tendrán los polos correspondientes al número de fases del circuito que protegen y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las intensidades máximas admisibles en los conductores del circuito que protegen.

- En los circuitos de los distintos cuadros, se colocarán placas indicadoras de los circuitos a que pertenecen, así como dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y la alimentación directa a los receptores.

## **2.5 Condiciones técnicas de los servicios de higiene y bienestar**

Considerando la poca ocupación simultánea de la obra, bastará con la instalación de un inodoro portátil en la obra.

Además la obra se contará con un botiquín de primeros auxilios.

Se dispondrá cerca del botiquín de un cartel claramente visible en el que se indiquen todos los números de urgencia.

Los mencionados botiquines estarán al cargo de personas capacitadas, designadas por la empresa.

Se revisará al iniciar la obra su contenido y se repondrá lo que falte.

El contenido mínimo del botiquín será: Agua oxigenada, alcohol sanitario, yodo, algodón, gasa estéril, mercurocromo, vendas, esparadrapo, antisépticos, guantes esterilizados, jeringuilla y termómetro.

Todas las incidencias dentro de la obra deberán de ser registrada en el libro de incidencias.

## **2.6 Organización de la seguridad**

### **2.6.1 Servicios de prevención**

El encargado de la empresa instaladora, deberá de nombrar a una persona encargada en la obra del cumplimiento de lo señalado en la Ley de prevención de Riesgos Laborales.

El trabajador designado deberá de tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y los medios precisos, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

Los servicios de prevención deberán de estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgos en ella existentes y en lo referente a:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- La información y formación de los trabajadores.
- La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El servicio de prevención tendrá un carácter interdisciplinario, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir las funciones. Para ello, la formación, capacitación y dedicación de estos servicios así como sus recursos técnicos deberán de ser suficientes y adecuados a las actividades preventivas a desarrollar, en función de las siguientes circunstancias:

- Tamaño de la empresa.
- Tamaño de la obra.
- Tipos de riesgo, expuesta en apartados anteriores.
- Distribución de los tipos de riesgo en la obra.

## **2.6.2 Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra.**

El contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.

El contratista debe de tener contratado por obligación un seguro a modo de todo riesgo.

## **2.6.3 Formación**

Todo el personal que realice su cometido en las fases de cimentación o montaje de estructuras, deberá de realizar un curso de Seguridad y salud.

Estos cursos serán impartidos por los elegidos como coordinador de Seguridad y Salud por la empresa instaladora.

La empresa en conjunto con el coordinador, debe preocuparse por que sus trabajadores tengan buena formación en seguridad, específicamente en la tarea que se va a realizar.

## **2.6.4 Reconocimiento médico**

Para la contratación de nuevo personal dentro de una empresa, será imprescindible que se someta a un reconocimiento médico para conocer el estado inicial de la salud de la persona.

Este examen médico tendrá una periodicidad máxima de un año y medio.

## **2.7 Obligaciones de las partes implicadas**

### **2.7.1 De la propiedad**

El propietario tiene la obligación de incluir este estudio de seguridad y salud como parte del proyecto de la instalación.

Del mismo modo, abonará a la empresa instaladora las partidas incluidas en el presupuesto.

### **2.7.2 De la empresa instaladora**

La empresa instaladora se verá obligada a cumplir todas las directrices marcadas en el presente estudio de Seguridad y Salud.

Todas las incidencias se recogerán en el libro de incidencias. Si alguna de estas incidencias fuera por negligencia en lo conveniente a lo expuesto en este estudio de Seguridad y Salud, se podrían tomar medidas legales.

Por otro lado, la empresa instaladora, cumplirá las estipulaciones preventivas del estudio y el plan de seguridad y salud, respondiendo solidariamente a los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratas.

### **2.7.3 Del coordinador de seguridad y salud**

El coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra será el encargado de que se cumplan todas las directrices de prevención de riesgos expuestos en el presente documento.

Con cierta periodicidad, según se pacte de antemano, se realizarán certificados del presupuesto de seguridad, poniendo en conocimiento de la propiedad y de los organismos competentes, el cumplimiento del Estudio de Seguridad y Salud.

### **2.8 Normas para la certificación de elementos de seguridad**

Junto a la certificación de ejecución se extenderá la valoración de las partidas que, en material de seguridad, se hubiese realizado en la obra; la valoración se hará conforme a este Estudio y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad.

### **2.9 Plan de seguridad y salud**

La empresa instaladora estará obligada a redactar un Plan de Seguridad y Salud, adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

Este Plan de Seguridad y salud deberá de contar con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de la obra.

Una copia del Plan deberá de entregarse al Servicio de Prevención y en el caso de que existiera, a las subcontratas.