

1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA Y ELÉCTRICA

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

Nos encontramos en el refugio de VENTOSA I CALVELL situado en el Parque Nacional de AigüesTortes i Sant Maurici (Lerida), a 2220 m de altitud., el cual ofrece a los excursionistas unos servicios de cama, lavabo con duchas, emisora de radio y restaurante.

Para proporcionar todos estos servicios esta provisto de un generador de gasóleo, y así poder suministrar energía eléctrica y ofrecer un mejor servicio a sus clientes.

El objetivo del proyecto consiste en abastecer de energía eléctrica al refugio, de una forma más saludable y acorde con el entorno donde se encuentra situado.

Como puntos esenciales destacamos que: la energía producida a de ser no contaminante y que no provoque un impacto visual en el parque nacional.

1.2 SITUACIÓN

Comarca: Alta Ribagorza.

Altitud: 2.200m.

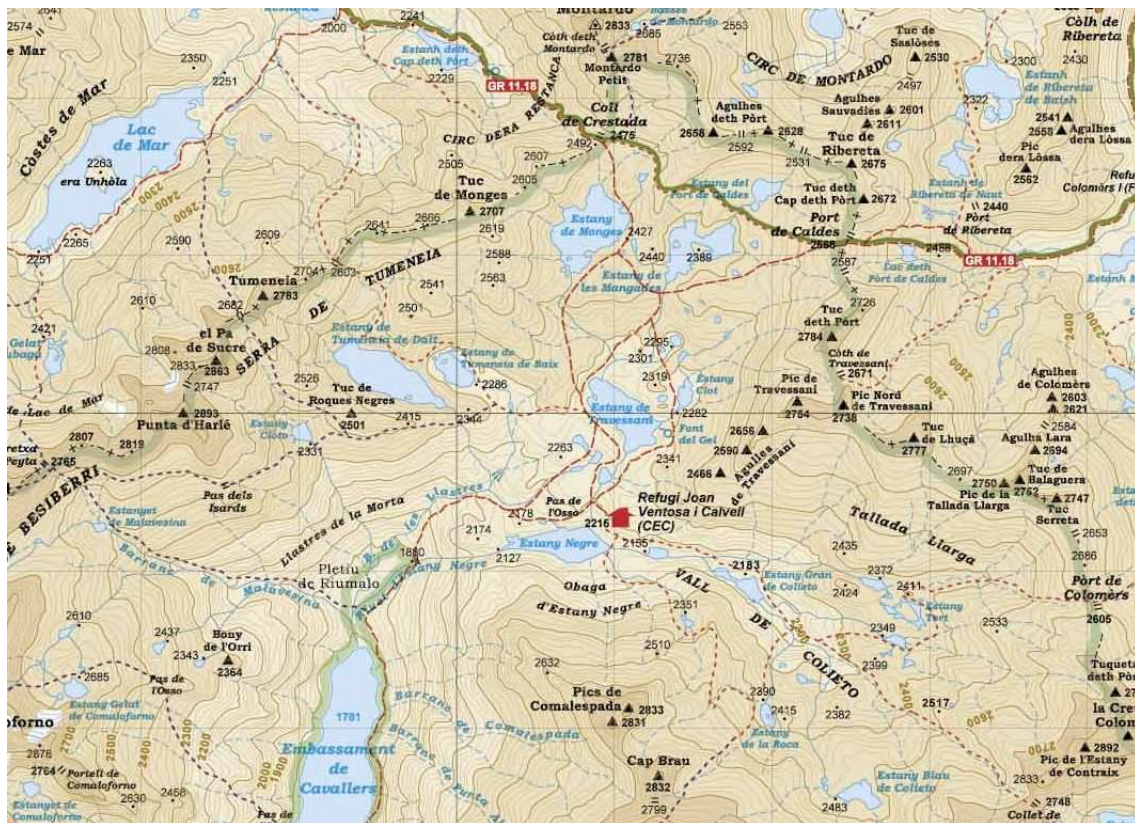
Situación: A la derecha sobre l'Estany Negre de Boi.

Accesos: desde la presa de Cavallers (final carretera valle de Boi) 2h. Desde refugio de Restanca, 3h. Desde Colomers, 3h. Desde Estany Long, 4h 30'. Desde Amitges, 4h 30'. Desde refugio de Besiberri, 3h 30'.

Ascensiones: Montardo, Punta Alta, Contraix, Pala Alta Serrader, Comalesbienes, Monges, Tumeneja N., Pa de Sucre, Punta Harle, Serrader.

Mapas: Alpina, hojas Montardo y Vall d'Aran.

Notas: telf: 973 29 70 90



1.3 ALTERNATIVAS Y ELECCIÓN

Las opciones que se plantean son diversas, como por ejemplo, las energías convencionales. Este tipo de energías se generan en centrales eléctricas y suponen un gran gasto económico, ya que requieren la instalación de tendido eléctrico hasta el refugio. Además, no respeta el medio ambiente, por lo que desechamos esta opción.

Ante esta situación, hemos decidido hacer uso de las energías renovables ya que son respetuosas con el medio ambiente :

- **no producen emisiones de CO2** ni otros gases contaminantes a la atmósfera.
- **no generan residuos** de difícil tratamiento.

Además, son autóctonas (no dependen de ningún suministro externo).

Dentro de las energías renovables nos encontramos con un gran grupo de posibilidades (energía solar fotovoltaica, hidráulica, eólica, geotérmica, biomasa, etc..) de las cuales por sus características y forma de generar energía sólo podríamos dar uso a un número determinado de ellas (energía solar fotovoltaica, eólica y biomasa).

Viendo las características de nuestra instalación y las necesidades, **hemos decidido realizar nuestro estudio en base a la energía solar fotovoltaica por ser un sistema que no tiene partes móviles, no genera ruidos ni emite gases y todos los componentes se encuentran dentro del edificio, excepto las placas solares que se podrían integrar en el tejado**, reduciendo el impacto visual que ocasionaría, por ejemplo, la energía eólica.

1.4 NORMATIVA CONSIDERADA

La preocupación mundial por el denominado cambio climático, originado por las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, provocados por la actividad humana, ha impulsado a las Naciones Unidas a impulsar el denominado proceso de Kyoto que se inicio en Río de Janeiro en 1992 y cristalizó en el Acuerdo de Kyoto de 1997, que compromete a sus firmantes, individualmente o conjuntamente, a que el total de sus emisiones equivalentes de CO_2 , a causa de las actividades humanas, deberán reducirse un 5%, respecto a los niveles emitidos en el año 1990, durante el periodo 2008 – 2010.

La firma del Protocolo de Kyoto y la concienciación de la necesidad de reducir las emisiones de CO_2 , ha llevado a la Unión Europea a fijarse como objetivo la reducción de emisiones de CO_2 en un 8% para el periodo de 2008 – 2010.

Dentro del ámbito del Estado Español, destacamos dos leyes a las cuales vamos hacer uso:

- La Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico (<<BOE>> de 28-11-1997), que regula la producción de energía eléctrica en régimen especial, previendo un régimen de incentivos para las energías renovables.
- El Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración (<<BOE>> de 30-12-1998) estableció el procedimiento administrativo para acoger las instalaciones dentro de este régimen especial y determino el régimen económico aplicable a éstas.

La instalación cumplirá con todo lo establecido, en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado en el <<BOE>> de 18 de septiembre de 2002, suplemento del núm, 224).

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION

1.5.1 Energía eléctrica requerida

Toda la energía eléctrica de la instalación será de corriente alterna, ya que los distintos receptores a los cuales vamos a alimentar, son de corriente alterna. No obstante dejaremos una toma de corriente continua por posibles ampliaciones de la instalación, que será distribuida con tomas de corriente por distintos lugares del albergue.

Equipos	Cantidad	Potencia W	Total W	Horas/día	Energía Wh	Energía Kwh/año
Lámpara fluorescente	15	10	150	4	600	
Radio	1	29	29	6	174	
Emisora de radio	1	60	60	1	60	
Nevera	1	94	94	24	2256	
Total necesaria (Wh/día)			323		3090	1127,850

Tabla 1: Consumo del refugio

Sobredimensionaremos los consumos del refugio en un 15%, como margen o factor de seguridad, teniendo en cuenta las pérdidas de las conexiones de los conductores, o posibles aumentos de consumo en los receptores.

$$P = (15\% \times \text{EnergíaWh}) + \text{EnergíaWh} = (0.15 \times 3090\text{Wh}) + 3090\text{Wh} = 3553.5\text{Wh}$$

Teniendo en cuenta que los receptores son de corriente alterna, deberemos colocar un inversor para poder suministrar dicha corriente, y por tanto tendremos que aumentar en otro 15% la potencia a instalar porque nuestro inversor tiene un rendimiento (η) del 85%.

$$P = (15\% \times \text{EnergíaWh}) + \text{EnergíaWh} = (0.15 \times 3553.5\text{Wh}) + 3553.5\text{Wh} = 4086.5\text{Wh} \approx 4090 \text{ Wh}$$

Potencia total de la instalación según nuestras necesidades teniendo en cuenta las pérdidas que nos encontraremos desde los paneles hasta los receptores:

4090 Wh

1.5.2 Radiación diaria

Los datos de radiación están tomados en la comarca de Lérida, donde se encuentra situado el refugio de VENTOSA I CALVELL en el Parque Nacional de AigüesTortes i Sant Maurici, a 2220 m de altitud.

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Radiación (Hs)	1,6	2,5	4,0	4,8	5,5	6,0	6,0	5,3	4,4	3,2	1,9	1,3

Tabla 2: Promedio de radiación solar en Lérida

Calculo del coeficiente entre el consumo medio total diario de energía eléctrica y el promedio de radiación diaria disponible en Lérida.

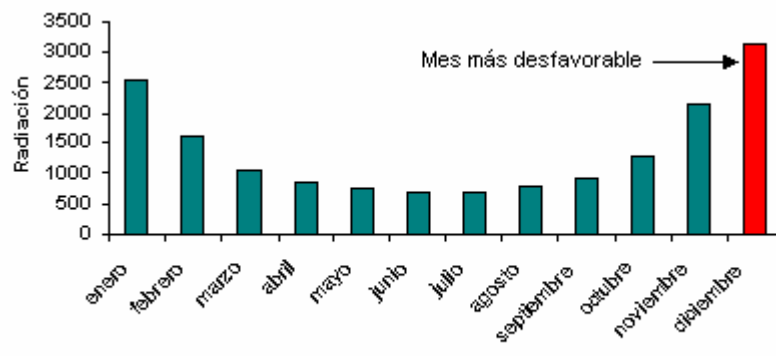
$$Y = \frac{E_{elec}}{Hs} = m^2$$

$$\text{Radiación} = Hs(kHh \cdot m^{-2} / día^{-1})$$

$$\text{Energía Eléctrica} = E_{elec} (Wh \cdot día^{-1})$$

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Radiación (Hs)	1,6	2,5	4,0	4,8	5,5	6,0	6,0	5,3	4,4	3,2	1,9	1,3
Consumo (Wh)	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090	4090
Y	2556,2	1636	1022,5	852,08	743,63	681,6	681,6	771,69	929,54	1278,1	2152,6	3146,15

Tabla3: Calculo del coeficiente Y



Grafica 1: Coeficiente de radiación Y

Como se puede observar en la grafica 1 el mes donde el coeficiente Y es más elevado es en diciembre, por tanto nos basaremos en este mes para realizar los cálculos de la instalación. Así conseguiremos sobredimensionarlo para el peor de los casos.

1.6 PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

1.6.1 Modelo de panel fotovoltaico

Para esta instalación hemos seleccionado los paneles fotovoltaicos de la empresa Atersa, donde dentro de su gama hemos escogido el modelo A-130, consiste en un panel de 130Wp que funciona a 12Vdc, dispone de 40 células y tiene una garantía de 35 años. El panel tiene unas dimensiones de 666mm x 1.476mm y se puede colocar a partir de unos soportes que suministra la misma empresa en el tejado.

1.6.2 Cálculo del número de paneles

En este cálculo nos interesa saber la potencia de pico (Wp) del panel que vamos a utilizar y la potencia máxima que consumirá la casa, teniendo presente los niveles de radiación que se producen en las diferentes épocas del año.

- Cálculo del número total de paneles fotovoltaicos:

$$N_{\text{mod}} (\text{número de módulos}) = \frac{1,1 \times Y_{\text{max}}}{P_{\text{mod}}} = \frac{1,1 \times 3146,15 m^2}{130 W_p} = 26,62 \approx 27 \text{ módulos}$$

1.6.3 Conexión de los paneles

Para realizar este cálculo, hemos de saber la tensión de entrada del convertidor y de los acumuladores ($V_{t,acu}$), que en este caso será de 48V y así nos proporcionara una tensión de salida de 230V en la salida, para el suministro del albergue y la tensión de salida de cada módulo (V_{mod}).

- Número de módulos conectados en serie:

$$N_{s,mod} (\text{módulos en serie}) = \frac{V_{t,acu}}{V_{mod}} = \frac{48V}{12V} = 4\text{módulos}$$

- Número de módulos conexonados en paralelo:

$$N_{p,mod} (\text{módulos en paralelo}) = \frac{N_{mod}}{N_{s,mod}} = \frac{27}{4} = 6,75 \approx 7\text{módulos}$$

Una vez realizado los cálculos vemos que el número de paneles totales que nos sale finalmente al multiplicar los series por los paralelos, es superior al calculado en el apartado 2.2, teniendo en cuenta esto decimos que el número de paneles a utilizar en la instalación será de 28 paneles fotovoltaicos.

1.6.4 Superficie utilizada por el campo fotovoltaico

Teniendo en cuenta el apartado 1.6.1 donde nos dice las dimensiones de los paneles fotovoltaicos (666mm x 1.476mm), y el apartado 1.6.3 donde se calculo la colocación de los paneles (2 en series y 7 en paralelo) y el número final de paneles que se requieren, calcularemos la superficie total requerida para llevar a cabo la instalación.

- Anchura del campo fotovoltaico (Af) :

$$A_f = \text{Anchura} \times \text{módulos}_{paralelo} = 666\text{mm} \times 7\text{módulos} = 4662\text{mm}$$

- Longitud del campo fotovoltaico (Lf):

$$L_f = \text{longitud} \times \text{módulos}_{serie} = 1.476\text{mm} \times 4 = 5904\text{mm}$$

- Superficie del campo fotovoltaico (Sf):

$$S_f = A_f \times L_f = 4662\text{mm} \times 5904\text{mm} = 27,52\text{m}^2 \approx 28\text{m}^2$$

La colocación de los paneles se realizara en el tejado del albergue ya que disponemos de espacio suficiente, a partir de unos soportes especiales de la misma casa Atersa, y de ese modo conseguiremos un menor impacto visual.

