



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

Índice

| | |
|---|----|
| 1.Memoria..... | 3 |
| 1.1Memoria Descriptiva..... | 4 |
| 1.Objetivos del trabajo..... | 5 |
| 2.Introducción al problema..... | 6 |
| 3.Normativa..... | 7 |
| 4.Descripción de la instalación exterior..... | 7 |
| 4.1Localización y descripción de la vivienda..... | 7 |
| 4.2Necesidades energéticas de la vivienda..... | 8 |
| 4.3Instalación fotovoltaica..... | 11 |
| 4.3.1Instalación fotovoltaica conectada a red..... | 11 |
| 4.3.2Instalación fotovoltaica aislada de la red..... | 13 |
| 5.Instalación interior de la vivienda..... | 16 |
| 6.Puesta a tierra..... | 19 |
| 7.Estudio de iluminación..... | 21 |
| 8.Plan de mantenimiento de la instalación..... | 24 |
| 9.Estudio económico..... | 29 |
| 1.2 Cálculos..... | 34 |
| 1.Consideraciones generales..... | 35 |
| 2.Datos de partida..... | 35 |
| 2.1Recibos de la luz de una vivienda..... | 35 |
| 2.2Contabilidad energética..... | 35 |
| 3.Cálculo de la producción por panel..... | 42 |
| 4.Instalación conectada a red..... | 43 |
| 4.1Cálculo del nº de paneles necesarios..... | 43 |
| 4.2Cálculo del cableado..... | 45 |
| 5.Instalación aislada de la red..... | 46 |
| 5.1Cálculo del consumo de la instalación y nº de paneles..... | 46 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.2 | Cálculo del acumulador..... | 49 |
| 5.3 | Cálculo del nº de reguladores de carga..... | 49 |
| 5.4 | Cálculo del cableado..... | 49 |
| 6. | Cálculo de la puesta a tierra..... | 50 |
| 2. | Presupuesto..... | 52 |
| 1. | Presupuesto..... | 53 |
| 1.1 | Instalación conectada a red..... | 53 |
| 1.2 | Instalación aislada de la red..... | 57 |
| 3. | Anexos a la memoria..... | 64 |
| 1. | Ejemplo de tabla de radiaciones del PVGIS..... | 65 |
| 2. | Equipamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas/aisladas de la red..... | 67 |
| 2.1 | Paneles fotovoltaicos Suntech STP250-20WD..... | 67 |
| 2.2 | Inversor Solar Max 3000S..... | 68 |
| 2.3 | Regulador de carga Victron Energy Blue Solar MPPT 75/50..... | 69 |
| 2.4 | Baterías Rolls Battery 12CS 11P..... | 69 |
| 2.5 | Inversor Victron Energy Phoenix 24/5000..... | 70 |
| 3. | Datos de las luminarias..... | 71 |
| 4. | Distribución de las estancias de la vivienda..... | 73 |
| 5. | Distribución del cableado de la vivienda..... | 74 |
| 4. | Planos y esquemas | |
| 1. | Esquema de distribución de tierras instalación conectada a red. | |
| 2. | Esquema de distribución de tierras instalación aislada de la red. | |
| 3. | Diagrama unifilar cableado interior (aislada de la red). | |
| 4. | Diagrama unifilar cableado interior (conectada a la red). | |
| 5. | Distribución en planta del cableado. | |
| 6. | Conexión de equipos fotovoltaicos instalación conectada a red. | |
| 7. | Conexión de equipos fotovoltaicos instalación aislada de red. | |
| 8. | Localización de la vivienda. | |

1. MEMORIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

1. Objetivos del trabajo

1.1 Descripción de los objetivos

Con este trabajo se pretende diseñar una vivienda unifamiliar energéticamente sostenible en la que residan 4 personas durante la mayor parte del año mediante una instalación de paneles fotovoltaicos en dos supuestos:

- Que la vivienda esté conectada a la red eléctrica.
- Que la vivienda esté aislada de la red eléctrica.

Para reducir el consumo eléctrico en la medida lo posible y garantizar la sostenibilidad energética de la vivienda:

- Se utilizarán electrodomésticos eficientes A+ o superior (según el etiquetado europeo)
- La iluminación de la vivienda se hará con lámparas LED.

Se pretende hacer también un estudio de iluminación con la ayuda de software específico para obtener un nivel de iluminación adecuado en las estancias de la vivienda.

Además, se hará un presupuesto y el consiguiente estudio de viabilidad económica comparando las distintas soluciones posibles explicando la conveniencia o no de cada una de ellas (aislada o conectada a red).

Por último, aconsejará seguir un plan de mantenimiento que garantice la integridad de las personas y de la instalación en general.

Se tendrá en cuenta la normativa vigente a la hora de diseñar y calcular cada una de las partes de la instalación.

1.2 Alcance del trabajo y competencias a adquirir

El alcance y las competencias a adquirir mediante la realización del presente trabajo son las siguientes:

- Tomar decisiones y razonar de forma crítica.
- Resolver problemas con iniciativa propia.
- Aplicar los conocimientos de teoría de circuitos para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas.
- Conocimientos y capacidades para gestionar proyectos
- Conocer las diferentes fuentes de energía y los principios básicos de la gestión energética para su posterior aplicación.
- Utilizar software de diseño de instalaciones eléctricas.

2. Introducción al problema

2.1 Antecedentes

En este trabajo tratará de resolver el problema de la producción de electricidad mediante un sistema de paneles fotovoltaicos en una vivienda unifamiliar de 4 personas.

Para ello, se calculará el equipo necesario para la definición de la instalación en los dos supuestos: vivienda conectada a la red y vivienda aislada de la red.

Cada una de las dos situaciones es diferente: si se elige la opción de vivienda conectada a red, la instalación será más sencilla y económica ya que se necesitarán menos paneles fotovoltaicos y equipos (por ejemplo, el inversor) de menor potencia. Habrá algunos momentos del año en los que la producción de energía sea insuficiente y se deba consumir energía eléctrica de una compañía suministradora y otros momentos en los que la energía sobraré y se podrá introducir en la red.

Por el contrario, en una instalación aislada de la red, el nº de paneles será notablemente superior debido a que se debe garantizar siempre la energía necesaria en cualquier momento del año además de poder disponer de días de autonomía en el caso de que la irradiación solar sea insuficiente. Por ello, el inversor deberá tener mayor potencia si se compara con el de una instalación conectada a red.

Para poder tener dicha autonomía y suministro será necesario disponer de un sistema que almacene la energía eléctrica. Estos equipos son las baterías y los reguladores de carga para proteger las baterías.

La instalación eléctrica de la vivienda será la misma en ambos supuestos puesto que los requisitos energéticos son los mismos. Ello incluye el cableado y las protecciones, que se calcularán con el software CIEBT.

También se diseñará la iluminación de la vivienda gracias al software DIALUX para obtener un nivel adecuado de iluminación en cada una de las estancias de la vivienda.

2.2 Motivación y justificación del trabajo

Se diseñará la instalación fotovoltaica de la vivienda con el fin de consumir la menor energía posible mediante elementos eficientes (iluminación y electrodomésticos).

En el caso de la vivienda conectada a red, la factura eléctrica será menor que si se dependiera solamente de la compañía suministradora. Si la instalación está aislada de la red, esta factura no existirá ya que la vivienda será autosuficiente: producirá la energía que consuma.

Dada la escasez y el precio de algunas materias primas como el petróleo y el gas, el utilizar el Sol como fuente de energía es una opción completamente válida para la producción de energía eléctrica y también una fuente de ahorro para el consumidor.