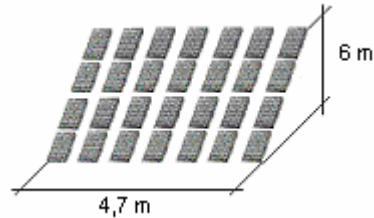


Figura 1: Campo Fotovoltaico

1.6.5 Datos técnicos del campo fotovoltaico

Características eléctricas	Datos
Potencia en prueba (+-10%)	130 W
Número de células en serie	36 de 6"
Corriente en punto de máxima potencia	7,54 A
Tensión en punto de máxima potencia	17,2 V
Corriente de cortocircuito	8,1 A
Tensión de circuito abierto	21,3 V

Tabla 4: Características del panel fotovoltaico

- Potencia de pico total del campo fotovoltaico (P_{gen}):

$$P_{gen} (W_p) = N_{mod} \cdot P_{mod} = 28 \cdot 130W_p = 3640W_p$$

- Intensidad de pico total de salida del campo fotovoltaico ($I_{p,gen}$):

$$I_{p,gen} (A) = I_{p,mod} \cdot N_{p,mod} = 7,54 A \cdot 7 = 52,78 A$$

- Intensidad total de cortocircuito del campo fotovoltaico ($I_{sc,gen}$):

$$I_{sc,gen} (A) = I_{sc,mod} \cdot N_{p,mod} = 8,1 A \cdot 7 = 56,7 A$$

- Tensión nominal total del campo fotovoltaico (V_{gen}):

$$V_{gen} (V) = V_{mod} \cdot N_{s,mod} = 12 \cdot 4 = 48V = V_{t,acu}$$

- Tensión de pico total del campo fotovoltaico ($V_{p,gen}$):

$$V_{p,gen} (V) = V_{p,mod} \cdot N_{s,mod} = 17,2 \cdot 4 = 68,8V$$

- Tensión total en circuito abierto del campo fotovoltaico ($V_{oc,gen}$):

$$V_{oc,gen} (V) = V_{oc,mod} \cdot N_{s,mod} = 21,3 \cdot 4 = 85,2 V$$

1.7 ACUMULADORES DE ENERGÍA

1.7.1 Tipo de acumulador

Se utilizarán baterías de Pb-ácido, del tipo estacionario con recipiente transparente, con una profundidad máxima de descarga profunda u ocasional de 0,7 (Pd,max). Estas baterías serán de la empresa Atersa y tendrán que ser capaces de suministrar energía eléctrica al albergue durante un periodo de 5 días de forma autónoma (Nd).

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de baja tensión, nos dice que los locales en que deban disponer baterías de acumuladores con posibilidad de desprendimiento de gases, se consideran como locales con riesgo de corrosión, por tanto deben cumplir las prescripciones señaladas en la norma ITC-BT-30.

1.7.2 Cálculo del número de acumuladores

Tabla donde se encuentran los tipos de baterías, con vasos de 2V y sus niveles de capacidad de acumulación.

Tipo de elemento	Capacidad Ah en C100
4 EAN 55	345
5 EAN 55	431
6 EAN 55	517
5 EAN 70	560
6 EAN 70	672
7 EAN 70	784
6 EAN 100	963
7 EAN 100	1.146
8 EAN 100	1.283

Tabla 5: Modelos de baterías

- Capacidad necesaria del sistema de acumulación ($C_{t,acu}$):

$$C_{t,acu} = 1,1 \times \left[\frac{N_d \times E_{elec,m\acute{a}x}}{P_{d,m\acute{a}x} \times V_{t,acu}} \right] = 1,1 \times \left[\frac{5 \times 4090 W \cdot h}{0,7 \times 48 V} \right] = 669,49 Ah$$

Una vez visto que la capacidad necesaria de acumulación tiene que ser superior a 669,49Ah, hemos seleccionado una batería del tipo 7 EAN 70 según la tabla 5, con una capacidad de acumulación de 784 Ah (C_{acu}), y una tensión de 2V (V_{acu}).

- Número de acumuladores conectados en serie ($N_{s,acu}$):

$$N_{s,acu} = \frac{V_{t,acu}}{V_{acu}} = \frac{48V}{2V} = 24 acumuladores$$

- Número de acumuladores conectados en paralelo ($N_{p,acu}$):

$$N_{p,acu} = \frac{C_{t,acu}}{C_{acu}} = \frac{669,49 Ah}{784 Ah} = 0,85 \approx 1 Acumulador$$

- Número de acumuladores necesarios (N_{acu}):

$$N_{acu} = N_{s,acu} \times N_{p,acu} = 24 \times 1 = 24 acumuladores$$

1.7.3 Dimensión necesaria para su colocación

- Dimensionado de una de las baterías:

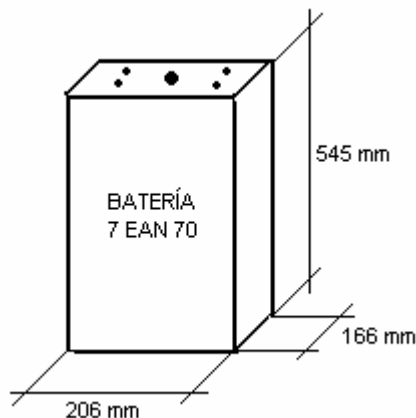


Figura 2: Dimensión de una batería

- Dimensionado del grupo de baterías:

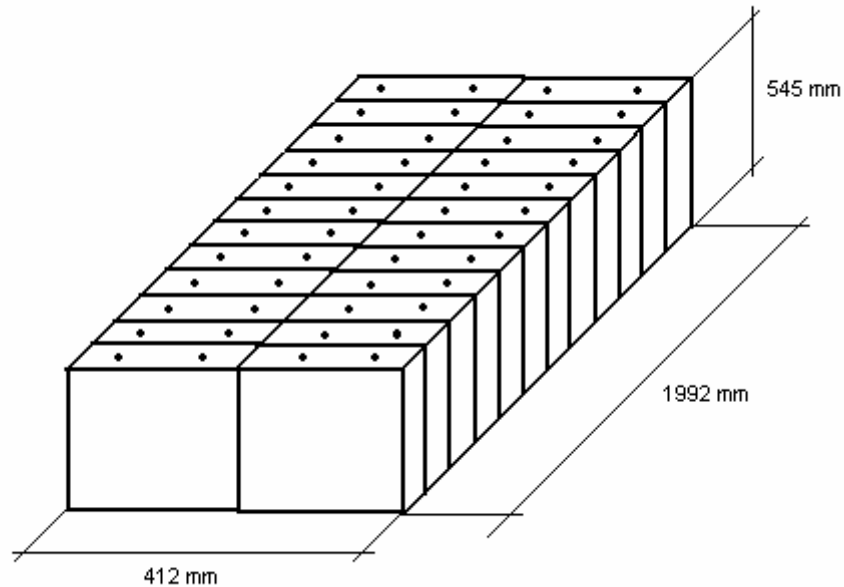


Figura 3: Dimensionado del grupo de baterías

1.7.4 Local de colocación de las baterías

Este local tiene que cumplir la norma ITC-BT-30 del Reglamento Electrotécnico de baja tensión, ya que existe la posibilidad de desprendimiento de gases, por tanto se considera un local con riesgo de corrosión.

se cumplirán las prescripciones señaladas para las instalaciones en locales mojados, debiendo protegerse además, la parte exterior de los aparatos y canalizaciones con un revestimiento inalterable a la acción de dichos gases o vapores.

Condiciones para locales mojados:

Canalizaciones:

- Los conductores discurrirán por el interior de tubos con un grado de resistencia a la corrosión de 4.

- Las conexiones de empalmes y derivaciones se realizaran en el interior de cajas.

Aparamenta:

- Los aparatos de mando y protección y tomas de corriente, se instalarán en el interior de cajas, que les proporcionen un grado de protección contra las proyecciones de agua de IPX4.

Dispositivos de protección:

- se instalará, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local.

Receptores de alumbrado:

- Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra las proyecciones de agua, IPX4.

1.8 SUBSISTEMA DE ADAPTACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Debe preverse los aumentos de las intensidades y las tensiones suministradas por los paneles fotovoltaicos en condiciones medioambientales determinadas, multiplicando, por ello, los valores de los reguladores e inversores por 1,25.

1.8.1 Potencia necesaria del inversor a tiempo continuo

$$P_{inv} \geq K \cdot \text{Máximo} (\sum \text{Potencia e receptores simultáneos}) = 1,25 \cdot 3146,15 = 3932,7 \text{ W}$$

Se tendrá que corregir el factor de potencia de la instalación receptora hasta prácticamente la unidad, conectando un sistema de condensadores en paralelo con la instalación. Por tanto en estas circunstancias la potencia aparente de la instalación (VA), coincide con la potencia activa (W).

$$\cos \varphi = 1 \rightarrow P_{inv} \geq 3932,7 \text{ AV}$$

Una vez vista la potencia nominal del inversor hemos decidido colocar 3 inversores en paralelo de la empresa Atersa modelo TAURO BC 1548AV, así conseguiremos que la potencia máxima del sistema admisible por los inversores sea de 4500AV.

De esta forma sobredimensionamos la instalación para posibles ampliaciones sin la necesidad de cambiar ninguno de sus elementos. Simplemente tendríamos que añadirle más paneles fotovoltaicos.

MODELO	TAURO BC 1548AV
Potencia nominal	1500AV
Tensión CC nominal de entrada	48V
Tensión alterna de salida (RMS)	230V
Frecuencia nominal	50Hz
Potencia máxima suministrada de forma permanente a 20°C	1500AV
Intensidad máxima en AC suministrada de forma permanente a 25°C	6,5A
Pico de intensidad máxima transitoria en CA	180A
Eficiencia máxima o pico	93%
ENTRADA EN CC	
Rango de tensiones CC de entrada	40V-64V
ESTADO FISICO	
Peso del inversor	17Kg
Dimensiones	425x250x195
Humedad relativa máxima	95%
Rango de temperatura de trabajo	-5°C – 40°C

Tabla 6: Características técnicas del convertidor TAURO BC 1548AV

Viendo las características de nuestro modelo de inversor en la tabla 6 podemos observar que la tensión de entrada en CC para que pueda funcionar a de estar entre 40V y 64V.

Por consiguiente $\rightarrow V_{\min, \text{tacu}} = 40V$

1.9 SUBSISTEMA DE REGULACIÓN

1.9.1 Características del regulador

Antes de seleccionar un modelo de regulador, especificaremos la tensión nominal de trabajo del regulador, la intensidad nominal del interruptor de conexión y desconexión de la corriente eléctrica desde el generador fotovoltaico hacia el subsistema de acumulación y la intensidad nominal del interruptor de acoplamiento entre las baterías y los receptores. De esta forma seleccionaremos el regulador más óptimo en la instalación.

- *Tensión nominal de trabajo del regulador:* es la misma que la tensión nominal del sistema de captación.

$$V_{reg}(V) = V_{gen}(V) = V_{t,acu}(V) = \mathbf{48V}$$

$$V_{reg,max}(V) \geq 1,25 \cdot V_{co,gen}(V) = 1,25 \cdot 85,2V = \mathbf{106,5 V}$$

- *Intensidad nominal del interruptor de conexión y desconexión de la corriente eléctrica desde el generador fotovoltaico hacia el subsistema de acumulación:*

$$I_{ren\ gen-acu} = 1,25 \cdot I_{sc,gen} = 1,25 \cdot I_{sc,mod} \cdot N_{p,mod} = 1,25 \cdot 56,7A = \mathbf{70,9 A}$$

- *Intensidad nominal del interruptor de acoplamiento entre las baterías y los receptores:*

$$I_{acu,recep} = I_{acu,inv} \geq 1,25 \cdot I_{máx,inv} = 1,25 \cdot P_{inv} / (V_{mín,t,acu} \cdot \eta_{inv})$$

$$I_{acu,recp} = \frac{1,25 \times 1500AV}{40V \times 0,9} = \mathbf{52,08 A}$$

- Finalmente dado que se van a instalar dos inversores en paralelo, la intensidad del interruptor de acoplamiento entre las baterías y los receptores será el doble:

$$I_{acu,recp} = I_{acu\ inv} \geq \mathbf{104,16 A}$$

1.9.2 Tipo de regulador

Se opta por instalar en paralelo 3 reguladores de la marca atersa, modelo LEO 3 / 35 / 48, cuyas características técnicas se muestran en la tabla 7.

Por tanto la colocación de los 28 paneles se divide en 3 grupos, 2 de ellos serán de 12 paneles (cada uno de ellos constara de cuatro paneles en serie por tres en paralelo) y el tercer grupo estará formado por 4 paneles en serie. Cada grupo se conectar a un regulador.

Hemos decidido este diseño del sistema, de forma que podamos ampliar nuestro campo de paneles fotovoltaicos, para futuros aumentos de las necesidades energéticas, que se puedan realizan en el albergue. *Este sobredimensionamiento va acorde con el del apartado 1.8.1 donde hicimos la elección del inversor.*

MODELO	LEO 3 /35 / 48
Tensión de trabajo	48 V
Intensidad máxima línea de carga	35 A
Intensidad máxima línea de consumo	35 A
Consumo típico	50 mA
Intensidad máxima de cortocircuito	100 mA
Tensión máxima en circuito abierto	125 V

Tabla 7: Características técnicas del regulador LEO 3 /50 / 48

Comprobación de cada regulador para ver si es adecuado para controlar cada grupo de paneles fotovoltaicos. Para ello realizaremos los cálculos con uno de los grupos de 12 paneles.

- Potencia de Pico total del subsistema de 12 paneles:

$$P_{gen} (Wp) = N_{mod} (\text{n}^\circ \text{ total de paneles}) \cdot P_{mod} (Wp / \text{panel}) = \mathbf{1560 W}$$

- Intensidad de pico total de salida del subsistema fotovoltaico ($I_{p,gen}$):

$$I_{p,gen} (A) = I_{p,mod} \cdot N_{p,mod} = 7,54 A \cdot 3 = \mathbf{22,62 A}$$

- Intensidad total de cortocircuito del subsistema fotovoltaico ($I_{sc,gen}$):

$$I_{sc,gen} (A) = I_{sc,mod} \cdot N_{p,mod} = 8,1 A \cdot 3 = \mathbf{24,3 A}$$

- Tensión nominal total del subsistema fotovoltaico (V_{gen}):

$$V_{gen} (V) = V_{mod} \cdot N_{s,mod} = 12 \cdot 4 = \mathbf{48V} = V_{t,acu}$$

- Tensión de pico total del subsistema fotovoltaico ($V_{p,gen}$):

$$V_{p,gen} (V) = V_{p,mod} \cdot N_{s,mod} = 17,2 \cdot 4 = \mathbf{68,8V}$$

- Tensión total en circuito abierto del subsistema fotovoltaico ($V_{oc,gen}$):

$$V_{oc,gen} (V) = V_{oc,mod} \cdot N_{s,mod} = 21,3 \cdot 4 = \mathbf{85,2 V}$$

- Tensión nominal de trabajo del regulador, V_{reg} (valor nominal) y $V_{reg,m\acute{a}x}$ (valor máximo):

$$V_{reg} (V) = V_{gen} (V) = V_{t,acu} (V) = 48 V$$

$$V_{reg,m\acute{a}x} (V) \geq 1,25 \cdot V_{oc,gen} = 1,25 \cdot 85,2 V = 106 V$$

- Intensidad nominal del interruptor de conexión y desconexión de la corriente eléctrica desde el generador fotovoltaico hacia el subsistema e acumulación:

$$I_{re,gen-acu} = 1,25 \cdot I_{sc,gen} \text{ (A)} = 1,25 \cdot I_{sc,mod} \cdot N_{p,mod} = 1,25 \cdot 24,3 = 30,84$$

	CARACTERISTICAS DEL REGULADOR		CARACTERISTICAS DEL SUBSISTEMA
Tensión de trabajo	48 V	\geq	48V
Tensión máxima en	125 V	\geq	106 V
Intensidad máxima	35 A	\geq	30,84 A
Intensidad máxima	35 A	\geq	30,84 A

Tabla 8: Comprobación del regulador

Como se puede comprobar en la tabla 8 el regulador que hemos seleccionado es adecuado para controlar cada grupo de paneles fotovoltaicos, estando en el grupo más pequeño (grupo de 4 paneles en serie), sobre dimensionado para futuros aumentos de las necesidades energéticas.