Es necesario resaltar el papel que juega la energía solar: es una fuente de energía renovable que no produce residuos. De este modo, a la vez que se reduce el consumo con prácticas eficientes, se está produciendo una energía limpia que no produce emisiones lo cual afecta de forma favorable al medio ambiente.

Respecto al trabajo, se hace mención expresa de su carácter exclusivamente académico con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos durante los cursos del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

3. Normativa: aplicación y cumplimiento de leyes, normas y reglamentos

Para la realización del siguiente proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Instrucciones técnicas complementarias del reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Pliego de condiciones técnicas del IDAE.
- Recomendaciones CENSOLAR.

4. Descripción de la instalación exterior

4.1 Localización y descripción de la vivienda

Es una vivienda unifamiliar de una planta de 148 m² situada en el municipio de Almería (latitud: 36,84º - longitud:-2,48º). Consta de las siguientes estancias (la distribución de éstas puede encontrarse en el apartado *Anexos*):

- Habitación 1
- Habitación 2
- Habitación 3
- Baño 1
- Baño 2
- Salón
- Despacho
- Pasillo-recibidor
- Cocina
- Cuarto de limpieza

La instalación de los paneles solares se encuentra en el tejado de la vivienda, al disponer de espacio suficiente para ellos. Estos paneles están montados sobre una estructura que permite la variación de inclinación para aprovechar mejor la irradiación solar.

Además, todo el equipamiento asociado a los paneles (inversores, reguladores y acumuladores) también estará situado en el tejado, estando protegido de las inclemencias meteorológicas.

4.2 Necesidades energéticas de la vivienda

Las necesidades energéticas que se han empleado para dimensionar la vivienda son aquellas que garantizan un buen nivel de confort a una familia de 4 personas que reside en la vivienda durante gran parte del año.

Por tener un orden de magnitud, se parte del consumo anual de una familia de 4 personas que reside en una vivienda de un tamaño similar. Tomando como referencia los recibos de la luz de esta vivienda, el consumo total anual de la vivienda asciende a 4106 KWh.

Para dimensionar la instalación se han empleado electrodomésticos eficientes (A+ o superior) así como iluminación LED con el fin de mantener un consumo lo más reducido posible. En las siguientes tablas se recogen los elementos que se han tenido en cuenta para realizar la estimación:

- Electrodomésticos de cocina y limpieza:

| |
|--------------------------|
| Frigorífico + Congelador |
| Lavadora |
| Lavavajillas |
| Horno |
| Microondas |
| Batidora |
| Campana Extractora |
| Cafetera |
| Tostadora |
| Plancha de la ropa |
| Panel de inducción |

Tabla 4.1 .Elementos cocina y limpieza

- Ofimática, telefonía, televisiones y música:

| |
|---------------------------|
| 4x Cargadores smartphone |
| 3x Cargadores PC portátil |
| 2x Televisiones pequeñas |
| Televisión grande |
| Impresora |
| Router |
| Consola de videojuegos |
| 2x Radio-Despertador |

Tabla 4.2 .Elementos ofimática, telefonía, televisiones y música.

- Climatización, baño y otros:

| |
|------------------------------------|
| Climatización (Sistema multisplit) |
| Secador |
| Taladro |
| Sierra de calar |

Tabla 4.3 .Elementos climatización, baño y otros.

- Iluminación obtenida mediante el software DIALUX (toda a base de LEDs) :

| |
|---|
| 4x Fagerhults Belysning AB 11946-402 Combilume Ceiling Delta 300-1200 alugrey 830 |
| 2x Fagerhults Belysning AB 64801 D63 Wall |
| 6x Havells-Sylvania 3097918 MATRIX LED 3K PIANO BLACK DALI |
| 5x Insta Elektro GmbH il 2046 P11 830 2500 DA 00 instalight Flat |
| 9x Insta Elektro GmbH LEDLUX LS 850X LWHC070 IP64 0985 xxx xxx x x instalight LEDLUX LS |
| 3x Philips Lighting BPS640 W21L125 1xLED48/840 LIN-PC |

| |
|---|
| 3x Philips Lighting SM120V 1xLED36S/830 W20L120 |
| 1x Philips Lighting SM120V 1xLED37S/840 W60L60 |
| 2x Prisma 303450 Quasar 10 1WB |
| 4x Thorlux Lighting EFB15566 Mini-8LED Maintained Opal-4W |

Tabla 4.4 .Lista de luminarias.

Con todos los elementos expuestos, se obtiene el siguiente consumo:

| MES | CONSUMO (KWh) |
|---------------|----------------------|
| Enero | 405,44 |
| Febrero | 328,88 |
| Marzo | 235,28 |
| Abril | 235,28 |
| Mayo | 228,08 |
| Junio | 336,815 |
| Julio | 309,424 |
| Agosto | 222,51 |
| Septiembre | 283,61 |
| Octubre | 252,6 |
| Noviembre | 235,98 |
| Diciembre | 374,98 |
| Total: | 3448,79 |

Tabla 4.5 .Consumos por mes y total.

Si se compara este consumo total con el de los recibos, el ahorro de energía es de un 16%, dato a tener en cuenta ya que además de reducirse el consumo también la vivienda aumenta sus

prestaciones (se instala un panel de inducción, el nivel de iluminación es mayor, hay climatización en más estancias de la vivienda...).

4.3 Instalación fotovoltaica

Como se ha dicho anteriormente, se calculará la instalación para dos supuestos: vivienda conectada a red y vivienda aislada de la red. Por ello, se describirá primero la instalación conectada a red y luego la aislada. Las soluciones en ambos supuestos serán diferentes.

En ambos casos, los paneles fotovoltaicos estarán orientados al sur y además podrán variar su inclinación con el fin de captar la máxima energía posible. Las inclinaciones son las siguientes:

- 65º en Diciembre, Enero y Febrero.
- 35º en Marzo, Abril y Mayo.
- 5º en Junio, Julio y Agosto.
- 35º en Septiembre, Octubre y Noviembre

4.3.1 Instalación fotovoltaica conectada a red

Se va a dimensionar primero la instalación fotovoltaica conecta a red. Se necesitará fundamentalmente definir dos cosas: el nº de paneles y el inversor.

4.3.1.1 Dato de consumo

El dimensionamiento de esta parte se hará mediante el consumo medio diario de la instalación. Este dato se obtiene dividiendo el consumo total entre el nº de días del año, dando como resultado un consumo medio diario de 9499,74 Wh.

4.3.1.2 Nº de paneles fotovoltaicos y conexionado.

Los paneles utilizados son “Suntech STP 250S-20WD” con una potencia máxima de 250 W. Se han escogido estos paneles por ser del mayor productor de paneles y que además poseen una relación calidad-precio ajustada (sus características se adjuntan en el apartado *Anexos*).

Con los datos del panel fotovoltaico y con los datos de irradiancia obtenidos mediante PVGIS, la producción diaria media por panel es de 1589,556 Wh. A este dato se le aplican los siguientes coeficientes:

- Tolerancia de potencia (dato del fabricante): 5%
- Pérdidas de temperatura (calculadas con datos del fabricante): 4,26%
- Pérdidas por suciedad (estimadas): 2%
- Pérdidas en cableado (estimadas): 3%
- Pérdidas por rendimiento del inversor (dato del fabricante): 4,6%

Con estos datos se obtienen 7,38 paneles. Para cumplir los requisitos de energía necesaria se pondrán 8 paneles.

Se conectarán todos los paneles en serie. Esto tiene su explicación: es más eficiente y se utilizan secciones menores de cable. Además el inversor viene limitado por la máxima corriente que puede admitir.