1.10 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Teniendo en cuentas los aparatos receptores conectados a la instalación, especificados en la tabla 1, descartamos la opción de añadir un sistema de condensadores en paralelo para la corrección del factor de potencia, ya que los equipos receptores no lo hacen variar.

No obstante es un dato a tener en cuenta para posibles incrementos energéticos producidos en el futuro, ya que así podremos darle el máximo rendimiento a la instalación fotovoltaica.

1.11 DIMENSIONADO DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

1.11.1 Conexionado a la intemperie

El dimensionado de los conductores que constituyen el subsistema de transporte de la energía eléctrica, se realizara cumpliendo las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, *de 2 de agosto, publicado en el <<BOE>> de 18 de septiembre de 2002, suplemento del núm, 224*), y, de manera especial, las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC – BT - 06, ITC – BT - 07, ITC-BT- 19.

1.11.1.1 Conexionados a la intemperie

Para la instalación se han escogido cables formados por conductores flexibles de Cu, aislados con polietileno reticulado (XLPE), y cubiertos de policloruro de vinilo (PVC), fabricados de conformidad con la Norma UNE 21123 (IEC-502). De acuerdo con lo especificado en dicha norma, la temperatura máxima admisible en los conductores de estos cables, en servicio permanente es de 90°C, y en cortocircuito puede llegar hasta 250°C. De acuerdo con las Normas UNE 20435 (tabla IV) las intensidades máximas, en régimen permanente, para estos cables aislados, instalados al aire, para una temperatura ambiente de 40°C son las indicadas en la tabla 9.

Sección nominal (mm^2)	Intensidad máxima (A) (Tmax conductor: 90°C) Dos cables unipolares	Intensidad máxima (A) (Tmax conductor: 75°C) Dos cables unipolares
1,5	27	18
2,5	36	25
4	48	33
6	64	44
10	85	59
16	115	80
25	155	108
35	190	133
50	225	157
70	285	199
95	350	245
120	405	283
150	465	325
185	535	374
240	630	441
300	730	511
400	840	588

Tabla 9: Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 75°C y 90°C

1.11.1.2 Conexión entre módulos fotovoltaicos

Las intensidades de cortocircuito ($I_{sc,mod}$), y las tensiones en circuito abierto ($V_{oc,mod}$), de los módulos fotovoltaicos facilitadas por los fabricantes corresponden a unas condiciones de ensayos estandarizadas de $1000 W \cdot m^{-2}$ de irradiancia (potencia solar en m^2) y a una temperatura del módulo fotovoltaico de 25°C.

Teniendo en cuenta que la irradiancia puede alcanzar valores de $1200 W \cdot m^{-2}$ y la temperatura habitual de funcionamiento de los paneles puede ser de 75°C o superior, la

intensidad Máxima suministrada por los módulos debe estar sobredimensionada en un 25%. Por consiguiente la intensidad máxima suministrada por los módulos se tomara igual a:

$$I_{max, mod} = 1,25 \cdot I_{sc, mod} = 1,25 \cdot 8,1A = 10,125A$$

La sección de los cables se calcula teniendo en cuenta que la distancia máxima entre los módulos será de 2 m, y con una caída de tensión máxima en el cable de 0,5%.

- Sección nominal de los cables de conexionado entre módulos:

$$Sección = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 2m \cdot 10,125A}{0,005 \cdot 48} = 2,909mm^2 \rightarrow Sección = 4mm^2$$

$$I_{sc, max} = \frac{V}{R_{cable}} = \frac{V}{\frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S}} = \frac{48V}{\frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 2m}{4mm^2}} = 2784A$$

1.11.1.3 Conexionado entre campo fotovoltaico y regulador

Como tenemos 3 subcampos fotovoltaicos, formados dos de ellos por 12 paneles (4 serie x 3 paralelo) y un grupo de 4 paneles en serie, , se va a dimensionar las líneas como si todas correspondieran a subcampos de 12 paneles, para un previsión de futuras ampliaciones del subcampo fotovoltaico formado por 4 paneles.

$$I_{conductor, gen12} = 1,25 \cdot I_{sc, gen12} = 1,25 \cdot 24,3A = 30,375A$$

Teniendo en cuenta que la caída de tensión del cable a de ser del 0,5%, los reguladores se encontraran a una distancia de 10 metros del campo fotovoltaico, que esta a la intemperie y estará constituida por dos cables unipolares formados por conductores flexibles d Cu, aislados con polietileno reticulado (XLPE), y cubierta de policloruro de vinilo (PVC), fabricado de conformidad con la Norma UNE 21123 (IEC-502).

- Sección nominal de los cables de conexionado entre el campo fotovoltaico y los reguladores:

$$Sección = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 10m \cdot 30,375A}{0,005 \cdot 48} = 43,63mm^2 \rightarrow Sección = 50mm^2$$

$$I_{sc, \max} = \frac{V}{R_{cable}} = \frac{V}{\frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S}} = \frac{48V}{\frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 10m}{50mm^2}} = 6960A$$

1.11.2 Conexionado en interior del local

Haciendo referencia al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado en el <<BOE>> de 18 de septiembre de 2002, suplemento del núm, 224), y, de manera especial, a la Instrucción Técnica Complementaria ITC – BT - 30. Donde los locales con baterías de acumulación y con posibilidad de desprendimiento de gases, se consideran locales con riesgo de corrosión, debiendo cumplir además de las prescripciones señaladas para estos locales, las siguientes:

- El equipo eléctrico utilizado estará protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.
- Los locales deberán estar provistos de una ventilación natural o forzada que garantice una renovación perfecta y rápida del aire. Los vapores evacuados no deben penetrar en locales contiguos.
- La iluminación artificial se realizará únicamente mediante lámparas eléctricas de incandescencia o de descarga.
- Las luminarias serán de material apropiado para soportar el ambiente corrosivo y evitar la penetración de gases en su interior.
- Los acumuladores que no aseguren por sí mismos y permanentemente un aislamiento suficiente entre partes en tensión y tierra, deberán ser instalados con

un aislamiento suplementario. Este aislamiento no podrá ser afectado por la humedad.

- Los acumuladores estarán dispuestos de manera que pueda realizarse fácilmente la sustitución y el mantenimiento de cada elemento. Los pasillos de servicio tendrán una anchura mínima de 0,75 metros.

- Si la tensión de servicio en corriente continua es superior a 75 voltios con relación a tierra y existen partes desnudas bajo tensión que puedan tocarse inadvertidamente, el suelo de los pasillos de servicio será eléctricamente aislante.

- Las piezas desnudas bajo tensión, cuando entre éstas existan tensiones superiores a 75 voltios en corriente continua, deberán instalarse de manera que sea imposible tocarlas simultánea e inadvertidamente.

1.11.2.1 Elección del cable a utilizar

Para esta parte de la instalación, se utilizarán cables de PIRELLI modelo PERIPLO FLEXIBLE H05V-K / H07V-K, el conductor es de cobre electrolítico, con una flexibilidad de clase 5 y una temperatura máxima de 70°C en servicio permanente y 160°C en cortocircuito, el aislamiento está hecho de mezcla de cloruro de vinilo (PVC), tipo T11.

Según marca la norma ITC-BT-30, los conductores discurrirán por el interior de tubos empotrados, tal y como indica en la norma ITC-BT-21. los tubos podrán ser rígidos, flexibles o curvables y sus características mínimas se describen en la tabla 3 para tubos empotrados de la ITC-BT-21.

<i>Sección nominal mm²</i>	<i>Espesor del aislamiento en mm</i>	<i>Diámetro exterior mm</i>	<i>Peso total Kg/Km</i>	<i>Resistencia del conductor a 20°C. Ω/Km</i>
1 x 0,5	0,6	2,5	9	39
1 x 0,75	0,6	2,7	12	26,5
1 x 1	0,6	2,8	14	19,5
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3
1 x 2,5	0,8	4,1	31	7,98
1 x 4	0,8	4,8	45	4,95
1 x 6	0,8	5,3	64	3,3
1 x 10	1	6,8	110	1,91
1 x 16	1	8,1	160	1,21
1 x 25	1,2	10,2	250	0,78
1 x 35	1,2	11,7	350	0,554
1 x 50	1,4	13,9	510	0,386
1 x 70	1,4	16	700	0,272
1 x 95	1,6	18,2	900	0,206

Tabla 10: Características técnicas del cable PIRELLI modelo PERIPLO FLEXIBLE H05V-K/H07V-K

1.11.2.2 Conexión entre los reguladores y acumuladores

Como los 3 reguladores irán en paralelo, hasta los acumuladores solo dispondremos de una única línea, esta línea se calcula con el mismo criterio que las anteriores. Es decir que tendremos en cuenta que la irradiancia puede alcanzar valores de $1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, la temperatura habitual de funcionamiento de los paneles puede ser de 75°C o superior y por tanto la intensidad Máxima suministrada por los módulos debe estar sobredimensionada en un 25%.

$$I_{\text{conductor, gen - reg - acu}} \geq 3 \cdot I_{\text{conductor, gen12}} = 3 \cdot 30,375\text{A} = 91,125\text{A}$$

- Sección nominal de los cables de conexionado entre los reguladores y las baterías:

$$Sección = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 5m \cdot 91,125A}{0,005 \cdot 48} = 65,45mm^2 \rightarrow Sección = 70mm^2$$

$$I_{sc, \max} = \frac{V}{R_{cable}} = \frac{V}{\frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S}} = \frac{48V}{\frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 5m}{70mm^2}} = 19490A$$

Esta línea, esta formada por dos conductores (positivo y masa), por tanto el diámetro exterior mínimo del tubo de canalización, según la ITC-BT-21 (tabla 2) será de 40 mm.

1.11.2.3 Conexionado entre acumuladores e inversores

- La intensidad total suministrada por los acumuladores a los inversores será:

$$I_{conductor, inv} = I_{acu, inv} = \mathbf{104,16 A}$$

- Dado que hay dos inversores, la línea que alimenta a cada uno de los inversores éstos debe soportar tan solo la mitad de la intensidad total suministrada por las baterías:

$$I_{conductor, inv} = \frac{I_{acu, inv}}{2} = \frac{104,16A}{2} = 52,08A$$

- Sección nominal de los cables de conexionado entre el campo fotovoltaico y los reguladores:

$$Sección = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 5m \cdot 52,08A}{0,005 \cdot 48} = 37,41mm^2 \rightarrow Sección = 50mm^2$$

$$I_{sc, \max} = \frac{V}{R_{cable}} = \frac{V}{\frac{2 \cdot \rho \cdot L}{S}} = \frac{48V}{\frac{2 \cdot 0,01724 \cdot 5m}{50mm^2}} = 13921A$$

Esta línea, esta formada por dos conductores (positivo y masa), por tanto el diámetro exterior mínimo del tubo de canalización, según la ITC-BT-21 (tabla 2) será de 40 mm.

1.12 DIMENSIONADO DEL SUBSISTEMA DE PROTECCION

A fin de proteger a las personas, seres vivos y los bienes, la instalación fotovoltaica debe disponer de dispositivos y elementos de protección frente a los riesgos eléctricos. En lo referente al diseño, dimensionado e instalación de estos dispositivos se procederá a realizar de acuerdo con lo establecido en el, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado en el <<BOE>> de 18 de septiembre de 2002, suplemento del núm, 224).

No obstante hay que tener diversos aspectos que son peculiares en las instalaciones fotovoltaicas y que merecen ser tenidos en cuenta:

- Los dispositivos de protección que deben instalarse en líneas de CC, han de estar diseñados para trabajar en líneas de CC, es decir no sirven los instalados en líneas de CA, a menos que el fabricante certifique expresamente su idoneidad también para CC.
- Los diodos de protección de los paneles fotovoltaicos deben estar protegidos contra sobreintensidades que no puedan asumir, de lo contrario, se destruirán y dejarán de realizar la función para la que habían sido instalados.

1.12.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos

En los planos nº 2.3 y nº 2.4 se muestran la colocación de los distintos dispositivos de protección y maniobra seleccionados para la instalación. Las funciones de maniobra (es decir, conexión y desconexión) y protección contra sobreintensidades, sobrecargas y cortocircuitos, van a recaer sobre un único dispositivo que será un interruptor diferencial.

Estos dispositivos, actuarán como protecciones suplementarias ya que los reguladores y convertidores instalados ya disponen de dispositivos de maniobra y protección. *Debe tenerse en cuenta que estos dispositivos deben actuar diseñados para su empleo en corriente continua.*

Los dispositivos de protección deben cumplir los siguientes criterios:

Protección contra sobrecarga:

- $IB \leq IN \leq IZ$
- $1,45 IZ \geq IF$

Siendo:

IN: Intensidad nominal del dispositivo de protección

IB: Intensidad de utilización del cable o aparato

IZ: La intensidad máxima que puede soportar el cable o aparato

IF: La intensidad convencional del dispositivo de protección

Protección contra cortocircuitos:

- El poder de corte del dispositivo de protección (PdC), debe de ser superior a la máxima intensidad de cortocircuito prevista en el punto de instalación, tal y como indica en la ITC-BT-17:

$$PdC \geq I_{sc,m\acute{a}x}$$

Protección contra personas:

- La sensibilidad del interruptor diferencial a de ser de 30 mA.