Sin embargo, si falla un panel la vivienda se queda sin suministro fotovoltaico. Pero al estar conectada a red siempre se tendría energía disponible. Esto sería un problema si la vivienda estuviese aislada de la red.

4.3.1.3 Inversor

El inversor de corriente es el elemento necesario para transformar la corriente continua proveniente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, que es la que la mayoría de los aparatos del hogar utilizan para funcionar.

La potencia total de los paneles solares asciende a 2000 W. Para ello, se instalará un inversor que sea capaz de suministrar esta potencia. El inversor es el modelo "Solar Max 3000S". Se comprueba que se cumplen las características para instalar el inversor propuesto:

- El inversor tiene una potencia de salida de 2750 W, suficiente para suministrar los 2000 W que provienen de los paneles.
- El rango de tensiones para MPP (Maximum Power Point) es de 100 a 550 V. Los paneles dan una tensión de 245,6 V, por lo que estaría dentro del rango.
- La intensidad máxima que admite el inversor es de 11 A por lo que soportaría los 8,63 A que generan los paneles.

Se escoge este modelo de inversor por su fiabilidad y un excelente servicio post-venta. Además, posee un sistema de refrigeración inteligente y una interfaz de monitorización por internet.

4.3.1.4 Secciones de cables y tubos

El cable utilizado para conectar los paneles con el inversor deberá cumplir los requisitos necesarios para su instalación y cumplirá los requisitos que se exponen en la ITC-BT-20. El conexionado con los paneles se hará con la caja de conexiones que hay por detrás de éstos. El cable a el cable obtenido tiene una sección de 0,5 mm². Sin embargo, debe utilizarse una sección de 4mm² para que se pueda conectar con los paneles.

Para el tubo que envolverá al cable, se consulta la tabla 2 de la ITC-BT-21 obteniéndose un tubo de 12 mm de diámetro exterior.

Otro cable a dimensionar es el conductor de protección. Este cable conecta todas las masas metálicas del sistema fotovoltaico con la puesta a tierra con el fin de evitar que aparezcan diferencias de potencial peligrosas y descargar posibles corrientes de defecto. Se consulta en la tabla 2 de la ITC-BT-18 y se obtiene un conductor de protección de 4 mm².

4.3.2 Instalación aislada de la red

Se va a dimensionar la instalación fotovoltaica aislada de la red. Esta instalación es más extensa que la conectada a red debido a que la energía producida proviene toda de los paneles solares y además se debe garantizar cierta autonomía a la instalación. Se necesitará fundamentalmente definir: nº de paneles, reguladores de carga, acumuladores e inversores.

4.3.2.1 Dato de consumo

Para dimensionar la instalación, se debe partir de la situación más desfavorable. La situación más desfavorable se encuentra en el mes de Enero por ser el mes del año en el que más energía se consume. Este consumo asciende a 405,44 KWh mensuales por lo que diariamente supondrá un consumo medio de 13,08 KWh diarios. Este último será el consumo que se utilizará para dimensionar la vivienda.

4.3.2.2 Nº de paneles fotovoltaicos y conexionado

Al funcionar esta instalación mediante acumuladores, el primer dato que se necesita conocer es la tensión a la cuál funcionará la instalación. Esta tensión será de 24 V, que es una solución de compromiso: si se utiliza una tensión menor (12 V) las secciones de cable serán mayores y el nº de paneles será mayor. Si por el contrario se utiliza una tensión mayor (48 V o más) los equipos necesarios aumentan su precio considerablemente además de conectar más equipos en serie, lo que puede suponer un suministro de energía insuficiente si ocurre algún fallo (si se produce un fallo en una rama con elementos en serie, la rama entera queda inutilizable).

Los paneles utilizados son "Suntech STP 250S-20WD" con una potencia máxima de 250 W. Se han escogido estos paneles por ser del mayor productor de paneles y que además poseen una relación calidad-precio ajustada (sus características se adjuntan en el apartado *Anexos*).

Utilizando la tensión del sistema a 24 V, el consumo diario de la instalación es de 546,82 Ah. Además con los datos de irradiancias obtenidos con el PVGIS y sabiendo la máxima tensión de operación del panel, en Enero el panel producirá 41,244 Ah diarios.

Al consumo diario de 544,94 Ah se le aplican los siguientes coeficientes:

- Tolerancia de potencia del panel (dato del fabricante): 5%
- Pérdidas por suciedad (estimadas): 2%
- Pérdidas del inversor (dato del fabricante): 6%
- Pérdidas del acumulador (dato del fabricante): 5%
- Pérdidas del regulador de carga (dato del fabricante): 2%
- Pérdidas del cableado (estimadas): 2%
- Pérdidas por autodescarga del acumulador (estimado): 1%
- Pérdidas por temperatura (calculadas con datos del fabricante): 2%

Con ello se obtienen 705,05 Ah necesarios diariamente. Sabiendo la energía por panel, resultan 17,27 ramas en paralelo. Para cumplir los requisitos de energía necesaria se pondrán 18 ramas en paralelo. Además cada rama estará compuesta por un panel fotovoltaico.

En resumen, se dispondrán 18 paneles fotovoltaicos conectados en paralelo.

4.3.2.3 Reguladores de carga

El regulador es el equipo encargado de controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los paneles fotovoltaicos hasta las baterías. Evita que se produzcan cargas o descargas agresivas de las baterías.

El modelo de regulador escogido es “Victron Energy Blue Solar Charger MPPT 75/50”. Serán necesarios 4 reguladores conectados en paralelo.

Es un modelo que destaca su seguimiento MPPT, una eficiencia muy alta y es posible conocer su estado a través de un smartphone o tablet. También dispone de amplia protección electrónica y el algoritmo de carga es flexible.

4.3.2.4 Baterías

Las baterías o acumuladores son el dispositivo que almacena la energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos con la finalidad de disponer de dicha energía en los momentos en los que el sol no luzca lo suficiente o se necesite un extra de energía.

Las baterías que se utilizarán son “Rolls Battery 12CS 11P” que ofrecen una duración muy alta (15 años). La capacidad de estas baterías de 12 V es de 357 Ah (20 hours rate).

Para el dimensionamiento de las baterías se supondrá una autonomía de 3 días (suficiente para el lugar en el que se sitúa la vivienda) y una profundidad de descarga del 60%.

Con el dato de 712,25 Ah necesarios al día, se necesitará una capacidad de la batería de 3561,23 Ah diarios. Con ello se obtendrán 10 ramas en paralelo de 2 baterías cada una, es decir, 20 baterías de 12 V en total.

Se escogen las baterías por su gran duración y garantía. No se han escogido baterías más pequeñas o de menor duración porque a largo plazo no es una opción tan económica como la propuesta (aunque el desembolso inicial es considerable).

4.3.2.5 Inversor

El inversor de corriente es el elemento necesario para transformar la corriente continua proveniente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, que es la que la mayoría de los aparatos del hogar utilizan para funcionar.

Teniendo en cuenta que la potencia total fotovoltaica instalada es de 4,5 KW y un consumo instantáneo máximo de 8,878 KW, se escogen 2 inversores “Victron Energy Phoenix 24/5000” conectados en paralelo que garantizarán la conversión de corriente.

Se ha escogido este inversor por su diseño, que utiliza tecnología híbrida de alta frecuencia. Además, este inversor es capaz de soportar potencias de arranque grandes. También dispone de conexión para PC.

4.3.2.6 Secciones de cables y tubos

El cable utilizado para conectar los paneles con el inversor deberá cumplir los requisitos necesarios para su instalación y cumplirá los requisitos que se exponen en la ITC-BT-20. El conexionado con los paneles se hará con la caja de conexiones que hay por detrás de éstos. Las secciones de cable utilizadas se recogen en la siguiente tabla:

| Tramo | Sección (mm ²) | Caída de tensión (%) |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
| De paneles a reguladores | 10 | 0,25 |
| De reguladores a acumuladores | 95 | 1 |
| De acumuladores a inversor | 35 | 0,25 |

Tabla 4.6 .Secciones de cables.

Para los tubos que envolverán a los cable, se consulta la tabla 2 de la ITC-BT-21 obteniéndose:

| Tramo | Diámetro del tubo (mm) |
|-------------------------------|------------------------|
| De paneles a reguladores | 20 |
| De reguladores a acumuladores | 63 |
| De acumuladores a inversor | 32 |

Tabla 4.7 .Diámetro de los tubos.

Otro cable a dimensionar es el conductor de protección. Este cable conecta todas las masas metálicas del sistema fotovoltaico con la puesta a tierra con el fin de evitar que aparezcan diferencias de potencial peligrosas y descargar posibles corrientes de defecto. Se consulta en la tabla 2 de la ITC-BT-18 y se obtiene:

| Tramo | Sección del cable (mm ²) |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| De paneles a reguladores | 10 |
| De reguladores a acumuladores | 50 |
| De acumuladores a inversor | 16 |

Tabla 4.8 .Secciones conductores de protección.

5. Instalación interior de la vivienda

5.1 Cableado de la vivienda y canalizaciones

El cableado de la vivienda se ha calculado gracias al software CIEBT, en el cual se han introducido los datos necesarios de potencia por circuito y la longitud de cada línea. El software arroja los siguientes resultados:

| Denominación | P.Cálculo (W) | Dist.Cálculo (m) | Sección (mm ²) | I.Cálculo (A) | I.Adm. (A) | C.T.Parc. (%) | C.T.Total (%) | Dimensiones(mm) Tubo,Canal ,Band. |
|----------------------|---------------|------------------|----------------------------|---------------|------------|---------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 2558.25 | 0.3 | 2x4Cu | 13.9 | 31 | 0.01 | 0.18 | |
| Tomas frigorífico | 2956.2 | 20.77 | 2x2.5+TTx2.5 Cu | 16.07 | 21 | 1.92 | 2.1 | 20 |
| Iluminación | 142.79 | 17.6 | 2x1.5+TTx1.5 Cu | 0.62 | 15 | 0.12 | 0.3 | 16 |
| Tom baños-aux cocina | 2017.5 | 17.94 | 2x2.5+TTx2.5 Cu | 10.96 | 21 | 0.54 | 0.71 | 20 |
| 2 | 1830.97 | 0.3 | 2x6Cu | 9.95 | 40 | 0.01 | 0.17 | |
| Ldora-Lvajila | 451.95 | 9.5 | 2x4+TTx4Cu | 2.46 | 27 | 0.06 | 0.23 | 20 |
| Horno | 1050 | 5.8 | 2x6+TTx6Cu | 5.71 | 36 | 0.07 | 0.25 | 25 |
| Climatiz. | 2160 | 11.88 | 2x6+TTx6Cu | 11.74 | 36 | 0.32 | 0.49 | 25 |

Tabla 5.1 .Tabla de datos del CIEBT.

Antes de analizar los datos obtenidos, es necesario hacer las siguientes aclaraciones:

- Se ha dimensionado la instalación teniendo en cuenta la ITC-25
- Al existir un equipo de refrigeración, la norma obliga a poner un circuito adicional para éste sólo.
- Al haber un circuito más, es necesario separar en dos líneas la instalación, protegidas cada una por un interruptor diferencial.
- Estos circuitos son el 1 y el 2 (según la tabla). El circuito 1 comprende las líneas de las tomas generales de corriente-frigorífico, la iluminación y las tomas de corriente de los baños-tomas auxiliares de cocina mientras que el circuito 2 comprende la lavadora-lavavajilla, horno y refrigeración.
- Los tubos son de PVC y el cableado es de cobre.
- La longitud de cálculo de cada línea es la longitud desde la caja de protecciones hasta el punto más alejado de la línea.

Expuestas estas aclaraciones, es necesario hacer hincapié en los resultados obtenidos. Por una parte, se observa que las secciones obtenidas con el software son las mismas que las mínimas que dicta la norma. Esto tiene una explicación muy sencilla: en ningún punto de uso de la instalación se alcanza la máxima potencia por toma prevista ya que se están utilizando electrodomésticos eficientes e iluminación LED y además se aplican prácticas de consumo eficientes.

Por ello, la instalación está sobredimensionada: el cableado y los tubos son los mínimos que dicta la norma.

Pero esto también es bueno, significa que la instalación será más segura y tendrá menos pérdidas (la caída de tensión es considerablemente menor que la que dicta la norma, 3%).

Por otro lado, la separación de las líneas en los dos circuitos no es arbitraria. Se ha hecho separando de forma intencionada las líneas de refrigeración y las de los baños, puesto que éstas son las que más probabilidades tienen de hacer saltar las protecciones.

| Circuito | Sección mínima (mm²) |
|-------------------------|--|
| Iluminación | 1,5 |
| Tomas de uso general | 2,5 |
| Cocina y horno | 6 |
| Lavadora y lavavajillas | 4 |
| Baño y cuarto de cocina | 2,5 |
| Refrigeración | 6 |

Tabla 5.2 . Secciones mínimas según normativa.

5.2 Protecciones

Las protecciones de la vivienda son las mínimas que dicta la norma. Cada uno de los circuitos 1 y 2 ira protegido por un diferencial de 30mA y un magnetotérmico y las líneas individuales irán protegidas por el magnetotérmico que dicta la norma para cada línea:

| Circuito | Protección térmica mínima (A) |
|-------------------------|-------------------------------|
| Iluminación | 10 |
| Tomas de uso general | 16 |
| Cocina y horno | 25 |
| Lavadora y lavavajillas | 20 |
| Baño y cuarto de cocina | 16 |
| Refrigeración | 25 |

Tabla 5.3 . Protecciones mínimas según la norma.

Dichas protecciones irán en el cuadro de mando y protección de la vivienda que estará situado en el pasillo. Se dejará un hueco para el ICP en el caso en que sea necesaria su instalación (se utilizaría un "SCHNEIDER M1 ICP").

Para la protección diferencial, se propone el diferencial "Schneider Electric" de 40 A con las siguientes características:

| | |
|----------------|---------|
| Sensibilidad | 30 mA |
| Nº de polos | Bipolar |
| Clase | AC |
| Ancho por polo | 18 mm |
| Tensión | 230 V |
| Intensidad | 40 A |

Tabla 5.4. Características del diferencial.

Para la protección magnetotérmica, se propone el modelo "LEGRAND TX3 6KA 2P CURVA C" con las siguientes características (cada uno con su correspondiente intensidad):

| | |
|------------------|------|
| Nº de polos | 2 |
| Curva de disparo | C |
| Poder de corte | 6 KA |
| Ancho por polo | 18mm |

Tabla 5.5 .Características de la protección magnetotérmica.

6. Puesta a tierra

La puesta a tierra se utiliza en las instalaciones para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica de los elementos que puedan estar en contacto con los usuarios, por un fallo de aislamiento de los conductores activos, evitando el posible paso de la corriente al usuario.