[KA]	32	63	125	160	250	400	630	800	1250	1600
2,3	S250									
4,6	S250									
3,6	S250	S250								
7,2	S250	S250								
4,5	S250	S250	S1B125							
11,6	S250	S250	S1B125							
5,8	S250	S250	S1B125	S2B160						
11,6	S270	S270	S1B125	S2B160						

7,2	S1B125	S1B125	S1B125	S2B160	S3N250						
14,4	S1B125	S1B125	S1B125	S2B160	S3N250						
9	S1B125	S1B125	S1B125	S2B160	S3N250						
18	S1N125	S1N125	S1N125	S2N160	S3N250						
11,4	S1B125	S1B125	S1B125	S2B160	S3N250	S5N400					
22,8	S1N125	S1N125	S1N125	S2N160	S3N250	S5N400					
14,4	S1B125	S1B125	S1B125	S2B160	S3N250	S5N400					
28,8	S2N160	S2N160	S2N160	S2N160	S3N250	S5N400					
18	S1N125	S1N125	S1N125	S2N160	S3N250	S5N400					
36	S2N160	S2N160	S2N160	S2N160	S3N250	S5N400					
22,7	S1N125	S1N125	S1N125	S1N160	S3N250	S5N400	S6N630	S6N800			
45,4	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3H250	S5H400	S6S630	S6S800			
68,1	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L250	S5L400	S6L630	S6L800			
23,1	S1N125	S1N125	S1N125	S1N160	S3N250	S5N400	S6N630	S6N800			
46,2	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3H250	S5H400	S6S630	S6S800			
69,3	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L250	S5L400	S6L630	S6L800			
22,7	S1N125	S1N125	S1N125	S1N160	S3N250	S5N400	S6N630	S6N800	-	-	
45,4	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3H250	S5H400	S6S630	S6S800	S7S1250	S7S1600	
68,1	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L250	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
23,1	S1N125	S1N125	S1N125	S1N160	S3N250	S5N400	S6N630	S6N800	S7S1250	-	
46,2	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3H250	S5H400	S6S630	S6S800	S7S1250	S7S1600	
69,3	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L250	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
28,9	S2N125	S2N125	S2N125	S2N160	S3N250	S5N400	S6N630	S6N800	S7S1250	S7S1600	
57,8	S3H160	S3H160	S3H160	S3H160	S3H250	S5H400	S6H630	S6H800	S7H1250	S7H1600	
86,7	S4L160	S4L160	S4L160	S4L160	S4L250	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
36,1	S2N160	S2N160	S2N160	S2N160	S3N160	S5H400	S6H630	S6H800	S7H1250	S7H1600	
72,2	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
108,3	LN125	LN125	LN125	LN160	LN320	LN500	LN630	LN800	F1L1250	F1L1600	
37	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3S160	S5H400	S6H630	S6H800	S7H1250	S7H1600	
74	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S3L160	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
111	LN125	LN125	LN125	LN160	LN320	LN500	LN630	LN800	F1L1250	F1L1600	
46,2	S2S160	S2S160	S2S160	S2S160	S3H250	S5H400	S6H630	S6H800	S7H1250	S7H1600	
92,4	S4L160	S4L160	S4L160	S4L160	S4L250	S5L400	S6L630	S6L800	S7L1250	S7L1600	
138,6	LN125	LN125	LN125	LN160	LN320	LN500	LN630	LN800	-	-	
57,7	S3H160	S3H160	S3H160	S3H250	S3H250	S5H400	S6H630	S6H800	S7H1250	S7H1600	
155,4	LN125	LN125	LN125	LN160	LN320	LN500	LN630	LN800	-	-	

Tabla 11: Modelos de interruptores diferenciales y interruptores automáticos

Protección entre módulos fotovoltaicos:

P/M1.1, P/M1.2, P/M1.3, P/M1.4, P/M1.5 P/M1.6, P/M1.7 : Dispositivo de maniobra y protección: Interruptor diferencial con tiempo de respuesta inferior a 3 s.

Intensidad nominal: $10,125A < I_{N1} < 48A$ (intensidad máxima soportada por el cable).

Poder de corte: $PdC > 2784 A$

Sensibilidad del interruptor diferencial de 30 mA

Interruptor diferencial: modelo S250 según lo especificado en la tabla 11.

Protección entre módulos los fotovoltaicos y los reguladores:

P/M2.1, P/M2.2, P/M2.3: Dispositivo de maniobra y protección: Interruptor diferencial con tiempo de respuesta inferior a 3 s.

Intensidad nominal: $30,375A < I_{N1} < 225A$ (intensidad máxima soportada por el cable).

Poder de corte: $PdC > 6960 A$

Sensibilidad del interruptor diferencial de 30 mA

Interruptor diferencial: modelo S250 según lo especificado en la tabla 11.

Protección entre los reguladores y las baterías:

P/M3 : Dispositivo de maniobra y protección: Interruptor diferencial con tiempo de respuesta inferior a 3 s.

Intensidad nominal: $91,125A < I_{N1} < 285A$ (intensidad máxima soportada por el cable).

Poder de corte: $PdC > 19490 A$

Sensibilidad del interruptor diferencial de 30 mA

Interruptor diferencial: modelo S1B125 según lo especificado en la tabla 11.

Protección entre las baterías y los inversores:

P/M4.1, P/M4.2, P/M4.3 : Dispositivo de maniobra y protección: Interruptor diferencial con tiempo de respuesta inferior a 3 s.

Intensidad nominal: $52,08A < I_{N1} < 225A$ (intensidad máxima soportada por el cable).

Poder de corte: $PdC > 13921 A$

Sensibilidad del interruptor diferencial de 30 mA

Interruptor diferencial: modelo S1B125 según lo especificado en la tabla 11.

1.12.2 Puesta a tierra

Es la conexión metálica de uno o varios puntos de una instalación a uno o varios electrodos enterrados, con el fin de permitir el paso a tierra de corrientes de fallo o descargas atmosféricas, evitando además que existan tensiones peligrosas entre la instalación y superficies próximas del terreno.

1.12.2.1 Toma de tierra

La toma de tierra estará formada por un electrodo, que se clavara horizontalmente en el suelo. Será de acero y recubierto de cobre, con un diámetro de 1,4 cm y longitud de 1500 cm.

- Cálculo de la resistencia de puesta a tierra de los electrodos.

Este cálculo se realizara a partir de los datos establecidos en la ITC - BT – 18.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad (Ωm)
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos.	50
Terrenos cultivables poco fértiles, terraplenes.	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables.	3000

Tabla 12: Resistividad el terreno, según sus características

Por tanto la resistencia de puesta a tierra de los electrodos será de:

$$R = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot 50 \Omega \cdot m}{15m} = 6,7 \Omega$$

1.12.2.2 Línea principal de tierra

Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores aislados de cobre con un mínimo de sección de 16 milímetros cuadrados, según lo establecido en la ITC-BT-26.

Las conexiones en los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de apriete u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre ellos.

1.12.2.3 Derivaciones de la línea de tierra

La sección de los conductores que constituyen las derivaciones de la línea principal de tierra, será la señalada en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

Sección de los conductores de fase o polares de la instalación en mm^2	Secciones mínimas de los conductores de protección en mm^2
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	$\frac{S}{2}$

Tabla 13: Secciones mínimas de las derivaciones de las líneas de tierra

Para realizar el cálculo de las diferentes secciones, utilizamos los datos del apartado 1.11, donde dimensionamos la sección de los cables y el apartado 1.12.1, que hace referencia a los dispositivos de protección con derivaciones a tierra.

Líneas de las diferentes partes de la instalación fotovoltaica	Sección mm^2	Sección de la derivación a tierra mm^2
Línea entre módulos fotovoltaicos	4	4
Línea 1 de los módulos fotovoltaicos a los reguladores	50	25
Línea 2 de los módulos fotovoltaicos a los reguladores	50	25
Línea 3 de los módulos fotovoltaicos a los reguladores	50	25
Línea de los reguladores a las baterías	70	35
Línea 1 de las baterías a los inversores	50	25
Línea 2 de las baterías a los inversores	50	25

Tabla 14: Secciones de las derivaciones a tierra de la instalación fotovoltaica

1.12.3 Pararrayos o descargadores

Ya que la instalación se encuentra situada en la montaña y tiene un riesgo muy elevado de recibir descargas eléctricas (rayos), se ha tenido en cuenta como un posible riesgo de destrucción de la instalación, así que se ha optado por la utilización de pararrayos o descargadores, para protegerla.

Se utilizarán una autoválvula de óxido metálico, que consiste en una resistencia variable con la tensión, unida a tierra. La sobretensión hace disminuir el valor de la resistencia y cuando la tensión sobrepasa el nivel de umbral, la autoválvula pasa al estado de conducción, estableciendo contacto con tierra.

La autoválvula debe montarse lo más cerca posible de los paneles fotovoltaicos para así protegerlos y la toma de tierra debe ser inferior a 10Ω (en nuestro caso será de $6,7\Omega$ tal y como indica en el apartado 1.12.2.1).

1.12.4 Diodos de protección

Los diodos son componentes electrónicos que permiten el flujo de corriente en una única dirección. En los sistemas fotovoltaicos generalmente se utilizan de dos formas: como diodos de bloqueo y como diodos de bypass.

Los diodos de bloqueo impiden que las baterías se descarguen a traves de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evita también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.

Los diodos de bypass protegen individualmente a cada panele de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie.

Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo e corriente de otro grupo conectado a él en paralelo, los diodos de bypass impiden que cada modulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce sombra.

1.12.4.1 Diodos de bypass

No será necesaria la colocación externa de este tipo de diodos, ya que los propios paneles que hemos seleccionado de la casa Atersa disponen de ellos en su caja de conexiones.

Si no se colocasen estos paneles seria necesaria la colocación de estos diodos a no ser que los paneles los lleven incorporados para evitar que cada modulo adsorba corriente de otros por posibles sombras parciales.

1.12.4.2 Diodos de bloqueo

Será necesaria la colocación de este tipo de diodos en cada una de las ramas en serie de 48V, para evitar que la corriente de otras ramas se descarguen a través de ella.

- Estos diodos tienen que ser capaces de soportar una corriente en directa de 15 A y una corriente en inversa de 30 A.

1.13 COLOCACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

La colocación de los paneles solares, es una parte muy importante de la instalación para poder sacarle el máximo rendimiento y así aprovechar toda la radiación solar que nos llega y que nos permiten nuestros paneles.

Para su colocación tenemos que tener en cuenta los grados de inclinación respecto la horizontal del suelo, la orientación que tendrá y el lugar donde los colocaremos. Ya que existen factores externos a la instalación que afectan a estos puntos como por ejemplo:

- la trayectoria relativa del Sol, la cual varía con la latitud local y con la época del año.
- el régimen de vientos (depende a donde estén orientados se pueden llenar de polvo y perder así perder área de captación).
- las sombras específicas del lugar (montañas, edificios, árboles, etc.).

1.13.1 Soportes utilizados para la instalación

Están contruidos con perfiles de acero Galvanizado en caliente, tratamiento que asegura una protección completa contra las inclemencias climatológicas y, por tanto, una mayor duración y mantenimiento nulo.

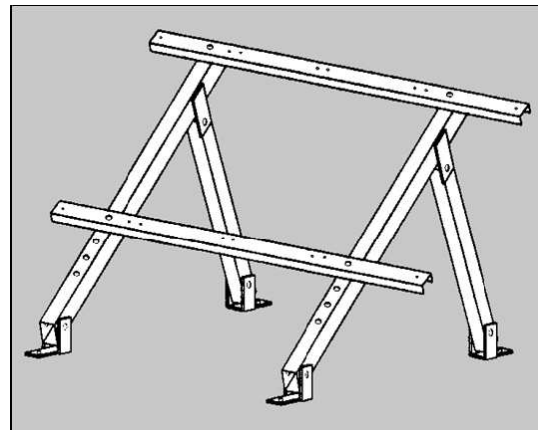


Figura 4: soporte de los paneles

ESTRUCTURA	N° DE MODULOS	MODULOS	INSTALACIÓN
TIPO "V"	3,4 ó 5	A 55, A60, A75 ,A A 85	TEJADO
	2,3 ó 4	A 130	

Tabla 15: Características del Soporte de la instalación

Como en la instalación estamos utilizando 27 módulos del tipo A 120, necesitaremos 7 estructuras para colocar todos los paneles en le tejado del albergue.

1.13.2 Lugar, inclinación y orientación

Los paneles fotovoltaicos se colocaran en la cara sur del tejado del albergue, con una inclinación respecto la horizontal del suelo de 30 grados. Así conseguiremos reducir el impacto ambiental (visual), que ocasiona ver los paneles en el parque natural de forma considerable.

1.14 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

1.14.1 Paneles fotovoltaicos

Requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector.

No obstante se realizara una inspección general 1 ó 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión, se tendrá que comprobar también si los paneles se encuentran sucios y en caso de ser así se limpiarán simplemente utilizando agua.

Como la instalación se encuentra situada en alta montaña y existe el riesgo de precipitaciones en forma de nieve, esta se tendrá que retirar para que los paneles puedan captar mejor la radiación solar.

1.14.2 Reguladores

La simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se realizaran son las siguientes:

- Observación visual del estado y funcionamiento del regulador.
- Comprobación del conexionado y cableado del equipo.
- Observación de los valores instantáneos con un voltímetro a la entrada y salida del regulador, estos valores tendrán que ser:

Tensión de entrada en DC	Tensión de salida en DC
48V	48V

Tabla 16: Tensiones E/I del regulador LEO / 3 / 35 / 48

1.14.3 Acumuladores o baterías

Los acumuladores o baterías son los elementos de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones de mantenimiento se realizarán cada 6 meses aproximadamente, las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:

- Comprobación del nivel del electrolito: debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de 'Máximo' y 'Mínimo'. Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se deben rellenar con agua destilada o desmineralizada.
- Al realizar la operación anterior debe comprobarse también el estado de los terminales de la batería; debe limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir con vaselina neutra todas las conexiones.
- Medida de la densidad del electrolito (se realizara con un densímetro). Con el acumulador totalmente cargado. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento es señal de posible avería.

1.14.4 Inversores o convertidores

Las operaciones que se realizaran para el mantenimiento del inversor serán las siguientes son las siguientes:

- Observación visual del estado y funcionamiento del regulador.
- Comprobación del conexionado y cableado del equipo.
- Observación de los valores instantáneos con un voltímetro a la entrada y salida del regulador, estos valores tendrán que ser:

Tensión de entrada en DC	Tensión de salida en AC
Entre 40V – 64V	230V _{RMS}

Tabla 17: Tensiones E/I del inversor TAURO BC 1548AV

1.15 LÍNEA DE CONTINUACIÓN

En este apartado hablaremos, sobre las posibles mejoras que se pueden hacer para aprovechar mejor los recursos de la instalación, la radiación solar y sobre posibles factores que puedan afectar si se realizan ampliaciones.

1.15.1 Ampliación del campo fotovoltaico

Para futuros aumentos de las necesidades energéticas, que se puedan realizar en el albergue, hemos decidido sobredimensionar los equipos instalados (reguladores y inversores), tal y como se indica en los apartados 1.8 y 1.9.

Así podremos ampliar la potencia del campo fotovoltaico sin la necesidad de sustituir ningún elemento ya instalado.

1.15.1.1 Potencia máxima a instalar

Para calcular esta potencia tenemos que dividirlo en dos parte, primero calcularemos la potencia que podrían soportar los reguladores y después la soportada por los inversores. Una vez calculadas las dos potencias, sabremos que la menor de ellas es la potencia máxima a instalar.

- *Potencia máxima de los reguladores:*

Teniendo en cuenta como esta dividido el campo fotovoltaico, y como hemos seleccionado los reguladores, en el único sitio que se podría aumentar la potencia es en el tercer subsistema (grupo de 4 paneles en serie).