En este caso, en la instalación fotovoltaica se dan 2 sistemas de puesta a tierra: I-T para la instalación fotovoltaica (continua) en las dos soluciones constructivas propuestas y un esquema T-T para la instalación conectada a red (entre la casa y el centro de transformación. Alterna).

6.1 Puesta a tierra instalación conectada a red

Esta conexión a tierra de continua se hace mediante un electrodo. En el caso del presente proyecto, se opta por un electrodo común para todas las masas de la instalación fotovoltaica junto con las de la instalación interior. De esta forma se evita que una de las puestas pueda influir en la otra así cómo también supone un ahorro económico al utilizar una sola puesta a tierra general.

Teniendo en cuenta que el terreno en el que está situada la vivienda (Almería) tiene una resistividad de aproximadamente 300 Ω m, se calcula un electrodo de las siguientes características (el electrodo estará enterrado a una profundidad no menor de 0,5 m):

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Cable enterrado | 30 m |
| Resistencia de puesta a tierra | 10 Ω |
| Sección del cable de cobre | 50 mm ² |

Tabla 6.1 .Puesta a tierra instalación conectada a red (continua).

El valor de la resistencia de puesta a tierra de 10 Ω se ha elegido teniendo en cuenta la resistencia aproximada del cuerpo humano (que en todo momento cumple con la normativa). La puesta a tierra de la red la proporciona el software CIEBT (15,8 Ω).

6.2 Puesta a tierra instalación aislada de la red

En este caso, la puesta a tierra de la parte de continua sería la misma que en el caso anterior:

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Cable enterrado | 30 m |
| Resistencia de puesta a tierra | 10 Ω |
| Sección del cable de cobre | 50 mm ² |

Tabla 6.2 .Puesta a tierra instalación aislada de red (continua).

Sin embargo, la parte de alterna de la instalación no estaría protegida, por lo que se hace necesario calcular una puesta a tierra adicional para esta parte. De este modo, manteniendo una resistencia similar a la proporcionada por el CIEBT en el apartado anterior:

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Cable enterrado | 19 m |
| Resistencia de puesta a tierra | 15,8 Ω |
| Sección del cable de cobre | 50 mm ² |

Tabla 6.3 .Puesta a tierra instalación aislada de red (alterna).

Para que ambas puestas a tierra no interfieran la una con la otra, éstas deben estar separadas al menos a una distancia de 13,9 m. (Se colocaría una puesta en el extremo izquierdo de la vivienda y otra en el extremo derecho)

7. Estudio de iluminación

Además de realizar la instalación fotovoltaica de la casa y el dimensionamiento de la instalación interior, en este trabajo también se realizará un estudio de iluminación.

Como ya se ha comentado, se utilizará iluminación LED en toda la vivienda. Sus ventajas frente a las lámparas de incandescencia son claras:

- Es menos contaminante ya que no se utiliza ni mercurio ni tungsteno en su composición.
- La duración es significativamente mayor: 50000 horas frente a 2500 horas.
- No genera calor y, por tanto, es una de las razones por las que consumen menos (llegando incluso a un 80% menos).

Sin embargo el precio de estas lámparas es mayor pero esto se ve compensado por su larga duración.

7.1 Descripción del procedimiento

Para el cálculo de la iluminación de la vivienda se utilizará el software de cálculo DIALUX evo 5.0, disponible de forma gratuita desde la página web del fabricante, Dial.

Lo primero que es necesario hacer es dibujar la distribución de la vivienda. Para ello se ha dibujado el esquema primero en el software Autocad y se ha importado el archivo .dwg a DIALUX. Este archivo .dwg sirve como plantilla para dibujar por encima la distribución de las diferentes estancias de la vivienda.

Una vez hecho esto, se ha introducido el mobiliario esperado que se pondrá en la vivienda. A dicho mobiliario así como también a las paredes y al suelo, se les ha asignado también una textura (material) para hacer lo más cercano posible a la realidad el cálculo de la iluminación.

Lo que sigue a continuación es la elección de la iluminación. Para ello se ha utilizado la base de datos que propone el mismo DIALUX, *lumsearch.com*. De este lugar se descarga el archivo .uld correspondiente a las características de la iluminación que posteriormente se introducirá en el software.

Por último, tras varias opciones descartadas, se ha calculado un nivel de iluminación que resulte satisfactorio para el confort de las personas que habiten en la vivienda.

7.2 Resultados de la iluminación

Habiendo descrito el procedimiento, la propuesta de iluminación de la casa es la siguiente:



Fig. 7.1 . Nivel de iluminación de la vivienda.

Se recogen en la siguientes tablas los resultados obtenidos en cada una de las estancias (las características de las luminarias pueden consultarse en el apartado *Anexos*):

| Local 1 (habitación 1) | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 230 lx / Máximo 469 lx |

Tabla 7.1 .Local 1.

| Local 2 (habitación 2) | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 235 lx / Máximo 469 lx |

Tabla 7.2 .Local 2.

| Local 3 (baño 1) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 268 lx / Máximo 501 lx |

Tabla 7.3 .Local 3.

| Local 4 (pasillo) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 403 lx / Máximo 506 lx |

Tabla 7.4 .Local 4.

| Local 5 (baño 2) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 239 lx / Máximo 502 lx |

Tabla 7.5 .Local 5.

| Local 6 (habitación 3) | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 240 lx / Máximo 572 lx |

Tabla 7.6 .Local 6.

| Local 7 (salón) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 184 lx / Máximo 447 lx |

Tabla 7.7 .Local 7.

| Local 9 (despacho) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 142 lx / Máximo 264 lx |

Tabla 7.8 .Local 9.

| Local 10 (cocina) | |
|------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Plano de trabajo | Medio 294 lx / Máximo 693 lx |

Tabla 7.9 .Local 10.

| Otras superficies de interés | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Superficie de trabajo | Nivel de iluminación |
| Encimera de la cocina | Medio 832 lx / Máximo 990 lx |
| Mesa grande del salón | Medio 574 lx / Máximo 676 lx |
| Pila baño 1 | Medio 601 lx / Máximo 832 lx |
| Pila baño 2 | Medio 617 lx / Máximo 836 lx |

Tabla 7.10 .Iluminación en superficies de interés.

(No se ha considerado el cálculo en mesas de estudio al no disponer en la base de datos de flexos).

7.3 Comentarios respecto a los resultados obtenidos

Se ha obtenido un nivel de iluminación en la vivienda aceptable para el confort de las personas. En los lugares que son importantes, cómo la encimera de la cocina, se ha obtenido un nivel de iluminación muy bueno.

Los valores medios de iluminación obtenidos son inferiores a lo que se obtendrían si se calculase la iluminación de la casa sin mobiliario sin embargo, se ha considerado conveniente incluirlo con las texturas aproximadas.

No se ha utilizado un nivel de iluminación mayor debido a que el consumo de energía aumentaría mucho, encareciendo el coste de la instalación fotovoltaica y de la iluminación.

8. Plan de mantenimiento de la instalación

El objetivo del presente plan de mantenimiento es establecer una serie de actuaciones para mantener la producción de energía en unos niveles adecuados así como para también prevenir o reparar posibles daños en la instalación.

8.1 Tipos de mantenimiento

8.1.1 Mantenimiento correctivo

Es aquel tipo de mantenimiento que tiene lugar cuando en la instalación ha surgido un fallo o una avería con el objetivo de hacer funcionar a la instalación con normalidad.

Por ello, es importante conocer cuál a sido la causa del fallo para así establecer medidas correctoras para que no vuelva a ocurrir.

Este tipo de mantenimiento no debe ir nunca por si sólo, es necesario que vaya acompañado de un mantenimiento preventivo para reducir en la medida de lo posible la aparición de una avería.