Intensidad máxima línea de carga $\geq I_{re,gen-acu} \rightarrow 35A \geq I_{re,gen-acu}$

Intensidad máxima línea de consumo $\geq I_{re,gen-acu} \rightarrow 35A \geq I_{re,gen-acu}$

$$35A \geq 1,25 \times I_{sc,mod} \times N_{p,mod} \rightarrow N_{p,mod} = \frac{35A}{1,25 \times I_{sc,mod}} = \frac{35A}{1,25 \times 8,1} = 3,45 = 3$$

Esto quiere decir que nuestro tercer subsistema solo podrá estar formado por tres grupos en paralelo, de 4 paneles cada uno. Como ya dispones de un grupo de paneles en ese subsistema, solo le podremos añadir 2 grupos más de 4 paneles cada uno en serie. Por tanto le podremos añadir hasta un máximo de 8 paneles fotovoltaicos.

- *Potencia máxima de los inversores:*

La potencia máxima de cada inversor, es de 1500W y como hemos colocado 3 tendremos una potencia máxima de los inversores de 4500W, teniendo en cuenta que el consumo del albergue es de 3932,7W, podemos decir que podríamos aumentar el consumo hasta un máximo de:

$$P = 4500W - 3932,7W = 567,3W$$

Lo que equivaldría a añadir 4 paneles fotovoltaicos más.

- *Potencia máxima total:*

Visto estos dos apartados podemos decir que el número máximo de paneles en la instalación podría ser de 4 más sin llegar a cambiar ningún elemento de la propia instalación, lo que supondría un incremento de 520W en el campo fotovoltaico, llegando a ser de 4160W.

1.15.2 Estudio de colocación de los paneles solares

Para poder sacar el máximo partido a los paneles solares, sería conveniente realizar un estudio de la zona donde se van a colocar y así encontrar el sitio óptimo de su ubicación, ya que existen muchos factores externos que afectan a la radiación que son capaces de captar.

Factores externos son, por ejemplo, la trayectoria relativa del Sol, la cual varía con la latitud local y con la época del año; la intensidad de la radiación solar; el régimen de

lluvias y nubosidad; la temperatura y humedad del medio ambiente; el régimen de vientos; la contaminación ambiental, principalmente por el polvo y los agentes corrosivos; las sombras específicas del lugar (montañas, edificios, árboles, etc.), e incluso las características ornamentales del contorno (si es un centro turístico, una vivienda, una industria, etc.). Pudiera afectar también si el diseño de la edificación previó la instalación solar, o no. Uno de los factores que más influye en el diseño es el consumo energético, así como el régimen de trabajo que debe tener la instalación.

Estos factores externos influyen principalmente en dos aspectos fundamentales de la instalación solar: en la cantidad total de área de captación o absorción necesaria, así como en la localización y orientación de los equipos. El área de captación determina la potencia y capacidad de la instalación, pero, a igual área, no necesariamente corresponde igual potencia, ya que ésta depende también de las características del lugar, principalmente de las posibles sombras que pudieran ocurrir a lo largo del día.

1.15.3 Corrector del factor de potencia

En futuras ampliaciones de la potencia instalada ya sea como en el apartado 1.15.1 (*Ampliación del campo fotovoltaico*) o de cualquier otra forma, se tendría que tener en cuenta los equipos que se van a conectar y si estos hacen variar el factor de potencia ($\cos\phi$) para corregirlo y así aprovechar al máximo la energía producida.

Una solución sería conectar un corrector del factor de potencia dinámico, para que sea cual sea la carga conectada el factor de potencia sea siempre la unidad y de esta manera podamos sacarle el máximo partido a la energía producida por la instalación fotovoltaica.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En la instalación eléctrica se contemplarán todos los puntos necesarios para poder suministrar la energía eléctrica producida por la central fotovoltaica, a todos los puntos del albergue que sea necesario.

Para ello dimensionaremos los conductores según las características de cada uno y los conductos por los cuales circularán, y protegeremos la instalación, colocando dispositivos de protección debidamente calculados para proteger a las personas, seres vivos y los bienes frente a riesgos eléctricos.

La instalación cumplirá todo lo establecido en el, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado en el <<BOE>> de 18 de septiembre de 2002, suplemento del núm, 224).

1.16 LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

Las diferentes líneas de distribución, partirán de una única línea (línea de salida de salida del convertido a 230 VAC), que se encontrara situada en la despensa junto al local de las baterías.

Se dispondrá de una línea principal hasta el cuadro de derivaciones y de tres líneas autónomas de distribución entre ellas, dependiendo de la zona del albergue que nos encontremos, y las características de los aparatos receptores.

LÍNEA GENERAL: Está línea transcurrirá desde el inversor situado en el almacén de baterías, hasta el cuadro de derivaciones que se encuentra situado en la despensa.

LÍNEA 1: Esta formada por todas aquellas partes del albergue, que se han construido para que los propietarios del refugio puedan vivir en el, estas partes del albergue son:
El pasillo 2, la habitación 3, la cocina, el lavabo, la despensa, el almacén baterías y el comedor 2.

LÍNEA 2: Son aquellas partes del albergue destinadas a los excursionistas y personas que desean pasar la noche en el albergue, estas partes son:
La habitación 1, la habitación 2, el pasillo 1, el lavabo para hombres, el lavabo para mujeres, El comedor 1 y la recepción

LÍNEA 3: Estará formada por todos aquellos equipos eléctricos que no sean de iluminación y tengan una potencia superior a 50 W, esta línea estará formada por la nevera situada en la cocina y la emisora de radio que se colocara en el comedor.

Como se puede observar en el plano de instalación eléctrica interior n° _____, se han colocado diferentes tomas de corriente en el albergue, estas tomas de corriente han sido instaladas para poder conectar la radio en diferentes puntos. Cada toma de corriente ira junto con la línea de donde se encuentre situada la toma.

1.16.1 Potencia instalada en cada línea

Línea 1:

Está formada por 6 fluorescentes, los cuales consumen cada uno de ellos 10 W, a parte existen también tomas de corriente en esta parte de la instalación, por lo tanto se puede dar el caso que se conecte en esta línea la radio, que tiene una potencia de 29W. Por tanto la potencia total de esta línea es:

potencia total = (potencia del fluorescente · 7 fluorescentes) + potencia de la radio

$$Pt = (pf \cdot 7) + pr = (10w \cdot 7) + 29w = 99w$$

Línea 2:

Está formada por 8 fluorescentes, los cuales consumen cada uno de ellos 10 W, a parte existen también una toma de corriente en esta parte de la instalación, por lo tanto se puede dar el caso que se conecte en esta línea la radio, que tiene una potencia de 29W. Por tanto la potencia total de esta línea es:

potencia total = (potencia del fluorescente · 8 fluorescentes) + potencia de la radio

$$Pt = (pf \cdot 8) + pr = (10w \cdot 8) + 29w = 109w$$

Línea 3:

Está formada por los receptores conectados a la instalación con una potencia superior a 50w, estos receptores son la nevera y la emisora de radio. La emisora de radio se encuentra situada en el comedor 1 y la nevera se estará en la cocina.

Potencia total = potencia de la nevera + potencia de la radio

$$Pt = pn + pr = 94w + 60w = 154w$$

Línea general:

La potencia de esta línea esta formada por la suma de todas las líneas de derivación:

Potencia total = potencia línea 1 + potencia línea 2 + potencia línea 3

$$Pt = pl1 + pl2 + pl3 = 99w + 109 + 154 = 362w$$

1.16.2 Longitud de las líneas de distribución

Línea 1:

Esta línea transcurrirá por el almacén de baterías, despensa, habitación 3, pasillo 2, cocina, comedor 2 y el lavabo respectivamente, la longitud de la línea será:

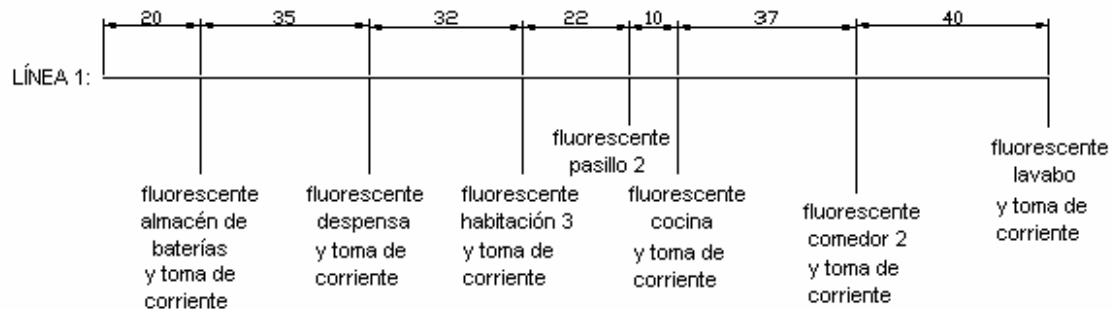


Figura 5: Longitud de la línea 1 en escala 1:10

por tanto la longitud máxima y l que utilizaremos para el cálculo de la sección de el conductor teniendo en cuenta que se encuentra puesto en una escala de 1:10, los metros del cable serán de 16,9 m.

Línea 2:

Esta línea transcurrirá por el comedor 1, recepción habitación 2, habitación 1, lavabo de mujeres y lavabo de hombre respectivamente, la longitud del conductor será:

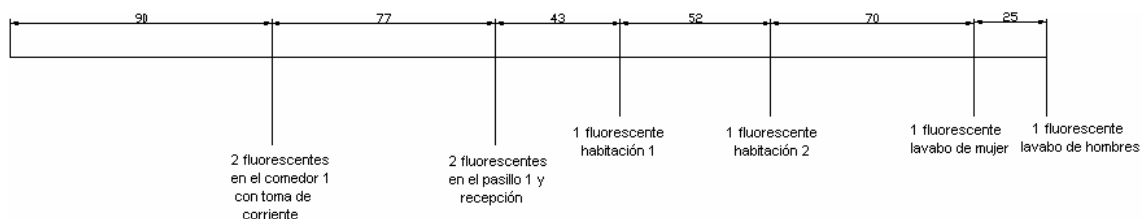


Figura 6: Longitud de la línea 2 escala 1:10

Por tanto la longitud máxima y la que utilizaremos para el cálculo de la sección del conductor será de 31,7 m.

Línea 3:

Esta línea transcurrirá entre el comedor y pasillo 2 y la cocina respectivamente, la longitud del conductor será:

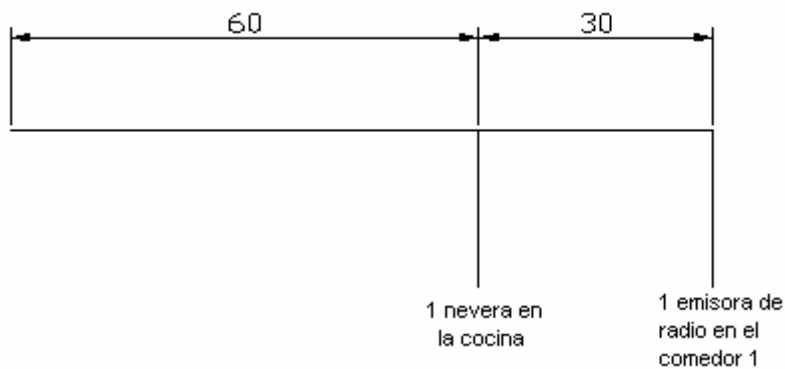


Figura 7: Longitud de la línea 3 escala 1:10

Por tanto la longitud máxima de la línea y la que utilizaremos para calcular su sección será de 9 m.

Línea general:

Transcurre desde el inversor en el almacén de baterías hasta el cuadro de distribución que se encuentra en la despensa a una distancia de 3 m.

1.17 DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES

Será un conductor unipolar, de cobre y aislado, siendo su tensión asignada de 450/750V, tal y como se indica en la ITC-BT-15 y utilizando el código de colores indicado en la ITC-BT-19.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y de opacidad reducida.

Tipo de conducto:

Tipo H07V-K	Conductor unipolar aislado, de tensión asignada 250/470V, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de policloruro de vinilo (V)	UNE 21.031-3
-------------	---	--------------

Tabla 18: tipo de conductor y normativa que cumple

Clase 5: Conductores flexibles de varios alambres finos, no apto para usos móviles.

Colores del conductor:

Conductor	Colores
Neutro	Azul
Protección	Verde-Amarillo
Fase	Marrón, Negro o Gris

Tabla 19: Colores del conductor según normativa

- *Cálculo de la sección de los conductores*

Se toma como valor de $\cos\phi = 1$, tal y como se indica en el apartado 1.10 (*corrección del factor de potencia*), por tanto la potencia de la línea seguirá siendo la calculada en el apartado X.1 ($P = 99w$).

La longitud del cable será de 16,9 m, tal y como se indica en el apartado X.2.

La conductividad del cobre (γ) se toma a 70°C y tal y como indica en la tabla 3 de la guía técnica de aplicación anexo 2 (guía-BT-anexo 2), será de $48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.

La línea tendrá que tener una caída de tensión máxima (e), del 0.5%, respecto a los 230V del convertidor, según la ITC-BT-15 punto 3 apartado b.

$$e = 230V \cdot 0.005 = 1,15V$$

LÍNEA 1:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 99w \cdot 16.9m}{48m/\Omega mm^2 \cdot 1.15V \cdot 230V} = 0.263 \text{ mm}^2 \equiv 1.5 \text{ mm}^2$$

LÍNEA 2:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 109w \cdot 31.7m}{48m/\Omega mm^2 \cdot 1.15V \cdot 230V} = 0.544 \text{ mm}^2 \equiv 1.5 \text{ mm}^2$$

LÍNEA 3:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 154w \cdot 9m}{48m/\Omega mm^2 \cdot 1.15V \cdot 230V} = 0.218 \text{ mm}^2 \equiv 1.5 \text{ mm}^2$$

LÍNEA GENERAL:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot 362w \cdot 3m}{48m/\Omega mm^2 \cdot 1.15V \cdot 230V} = 0.171 \text{ mm}^2 \equiv 1.5 \text{ mm}^2$$

Los conductores de protección según la ITC-BT-19 tabla 2 han de ser igual a la sección del conductor de fase y neutro para secciones menores a 16 mm^2 .

Por tanto la sección del conductor de protección en la instalación será de 1.5

1.18 CONEXIONES DE TOMAS DE CORRIENTE

Estas conexiones se realizaran conforme con el apartado 2.11 de la ITC-BT-19. Se admitirán no obstante, conexiones en paralelo entre bases de tomas de corriente cuando estas estén juntas y dispongan de bornes de conexión previstos para la conexión de varios conductores.

Las tomas de corriente han de cumplir las siguientes normas:

Producto	Norma de aplicación
Bornes de conexión	UNE-EN 60998
Bases de tomas de corriente para uso domestico o análogo	UNE 20315
Cajas de empalme y/o derivación	UNE 20415

Tabla 20: Normas de las tomas de corriente

Las bases de tomas de corriente que se instalarán serán de 16 A, y según lo indicado en la norma UNE 20315 estarán previstas para la conexión de dos conductores por terminal.

Para facilitar su verificación, ensayos, mantenimiento y sustitución, las conexiones deberán ser accesibles.