8.1.2 Mantenimiento preventivo

Son las actuaciones necesarias para reducir o evitar los posibles fallos en la instalación antes de que éstos ocurran.

Un buen plan de mantenimiento preventivo asegura el correcto funcionamiento de la instalación alargando la vida útil de ésta así como también contribuye a reducir el coste de posibles reparaciones.

Un mantenimiento preventivo pobre suele ser la fuente de muchos problemas y averías costosas de reparar, por lo que no debería dejarse de lado.

8.2 Mantenimiento de la instalación

8.2.1 Mantenimiento de los módulos fotovoltaicos

8.2.1.1 Limpieza del panel

Limpieza trimestral del panel con el fin de mantener las pérdidas por suciedad lo más bajas posibles. Se utilizará sólo agua. Se evitará limpiar el panel en las horas centrales del día por motivos de seguridad, aconsejándose su limpieza por la noche.

8.2.1.2 Inspección visual del panel

Realizar la inspección visual trimestral del panel para detectar los posibles fallos y repararlos si los hay:

- Rotura del cristal.
- Comprobar el estado de las células de los paneles.
- Comprobar si existe oxidación.
- Comprobar el apriete y el estado de cables y terminales de conexión.
- Comprobar la ausencia de deformaciones en el panel.
- Comprobar la estanqueidad de la caja de terminales.

8.2.1.3 Mediciones de las curvas V-I

Se realizarán medidas de las curvas V-I de forma anual con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de los módulos y controlar su degradación.

8.2.1.4 Mantenimiento de la estructura de soporte

Se variará la inclinación del panel de forma trimestral para garantizar la máxima producción de energía por panel según los grados propuestos:

- 65º en Diciembre, Enero y Febrero.
- 35º en Marzo, Abril y Mayo.
- 5º en Junio, Julio y Agosto.
- 35º en Septiembre, Octubre y Noviembre

Además, mediante la inspección visual:

- Se buscarán golpes y corrosiones.
- Se comprobará posibles estancamientos de agua.
- Si es necesario, se engrasarán las partes móviles.
- Se revisará la fijación de los paneles a la estructura móvil.
- Se comprobará la correcta puesta a tierra.

8.2.2 Mantenimiento de los inversores

Es uno de los elementos más críticos e importante de la instalación, necesario para convertir la corriente continua en alterna, que es la que utiliza la vivienda. Por ello se realizará un

mantenimiento exhaustivo con el fin de asegurar su correcto funcionamiento. Para ello, se realizarán las siguientes actuaciones:

- Se comprobará su estado y funcionamiento.
- Comprobación del cableado y conexionado de sus componentes.
- Se verificará que el alojamiento del inversor se encuentre seco, limpio y bien ventilado.
- Comprobar las protecciones y alarmas del equipo.
- Se medirá la eficiencia de la conversión AC/DC y la eficiencia del seguimiento MPPT al menos una vez al año.
- Se inspeccionará visualmente los contactos de puesta a tierra.
- Se leerá la memoria de averías.

8.2.3 Mantenimiento de acumuladores y reguladores de carga

Si la instalación está aislada de la red, será necesario comprobar también el funcionamiento de estos dos equipos. El mantenimiento de ambos es necesario si se quiere disponer de cierta autonomía eléctrica.

Cómo norma general, se comprobará en ambos equipos que el lugar dónde estén situados esté limpio y con una adecuada limpieza y temperatura.

8.2.3.1 Mantenimiento de los acumuladores

Se harán las siguientes comprobaciones:

- Comprobar si hay pérdidas excesivas de electrolito de forma mensual.
- Agitar de forma suave la batería un par de veces al mes para evitar la estratificación del electrolito.
- Comprobación de la densidad del electrolito.

8.2.3.2 Mantenimiento de los reguladores de carga

Se harán las siguientes comprobaciones

- Comprobar el funcionamiento de los medidores.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre terminales.
- Comprobar las conexiones.

8.2.4 Mantenimiento del cableado y canalizaciones

8.2.4.1 Mantenimiento del cableado

Se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Comprobación del aislamiento de los cables.
- Comprobar que las conexiones en bornes sean correctas.
- Comprobación del estado de la caja de conexiones

8.2.4.2 Mantenimiento de las canalizaciones

Se harán las siguientes comprobaciones:

- Comprobar el buen estado de la canalización-conducto.
- Observar que no haya ninguna obstrucción en los conductos.

8.2.5 Mantenimiento de las protecciones

El mantenimiento de las protecciones es muy importante, ya que si éstas no funcionan como es debido, la integridad de las personas y de la instalación pueden verse seriamente comprometidas. Por ello, se llevaran a cabo las siguientes actuaciones:

- Ver el buen funcionamiento de los interruptores.
- Controlar el funcionamiento y actuación de los elementos de seguridad.
- Realizar pruebas para ver si saltan las protecciones.

8.2.6 Mantenimiento de la puesta a tierra

Es necesario el mantenimiento de esta parte de la instalación para comprobar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra. Por ello:

- La revisión se hará en la época del año en la que el terreno esté más seco.
- Medición de la puesta a tierra.
- Medición de la resistividad del terreno.
- Comprobar la continuidad de la instalación a tierra.

8.2.7 Otras consideraciones

El mantenimiento de las instalación se contratará a una empresa especializada. El mantenimiento lo harán personas con la cualificación necesaria para desempeñar dicha actividad.

El mantenimiento de la instalación está incluido en el precio, no así la sustitución de los equipos.

El mantenimiento de la instalación interior es responsabilidad del usuario.

9. Estudio económico

9.1 Coste económico de las instalaciones

Se representan en los siguientes gráficos el porcentaje de coste sobre el total de la instalación en cada una de las dos opciones planteadas, instalación conectada a red o instalación aislada de la red:

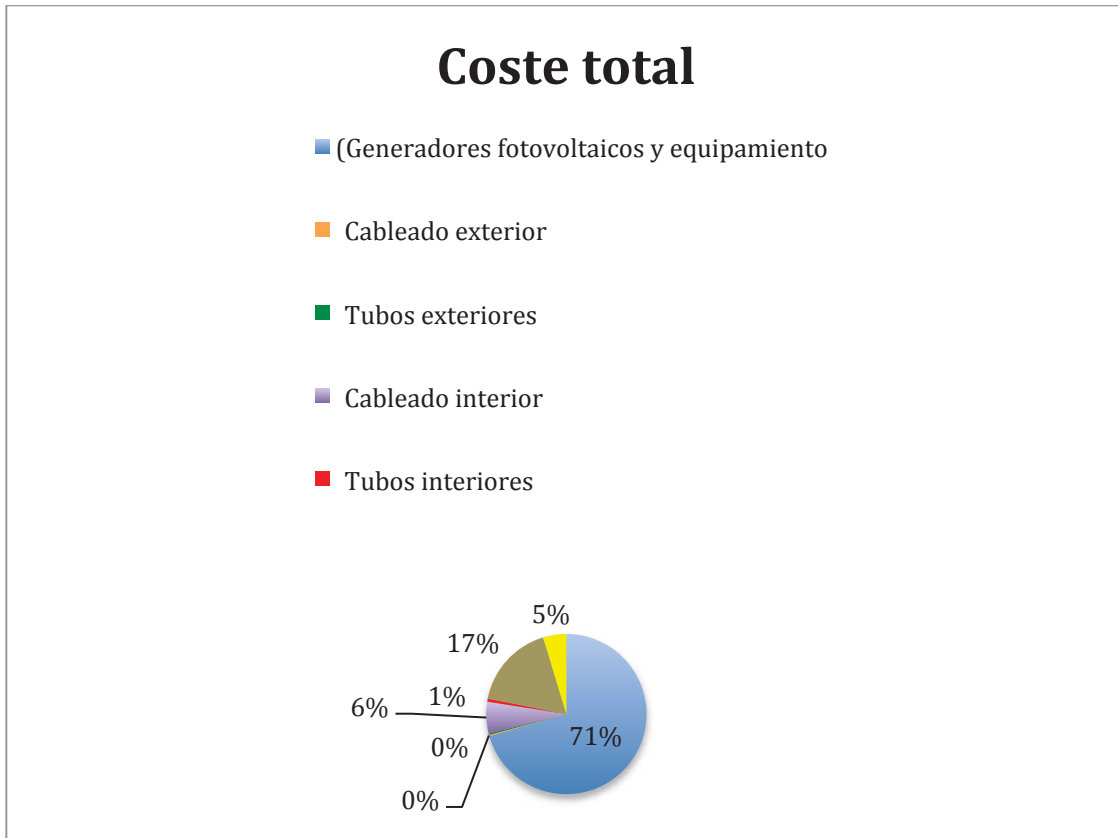


Fig. 9.1 . Distribución de costes en la instalación conectada a red.

El coste total de la instalación conectada a red asciende a un total de 7568,814 € (se incluye mano de obra, el IVA y el beneficio industrial).

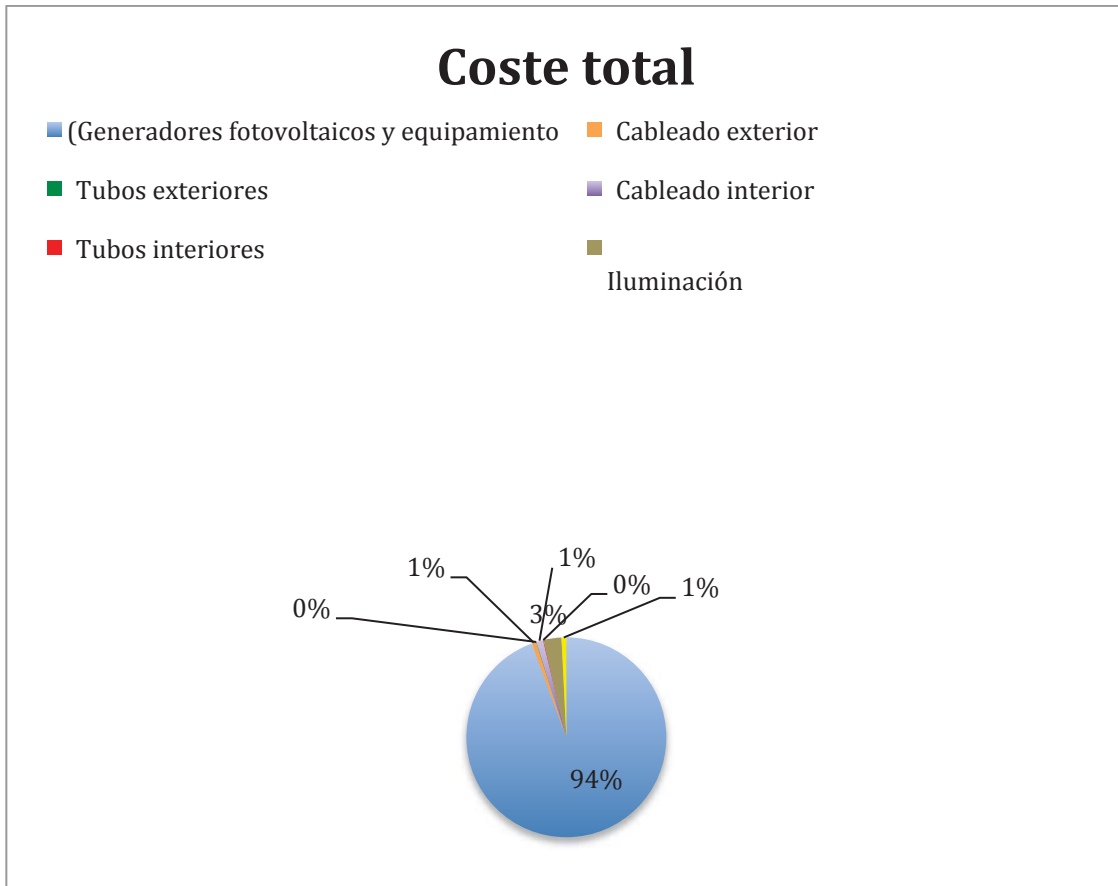


Fig. 9.2 . Distribución de costes en la instalación aislada de la red.

El coste total de la instalación conectada a red asciende a un total de 43551,6 € (se incluye mano de obra, el IVA y el beneficio industrial).

A la vista de los datos, la instalación aislada es mucho más costosa que la instalación conectada a red, dada la mayor cantidad de equipos que se deben utilizar para conseguir un suministro eléctrico totalmente independiente:

- 18 frente a 8 paneles fotovoltaicos.
- Dos inversores de mayor potencia .
- Cableado de mayor grosor.
- Reguladores y, sobretudo baterías, que es lo que más encarece la instalación.

La distribución de los costes es ligeramente distinta en ambas opciones. Sin embargo, en ambas el mayor coste es el de los generadores fotovoltaicos y el equipamiento asociado que llevan para su funcionamiento. La distribución es más heterogénea en la instalación conectada a red y en la instalación aislada el coste de los paneles-equipamiento destaca sobre todos los demás por las razones antes expuestas.

Para el análisis de la rentabilidad, se utilizará sólo el coste asociado a los paneles-equipamiento y el cableado-tubos exteriores siendo el resto de la instalación elementos comunes entre ambas y también entre una instalación estándar (sin paneles fotovoltaicos).

Según lo expuesto anteriormente, en este caso el coste de la instalación conectada a red sería de 3928,975 € mientras que el coste de la instalación aislada de la red ascendería a 31569,872 €.

9.2 Instalación conectada a red frente a instalación convencional

Aquí el caso es muy sencillo. No es necesario calcular la amortización de esta instalación porque nunca se recuperaría el dinero invertido en ella (en 2015) por sencillas razones:

- Se dejó de bonificar económicamente al usuario por verter energía a la red pasando a penalizarse este hecho.
- Se dejaron de dar ayudas económicas para hacer instalaciones con energías renovables.
- Se sigue consumiendo una importante cantidad de electricidad por la noche que se debe pagar.
- El coste asociado de tirar una línea para conectarse a la red puede llegar a ser muy elevado.

Por estas razones expuestas, no merece la pena calcular la amortización, puesto que ésta no tendría lugar nunca.

9.3 Instalación fotovoltaica aislada de la red frente a instalación convencional

Para calcular la amortización, se van a tener en cuenta las siguientes suposiciones:

- El ahorro en electricidad se estima en 771,53 € el primer año. Este ahorro se incrementa cada año un 5% debido al aumento del precio de la electricidad (se ha cogido como base un recibo de la luz de Mayo del 2015).
- Cada vez que se cambian los paneles a los 25 años, éstos disminuyen su precio en un 50%.
- Cada vez que se cambian las baterías a los 15 años, éstas disminuyen su precio en un 25%.

Estos son los resultados obtenidos (el ahorro en electricidad suma, mientras que el desembolso y el mantenimiento restan):

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ahorro € elect. | 771,53 | 810,1065 | 850,611825 | 893,1424163 |
| Desembolso | 31569,872 | | | |
| Mantenimiento | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Ahorro total € | -31198,342 | -30788,235 | -30337,624 | -29844,481 |

Tabla 9.4 .Amortización aislada.