1.19 TUBOS PROTECTORES

Las canalizaciones de los tubos protectores serán empotradas de grado IP4X y tal como indica en la ITC-BT-21 los tubos serán flexibles y transcurrirán por las paredes, techos y falsos techos, cumpliendo las características de la tabla 3 del apto 1.

Las conexiones de empalme de los cables para los distintos fluorescentes se realizarán en el interior d los tubos protectores.

- *Diámetro exterior mínimo de los tubos:*

Sección nominal de los conductores unipolares (mm^2)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Numero de 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

Tabla 21: Diámetro exterior de los tubo protectores (ITC-BT-21, tabla 7)

Por los tubos protectores trascurrirán 3 conductores (fase, neutro y protección), cada uno de ellos con una sección de $1.5 mm^2$.

Por tanto, tal como dice en la tabla 20 de la ITC-BT-21 el diámetro del los tubos exteriores será de 16 mm.

- *Preinscripciones generales para la instalación de los tubos:*

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan las diferentes habitaciones donde se efectuara la instalación.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no se originarán reducciones de sección inadmisibles.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de llama.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a la clase IP4X para asegurar la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

1.20 PROTECCIONES

El siguiente apartado describe las medidas necesarias para asegurar la protección de personas y animales domésticos contra los choques eléctricos, a fin de proteger satisfactoriamente se realizara cumpliendo lo especificado en la ITC-BT-24 (*protección contra contacto directos e indirectos*).

1.20.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos

La instalación se protegerá colocando un interruptor diferencial en la línea general que va del inversor a el cuadro del las derivaciones y un interruptor automático en cada una de las tres diferentes derivaciones.

- Cálculo de las intensidades de cortocircuito (I_{cc}):

Línea general:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0.018\Omega \cdot mm^2 / m \frac{3m}{1.5mm^2} = 0.036\Omega$$

$$I_{cc} = 0.8 \frac{U}{R} = 0.8 \frac{230V}{0.036\Omega} = 5111.11A$$

Línea 1:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0.018\Omega \cdot mm^2 / m \frac{16.9m}{1.5mm^2} = 0.2028\Omega$$

$$I_{cc} = 0.8 \frac{U}{R} = 0.8 \frac{230V}{0.2028\Omega} = 907.3A$$

Línea 2:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0.018\Omega \cdot mm^2 / m \frac{31.7m}{1.5mm^2} = 0.3804\Omega$$

$$I_{cc} = 0.8 \frac{U}{R} = 0.8 \frac{230V}{0.3804\Omega} = 483.7A$$

Línea 3:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0.018\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m} \cdot \frac{9\text{m}}{1.5\text{mm}^2} = 0.108\Omega$$

$$I_{cc} = 0.8 \frac{U}{R} = 0.8 \frac{230\text{V}}{0.108\Omega} = 1703.703\text{A}$$

- Cálculo de la intensidad nominal de cada interruptor diferencial:

Línea general:

$$I_n = \frac{P}{V} (\cos \varphi = 1) = \frac{362}{230} = 1.574\text{A}$$

Línea 1:

$$I_n = \frac{P}{V} (\cos \varphi = 1) = \frac{99}{230} = 0.43\text{A}$$

Línea 2:

$$I_n = \frac{P}{V} (\cos \varphi = 1) = \frac{109}{230} = 0.474\text{A}$$

Línea 3:

$$I_n = \frac{P}{V} (\cos \varphi = 1) = \frac{154}{230} = 0.669\text{A}$$

- Protección de cada una de las líneas:

Línea general:

Se colocara un interruptor diferencial con una $I_n > 1.6$ A y con un poder de corte (PdC) mayor de 5111.11 A.

Línea 1:

Se colocara un interruptor automático con una $I_n > 0.5$ A y con un poder de corte (PdC) mayor de 907.3 A.

Línea 2:

Se colocara un interruptor automático con una $I_n > 0.5$ A y con un poder de corte (PdC) mayor de 483.7 A.

Línea 3:

Se colocara un interruptor automático con una $I_n > 1$ A y con un poder de corte (PdC) mayor de 1703.703 A.

1.20.2 Puesta a tierra

La puesta tierra será la misma que la de la instalación fotovoltaica, instalada según lo establecido en las instrucciones técnicas complementarias del RBT, dimensionada en el apartado 1.12.2.

La sección de los conductores de protección de las diferentes líneas se calculan según lo establecido en la tabla 12 que se encuentra en el apartado 1.12.2.3.

Línea general de $1.5 \text{ mm}^2 \rightarrow$ conductor de protección 1.5 mm^2 .

Línea 1 de $1.5 \text{ mm}^2 \rightarrow$ conductor de protección 1.5 mm^2 .

Línea 2 de $1.5 \text{ mm}^2 \rightarrow$ conductor de protección 1.5 mm^2 .

Línea 3 de $1.5 \text{ mm}^2 \rightarrow$ conductor de protección 1.5 mm^2 .

1.21 INSTALACIONES ESPECIALES

Se consideran instalaciones especiales todas aquellas que cumplan alguna de las condiciones mencionadas en la ITC-BT-30 (*instalaciones en locales de características especiales*), dichas características son:

- Instalaciones en locales húmedos.
- Instalaciones en locales mojados.
- Instalaciones en locales con riesgo de corrosión.
- Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión.
- Instalaciones en locales a temperatura elevada.
- Instalaciones en locales a muy baja temperatura.
- Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores.
- Instalaciones en locales afectados a un servicio eléctrico.

1.21.1 Locales con bañera o ducha

Estas instalaciones también tienen carácter especial y se rigen por la ITC-BT-27 (*locales que contienen una bañera o ducha*), afecta a todos aquellos locales que contengan una bañera o ducha.

Existen tres niveles de protección diferentes dependiendo de la zona y distancia a la que nos encontremos de la bañera y ducha. Estos niveles son:

- Volumen 0
- Volumen 1
- Volumen 2
- Volumen 3

Dependiendo el volumen en el que nos encontremos se instala los receptores o aparatos con un grado de protección IPXX diferente.

	Grado de protección	Cableado	Mecanismos	Otros aparatos fijos
Volumen 0	IPX7	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en este volumen	No permitida	Aparatos que únicamente pueden ser instalados en el volumen 0 y deben ser adecuados a las condiciones de este volumen.
Volumen 1	IPX4 IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en equipo eléctrico de bañera de hidromasaje y en los baños comunes en los que se pueda producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0 y 1	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS alimentados a una tensión nominal de 12V de valor eficaz en alterna o de 30V en continua, estando la fuente de alimentación fuera de los volúmenes 0, 1 y 2.	Aparatos alimentados a MBTS no superior a 12Vac y 30Vcc. Calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasajes que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación esta protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460-4-41
Volumen 2	IPX4 IPX2, por encima del nivel más alto de un difusor fijo. IPX5, en los baños comunes en los que se pueda producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1 y 2, y la parte del volumen 3 situado por debajo de la bañera o ducha.	No permitida, con la excepción de interruptores de circuitos MBTS cuya fuente de alimentación fuera de los volúmenes 0, 1 y 2. se permite también la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE-EN 60.742 o UNE-EN 61558-2-5	Todos los permitidos para el volumen 1. Luminarias, ventiladores, calefactores y unidades móviles para bañera de hidromasajes que cumpla con su norma aplicable, si su alimentación esta protegida adicionalmente con un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460-4-41
Volumen 3	IPX5, en los baños comunes en los que se pueda producir chorros de agua durante la limpieza de los mismos.	Limitado al necesario para alimentar los aparatos eléctricos fijos situados en los volúmenes 0, 1, 2 y 3.	Se permiten las bases solo si están protegidas bien por un transformador de aislamiento, o por MBTS, o por un interruptor automático de la alimentación con un dispositivo de protección por corriente diferencial de valor no superior a 30 mA, todo ello según los requisitos de la norma UNE 20.460-4-41.	Se permiten los aparatos solo si están protegidos bien por un transformador de aislamiento; o por MBTS; o por un dispositivo de protección de corriente diferencial de valor no superior a los 30 mA, según la norma UNE 20.460-4-41

Tabla 22: Elección e instalación de los materiales eléctricos

1.21.1.1 Lavabo

La siguiente figura delimita las zonas de los diferentes volúmenes de protección en el lavabo, a fin de determinar donde y con que grado de protección se tendrá que proceder con los aparatos a instalar.

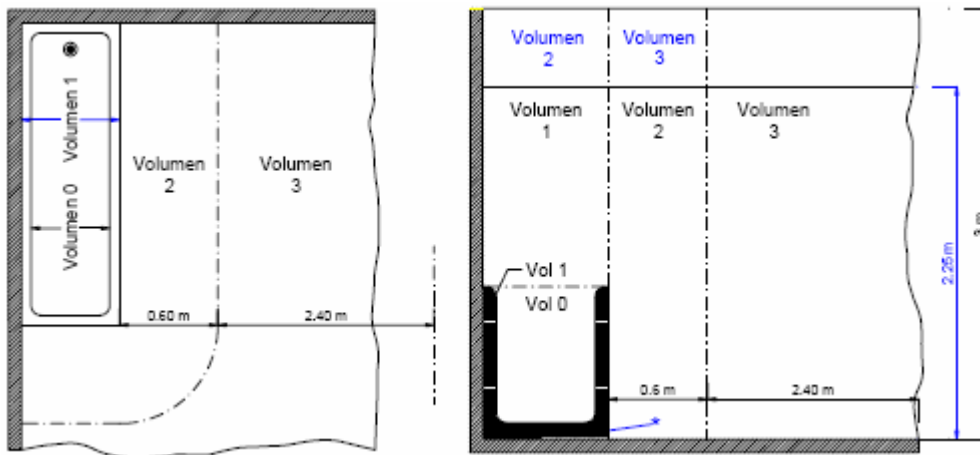


Figura 8: Clasificación de los volúmenes del lavabo

Según la tabla 22 de *elección e instalación de los materiales eléctricos*, las protecciones y colocación de los materiales será la siguiente:

- La instalación del fluorescente, toma de corriente y interruptor se colocara en la zona limitada por el volumen 2 con un grado de protección de IPX4.
- Esta parte de la instalación se protegerá con el interruptor automático de la línea 1, que posee un protección de corriente diferencial de 30 mA.

1.21.1.2 Lavabo hombres y mujeres

La siguiente figura delimita las zonas de los diferentes volúmenes de protección en el lavabo de hombres y mujeres, a fin de determinar donde y con que grado de protección se tendrá que proceder con los aparatos a instalar.

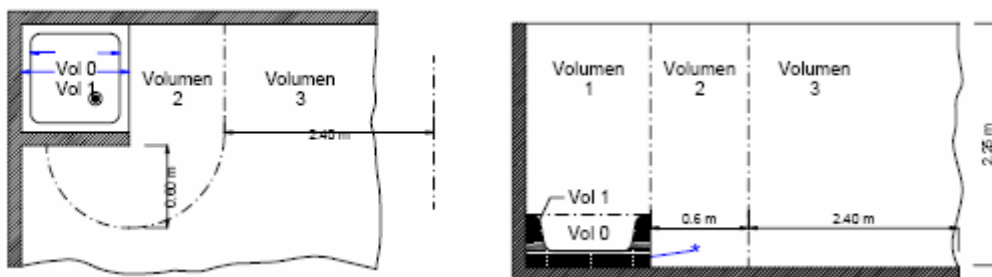


Figura 9: Clasificación de los volúmenes del lavabo de hombre y mujeres

Según la tabla 22 de *elección e instalación de los materiales eléctricos*, las protecciones y colocación de los materiales será la siguiente:

- la instalación del fluorescente e interruptor correspondiente se procederá a instalar en el volumen 3, con un grado de protección IPX5 para facilitar la limpieza de ellos con chorros de agua.
- Esta parte de la instalación se protegerá con el interruptor automático de la línea 2, que posee un protección de corriente diferencial de 30 mA.

1.21.2 Almacén de baterías

Las consideraciones necesarias para la instalación del fluorescente y el interruptor de este local, están especificados en el apartado 1.7.4 *Local de colocación de las baterías*.

1.22 PERDIDAS DE POTENCIA

Para realizar el cálculo de las pérdidas de potencia de la instalación procederemos a seccionarla en 4 partes, una por cada línea.

Línea general:

- Su resistencia es de 0.036Ω y su corriente de 1.574 A (*calculado todo ello en el apartado X.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos*).

$$P_g = R \cdot I^2 = 0.036\Omega \cdot (1.574A)^2 = 0.09W$$

Línea 1:

- Su resistencia es de 0.2028Ω y su corriente de 0.43 A (*calculado todo ello en el apartado X.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos*).

$$P_1 = R \cdot I^2 = 0.2028\Omega \cdot (0.43A)^2 = 0.0375W$$

Línea 2:

- Su resistencia es de 0.3804Ω y su corriente de 0.474 A (*calculado todo ello en el apartado X.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos*).

$$P_2 = R \cdot I^2 = 0.3804\Omega \cdot (0.474A)^2 = 0.085W$$

Línea 3:

- Su resistencia es de 0.108Ω y su corriente de 0.669 A (*calculado todo ello en el apartado X.1 Protecciones contra contactos directos e indirectos*).

$$P_3 = R \cdot I^2 = 0.108\Omega \cdot (0.669A)^2 = 0.048W$$

Perdida de potencia total:

La potencia de todas las líneas en el apartado *1.16.1 Potencia instalada en cada línea*, es de 323W.

$$P_{pt} = P_g + P_1 + P_2 + P_3 = 0.09W + 0.0375W + 0.085W + 0.048W = 0.2605W$$

$$P_{pt}(\%) = \frac{0.2605W \cdot 100}{323} = 0.08\%$$

1.23 VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Según lo establecido en la ITC-BT-05 (*verificaciones e inspecciones*), la inspección la ejecutara la empresa que realiza la instalación, mediante un examen visual y ensayos.

Examen visual de la instalación, sin tensión:

- Verificación del material eléctrico: conforme con las preinscripciones de seguridad y su correcta instalación.
- Verificación de las condiciones de la instalación: existencia de medidas de protección contra choques eléctricos, utilización correcta de los cables según su intensidad admisible y su caída de tensión, existencia, calibrado y correcta instalación de los dispositivos de protección, seccionamiento, mando y señalización y accesibilidad para comodidad de funcionamiento y mantenimiento.

Ensayos:

- Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales.
- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Corte automático de la alimentación.

2. SIMULACIONES

2.1 INTRODUCCIÓN

En este punto se exponen diferentes graficas realizadas con el programa PVSYST3.03, donde se simula el funcionamiento de la instalación a lo largo de 1 año, para poder ver la respuesta de los equipos calculados e instalados.

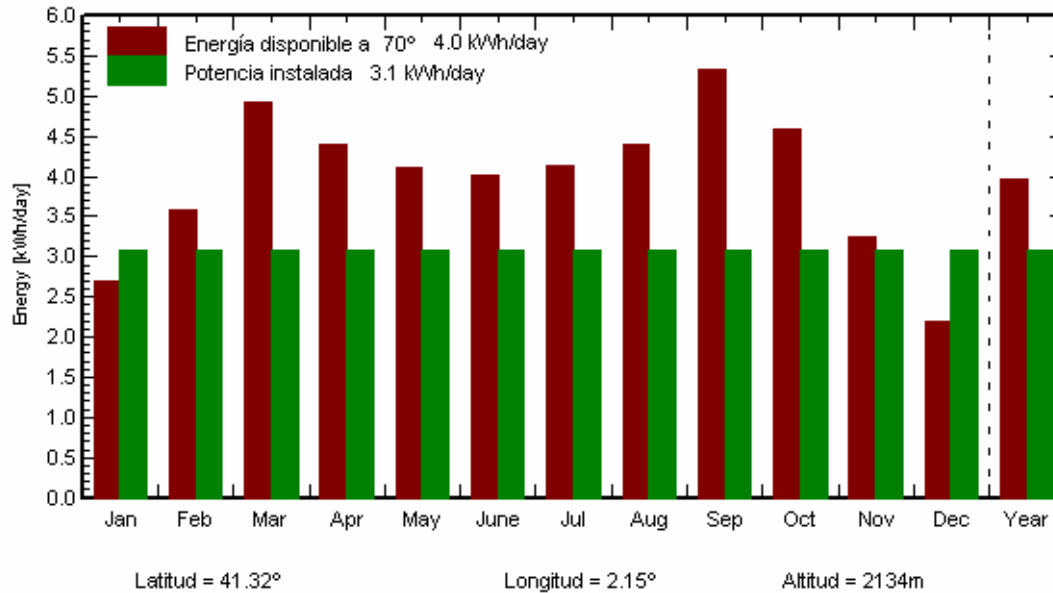
Descripción del programa PVSYST3.03:

- Fabricante: [CUEPE \(Universidad de Ginebra\)](#)
- Versión: 3.11
- Plataformas: Windows
- Tamaño: 5 MB
- Requerimientos: 11 MB espacio en disco duro
- Web: <http://www.pvsyst.com>
- Contenido: Software orientado a arquitectos, ingenieros e investigadores, para el estudio, dimensionado y análisis de los datos de sistemas fotovoltaicos.

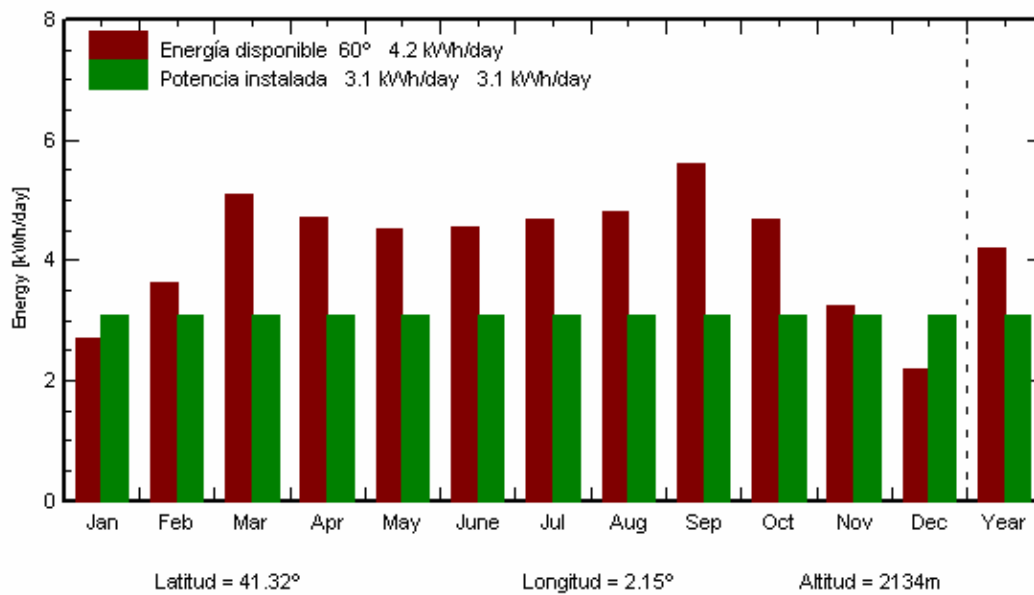
Graficas expuestas:

- Incidencia de la radiación según la inclinación de los paneles
 - o Inclinación de 70°
 - o Inclinación de 60°
 - o Inclinación de 40°
 - o Inclinación de 30°
 - o Inclinación de 20°
 - o Inclinación de 10°
- Perdidas de la instalación
- Eficiencia energética
- Descarga de las baterías

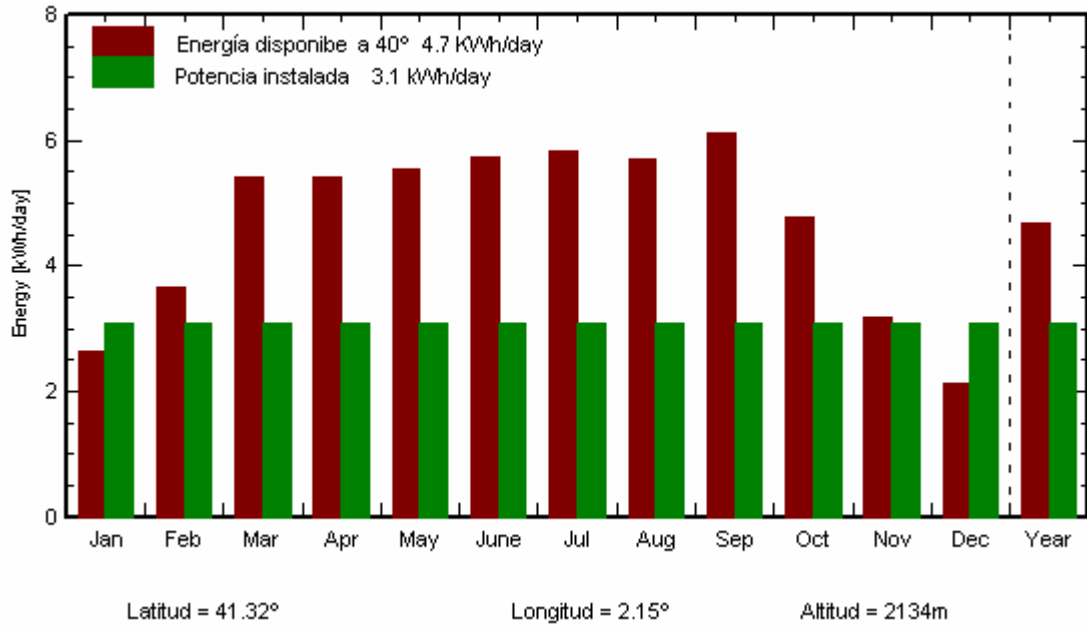
2.2 INCIDENCIA DE RADIACIÓN SEGÚN LA INCLINACIÓN DE LOS PANELES



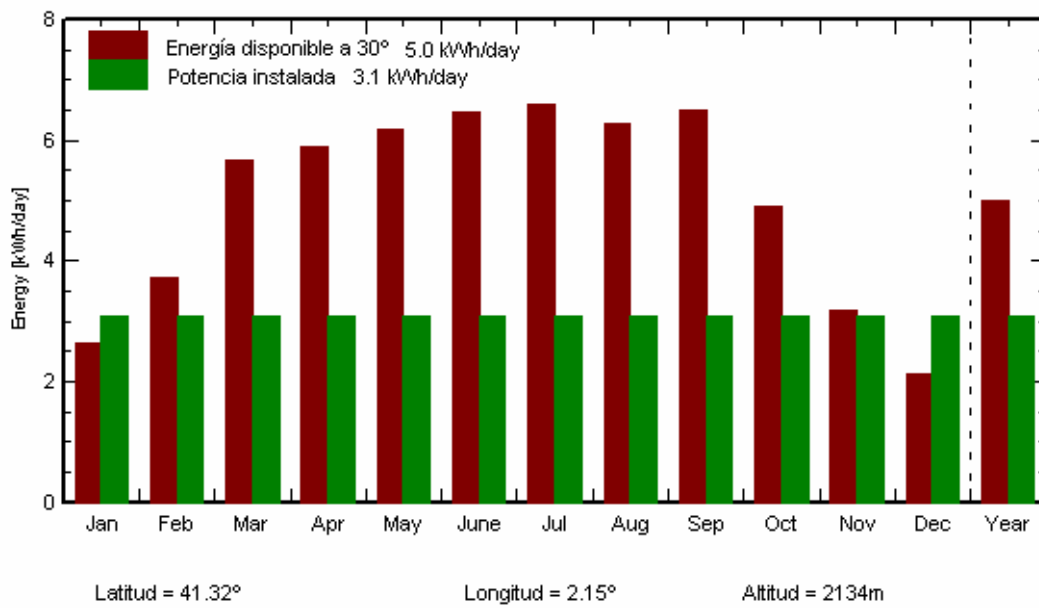
Grafica 2: colocación de los paneles a 70°



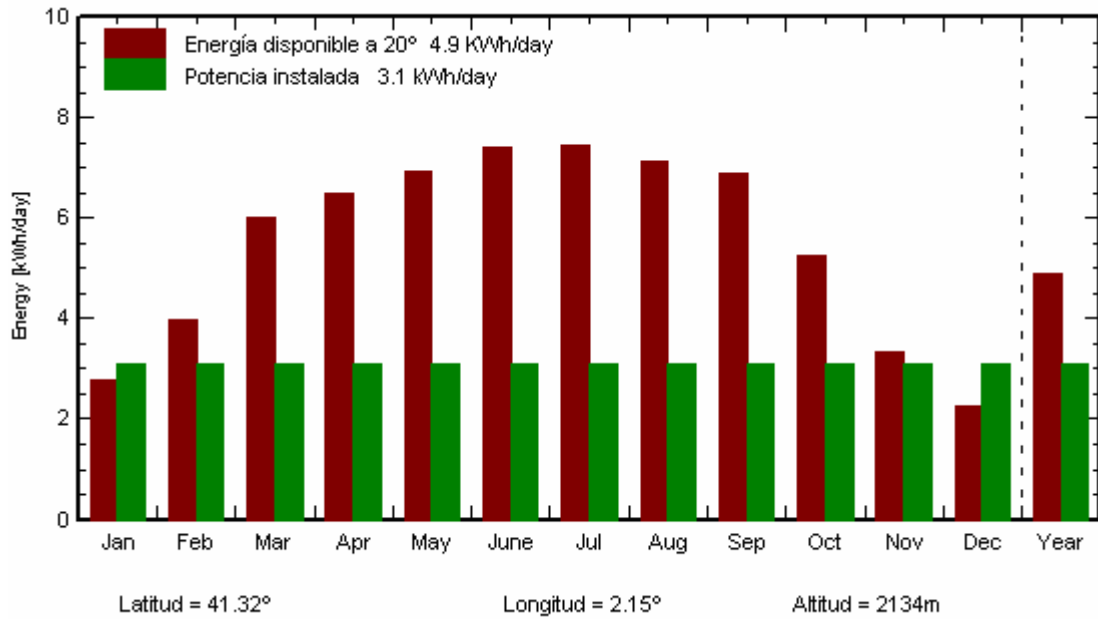
Grafica 3: colocación de los paneles a 60°



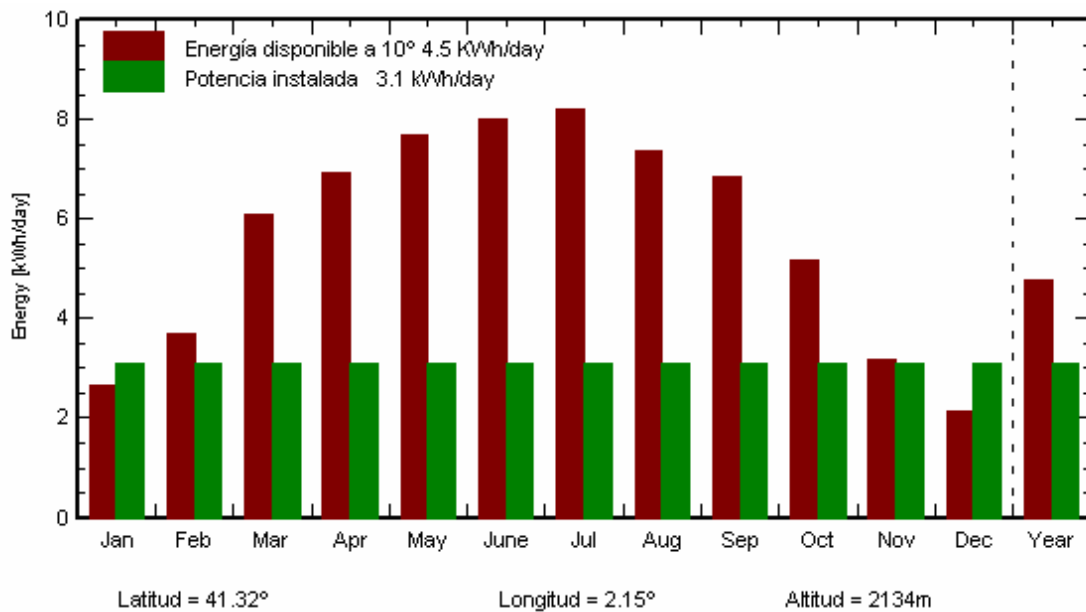
Grafica 5: colocación de los paneles a 40°



Grafica 6: colocación de los paneles a 30°



Grafica 7: colocación de los paneles a 20°

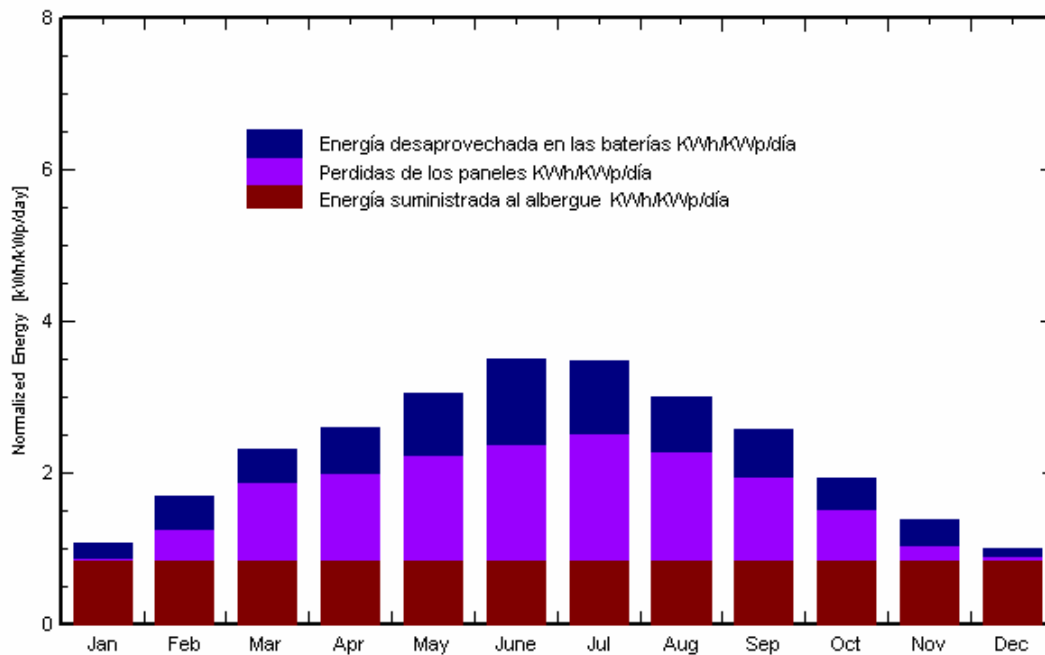


Grafica 8: colocación de los paneles a 10°

Como se puede observar en las distintas graficas la mejor colocación de los paneles es a 30° sobre la horizontal del suelo, ya que es la posición donde más incide la radiación a lo largo del año.

2.3 PERDIDAS DE LA INSTALACIÓN

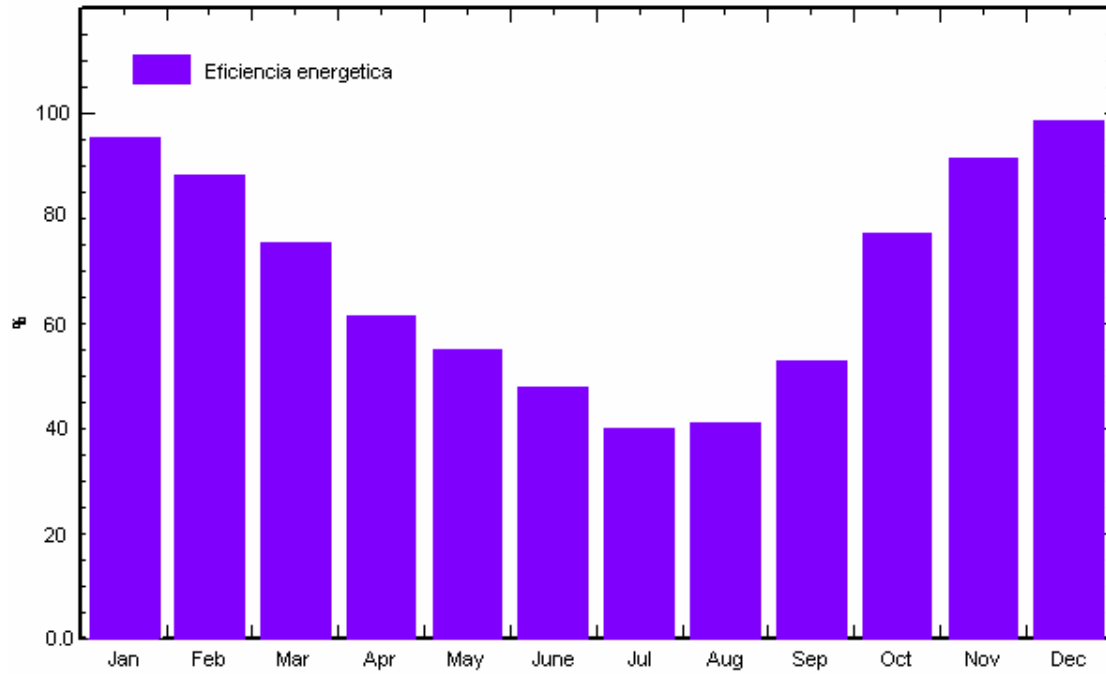
Esta grafica muestra las perdidas producidas a lo largo del año, dependiendo de la radiación que se produce, colocando los paneles con una inclinación de 30° sobre la horizontal del suelo.



Grafica 9: perdidas de la instalación

Las perdidas en la instalación son tan elevadas en los meses de verano, porque los cálculos han sido efectuados pensando en el mes más desfavorable y así poder abastecer al albergue durante todo el año, con energía solar fotovoltaica.

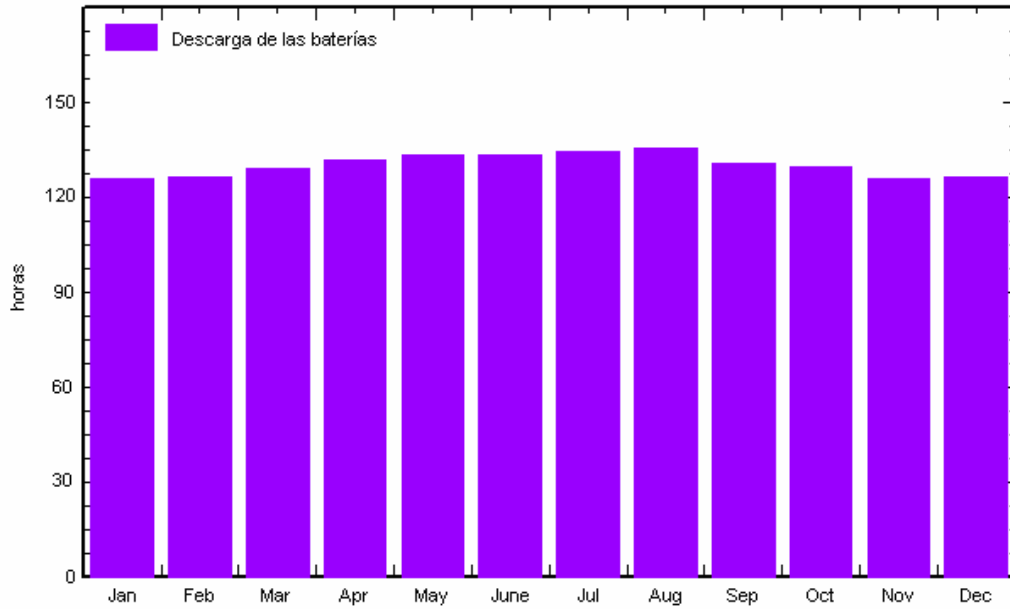
2.4 EFICIENCIA ENERGETICA



Grafica10: eficiencia energética de cada mes a lo largo del año

La grafica nos indica el aprovechamiento de los paneles a lo largo del año, dividido por meses. Como la instalación esta calculada para el mes más desfavorable (mes de diciembre), vemos que en el mes de diciembre la eficiencia energética es del 97%.

2.5 DESCARGA DE LAS BATERÍAS



Grafica 11: Tiempo de descarga de las baterías

Las baterías son capaces de durar durante un periodo de 5 días tal y como se calculo previamente en el apartado 1.7.

3. PLAN DE RECICLBILIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN

En este estudio, se plantea que hacer con la instalación una vez se le ha terminado su vida útil.

Para ello se realiza una clasificación de los distintos materiales utilizados, tales como los paneles fotovoltaicos, las convertidores, cables, etc... y se estudia el procedimiento de reciclaje que tiene que pasar cada uno de ellos.

Una vez analizados estos aspectos se determina el grado de reciclabilidad de los materiales o equipos utilizados, y el tanto por ciento de utilización respecto al resto al total de los materiales, para obtener saber el grado de reciclabilidad total de la instalación.

También hay que tener en cuenta que si el grado de reciclabilidad es bajo o no es el deseado, se tendrá que analizar cuales son los materiales que hacen que el grado de reciclabilidad baje y cambiarlo por otros materiales con mayor reciclabilidad que realicen la misma función.

3.2 ELEMENTOS A RECICLAR

En este apartado nos disponemos hacer una separación de los diferentes materiales que existen en la instalación tanto eléctrica como fotovoltaica y así poder reciclar cada uno de ellos por separado y analizar los índices de reciclabilidad y el lugar a donde se han de llevar para poder ser tratados en su reciclaje.

3.2.1 Paneles fotovoltaicos

los paneles fotovoltaicos están regulados por la NORMA UNE 206001: 1997 EX, la cual se aplica a los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino de aplicación terrestre. Que tiene por objetivo definir los criterios ecológicos que caracterizan a aquellos módulos fotovoltaicos con un menor efecto sobre el medio ambiente.

Las características más importantes son:

- Para su fabricación se utilizarán previamente vidrio y aluminio reciclado.
- El fabricante deberá aceptar la devolución del producto con la marca AENOR – MEDIO AMBIENTE usados, y tratarlos adecuadamente para su reciclado e eliminación, en las instrucciones de uso se hará constar esta circunstancia.
- El envase de los paneles deberá cumplir lo establecido en la ley 11/1997, de 24 abril, de envase y Residuos de Envase.

3.2.2 Estructuras de soporte de los paneles

Las estructuras de soporte de los paneles están formadas por aluminio, el cual tiene un alto grado de reciclabilidad (98%), con una reutilización del 65% del material, un uso como combustible para obtención de energía del 33% y con unas pérdidas del 2%.

3.2.3 Equipos electrónicos y eléctricos

La continua aparición de nuevos y sofisticados aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) es una constante en nuestros días. Crecen 3 veces más rápido que el promedio de residuos sólidos urbanos. A este aumento en la producción de residuos hay que añadirle el hecho que en su composición encontramos determinados compuestos peligrosos como ciertos metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, cromo), algunas sustancias halogenadas (clorofluorocarburos), PBC (bifelinos policlorados), PVC (policloruro de vinilo) y retardadores de llama o materiales ignífugos como el amianto y e arsénico. La evidente necesidad de tratamientos de estos residuos he hecho que la Unión Europea adopte una serie de directivas para legislarlos.

La primera de ellas ha sido la directiva 2002/96/CE, en la que se definen los RAEE como los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y lo aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

Recogida: para asegurar la viabilidad del reciclaje de estos residuos es fundamental que exista un sistema de recogida que asegure un correcto flujo de los residuos. Actualmente los RAEE son recogidos mediante un sistema de recogida selectiva habilitado en los Puntos Limpios.

Reciclaje: uno de los problemas ambientales que se deriva de la deficiente gestión que hoy en día existe en general de los RAEE es que el 90% de los mismos se depositan en vertederos, se incendian o se valorizan sin ningún tratamiento previo, originando problemas de contaminación atmosférica y de suelos. Para ello en la nueva directiva europea se establece que los estados miembros deberán velar porque los fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos organicen sistemas de tratamiento de los RAEE.

Dada la heterogeneidad de composición de los RAEE, existén distintos sistemas de reciclado. Para facilitar el reciclado se puede seguir cinco corrientes distintas, que determinarán los posteriores tratamientos:

- Grandes equipos, que requieren un desmontaje previo.
- Equipos que contiene vidrio activado o plomo.

- Equipos que contienen CFCs, HCFCs o similares.
- Equipos sin vidrio y sin CFCs, pero con un alto valor.
- Equipos sin vidrio y sin CFCs, pero con un bajo valor.

La totalidad e estos aparatos eléctricos y electrónicos son sometidos a un proceso de descontaminación donde son retirados los componentes potencialmente peligrosos.

Aplicaciones: El principal uso que se da hoy en día en España a los aparatos electrónicos y eléctricos es la reutilización, y la utilización de las materias recuperadas como materias primas secundarias. Entre ellas destacan los metales como cobre, aluminio y hierro, el vidrio, los plásticos, etc..

3.2.4 Baterías

Las baterías pueden estar formadas de níquel, mercurio, litio plomo o cadmio que son elementos químicos habituales en estos acumuladores de energía, que son capaces de transformar la energía química en eléctrica.

Una vez acabada su vida útil se deben hacer llegar al punto limpio más cercano. Para ello, sólo se tiene que poner en contacto con el ayuntamiento.

La reutilización de las baterías tiene un porcentaje muy elevado, se puede llegar a reutilizar el 99% del material, el único resto son los adornos, como por ejemplo las pegatinas.

Como dato significativo, el reciclado de las baterías de lo coches es la principal fuente de obtención de plomo que existe en nuestro país.

3.3 GRADO DE RECICLABILIDAD DE LA INSTALACIÓN

Este apartado consiste en analizar el porcentaje de cada elemento que se utiliza en relación a la suma de todos ellos y el grado de reciclabilidad de cada uno, para poder calcular el tanto por ciento de reciclabilidad de la instalación.

3.3.1 Proporción de uso de los elementos

ELEMENTOS	GRADO DE UTILIZACIÓN
Paneles fotovoltaicos	40%
Estructuras de soporte de los paneles	10%
Equipos electrónicos y eléctricos	35%
Baterías	15%

Tabla23: uso de los elementos

3.3.2 Grado de reciclabilidad de los elementos

ELEMENTOS	GRADO DE RECICLABILIDAD
Paneles fotovoltaicos	90%
Estructuras de soporte de los paneles	98%
Equipos electrónicos y eléctricos	90%
Baterías	99%

Tabla 24: reciclabilidad de los elementos

3.3.3 Grado de reciclabilidad total

ELEMENTOS	GRADO DE RECICLABILIDAD	GRADO DE UTILIZACIÓN
Paneles fotovoltaicos	90%	40%
Estructuras de soporte de los paneles	98%	10%
Equipos electrónicos y eléctricos	90%	35%
Baterías	99%	15%
GRADO DE RECICLABILIDAD TOTAL = 92.15%		

Tabla24: grado de reciclabilidad

4. ESTUDIO AMBIENTAL

4.1 INTRODUCCIÓN

Consiste en analizar los factores de contaminación que afectan a esta instalación teniendo en cuenta el lugar donde se encuentra y compararlo con los producidos por la instalación anterior (*un generador de gasóleo*), para averiguar qué instalación tendría menos agentes contaminantes en el entorno y por tanto cual sería mejor en cuestiones ambientales.

Puntos a tratar:

- Ahorro de emisiones contaminantes y CO_2
- Contaminación acústica
- Impacto ambiental

4.2 AHORRO DE EMISIONES CONTAMINANTES Y CO_2

Según los datos del instituto para la diversificación y ahorro energético I.D.A.E, un motor de gasóleo produce una media de 2,3 kg de CO_2 , por cada litro de combustible que consume.

Teniendo en cuenta los datos del albergue que requiere de un total de 1127,85 Kwh anuales par su consumo y que el generador instalado de gasóleo tiene un rendimiento de 0.4 y consume 0.09524 litros de gasolina por Kwh, estamos contaminación un total de CO_2 del:

$$CO_2(kg) = \left(\frac{0.09524 \text{Kwh}}{0.4} \cdot 1127,85 \text{Kwh} \right) \cdot 2.3 \text{Kg} / l = 617.65 \text{Kg de } CO_2 \text{ al año}$$

Una instalación fotovoltaica en cambio no produciría ninguna contaminación de emisiones de CO_2 , por lo que nos estaríamos ahorrando el 100% de contaminación por emisiones de CO_2 .

Por lo que estaríamos contribuyendo con la conservación del parque natural de Aigües Tortes y su entorno.

4.3 CONTAMINACIÓN ACUSTICA

Este tipo de contaminación quedaría reducida prácticamente a 0, ya que la instalación fotovoltaica no contiene partes móviles y no genera ningún tipo de ruido en su transformación a energía eléctrica.

Por lo que estaríamos produciendo menos contaminación acústica que un generador de gasóleo, el cual sí que produce ruido en su conversión a energía eléctrica.

4.4 IMPACTO VISUAL

En este caso la instalación fotovoltaica genera un mayor impacto visual, que el generador de gasóleo.

Para minimizar al máximo este impacto visual y así estar acorde con el paisaje en el cual nos encontramos las placas fotovoltaicas han sido colocadas en el tejado del albergue.

Por lo que se puede decir que el impacto visual producido por el campo fotovoltaico es mínimo.