Hasta que al final:

| | Año 34 | Año 35 | Año 36 | Año 37 |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ahorro € elect. | 3860,110056 | 4053,115559 | 4255,771337 | 4468,559903 |
| Desembolso | | | | |
| Mantenimiento | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Ahorro total € | -7351,911 | -3698,795 | 156,976 | 4225,535 |

Tabla 9.5 .Amortización aislada.

A la vista de los datos obtenidos, se empezaría a rentabilizar la instalación a partir del año 36 de su puesta en funcionamiento (156,976 € de ahorro respecto a una instalación convencional).

9.4 Valoración de los resultados

De los resultados se pueden obtener conclusiones muy reveladoras: con la instalación conectada a red se pierde dinero desde el momento en el que se plantea, no recuperándose el dinero invertido en ella.

Por otro lado, la instalación aislada de la red tardaría 36 años en amortizarse. Un lapso de tiempo demasiado alto.

Por ello, a día de hoy (2015), el uso de una instalación fotovoltaica aislada o conectada a la red es completamente desaconsejable por las pérdidas económicas que genera respecto a una instalación convencional.

Sin embargo, si se plantea un futuro probable, existen dos escenarios: con incertidumbre y con seguridad.

Si el escenario es de incertidumbre, lo más adecuado es una instalación aislada de la red, porque no se tiene la certeza suficiente de que los impuestos al conectarse a red bajen, los precios de la electricidad suban, el precio de los equipos disminuya... todo lo que garantice el autoabastecimiento del usuario, conllevará un posible ahorro.

Si por el contrario, se tiene la certeza de que desde la administración se vuelva a incentivar el autoconsumo y se bonifique al usuario cuando vierta energía a la red, ello conllevará a un ahorro a la larga y, si se diera el caso, de beneficios económicos.

1.2 Cálculos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**

1. Consideraciones generales

El objetivo de este apartado es justificar las decisiones tomadas para el dimensionamiento de la instalación utilizando para ello las expresiones y los criterios de acuerdo con las reglas y normativas vigentes.

2. Datos de partida

2.1 Recibos de la luz de una vivienda

Cómo punto de partida, se han tomado los recibos de la luz de una vivienda de 140 m² en la que residen 4 personas durante la mayor parte del año. Los datos obtenidos son los siguientes:

| Recibos luz casa por período | kwh |
|------------------------------|-------------|
| 24/10/2013-23/12/2013 | 1002 |
| 28/08/2013-24/10/2013 | 359 |
| 28/06/2013-28/08/2013 | 300 |
| 02/05/2013-28/06/2013 | 357 |
| 27/02/2013-02/05/2013 | 706 |
| 31/01/2013-27/02/2013 | 583 |
| 28/12/2012-31/01/2013 | 799 |
| Total | 4106 |

Tabla 2.1 .Recibos de la luz de una vivienda.

Estos consumos son con electrodomésticos e iluminación que no son eficientes. Siendo uno de los objetivos de este trabajo el diseñar una vivienda energéticamente sostenible, estos datos de consumo se verán reducidos al utilizar electrodomésticos altamente eficientes e iluminación LED.

2.2 Contabilidad energética

En este apartado se van a estimar las necesidades energéticas de una vivienda de similares características a la anterior. Esta vivienda consta de 148 m² y varias habitaciones. El esquema de la vivienda se puede encontrar en el apartado *anexos*. Por facilidad de cálculo, esta contabilidad se ha

hecho en distintos apartados. Es necesario destacar que se han utilizado electrodomésticos de eficiencia energética A+ o superior.

2.2.1 Electrodomésticos con consumo anual

Aquí se recogen los datos los electrodomésticos en los cuales aparece en la etiqueta su consumo anual aproximado. Esta etiqueta es un estándar europeo y tiene el siguiente aspecto:

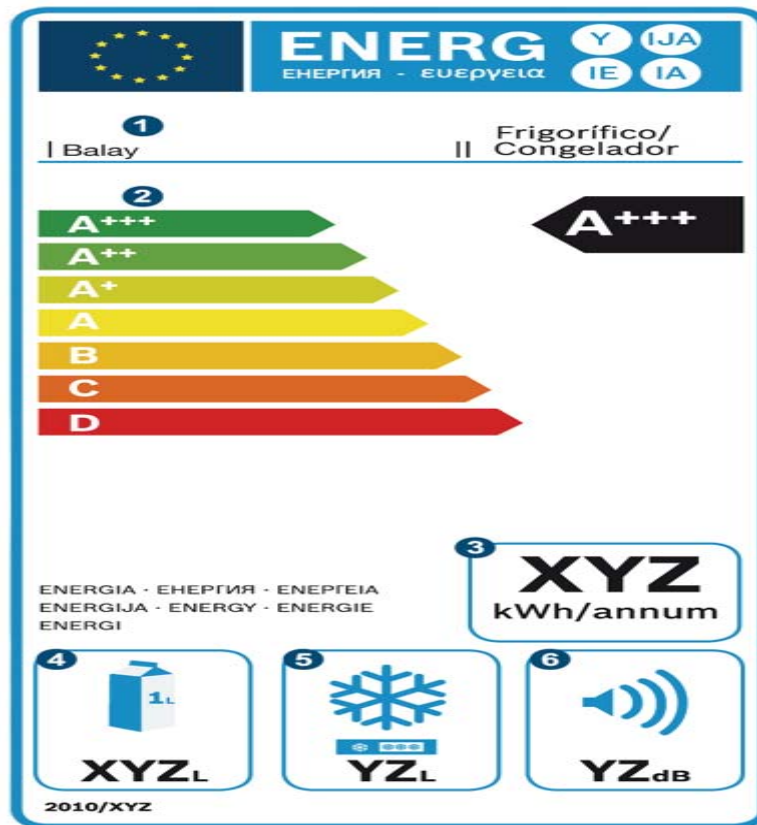


Fig. 2.1 . Etiqueta europea.

Los datos de consumo de estos electrodomésticos se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

| Electrodoméstico | Modelo | Consumo (kwh/año) |
|--------------------------|------------------|-------------------|
| Frigorífico y congelador | BOSCH KGN39AI40 | 173 |
| Lavadora | BOSCH WAY28740ee | 137 |
| Lavavajillas | BOSCH SMS69U38EU | 195 |

| | | |
|--------------------|---------------------|------|
| Campana extractora | MIELE DA 6690 | 31 |
| Televisión pequeña | SAMSUNG UE22H5000AW | 32 |
| Televisión grande | LG 55LF630V | 95 |
| Televisión pequeña | SAMSUNG UE22H5000AW | 32 |
| Panel de inducción | BALAY 3EB918LQ | 325 |
| | Total: | 1020 |

Tabla 2.2 .Consumo electrodomésticos anual.

2.2.2 Electrodomésticos con consumo mensual

Se incluyen los electrodomésticos en los que obtener un consumo mensual aproximado en horas es más sencillo, puesto que hay días que éstos no se utilizan. Se expone el ejemplo para 2 meses del año:

| Enero | | | | Febrero | | | |
|----------|---------------|-------------|------------|----------|---------------|-------------|------------|
| | Horas | Consumo (W) | | | Horas | Consumo (W) | |
| Horno | 18 | 40320 | | Horno | 20 | 44800 | |
| Micro | 2,5 | 1800 | | Micro | 3 | 2160 | |
| Batidora | 1 | 480 | | Batidora | 1 | 480 | |
| Plancha | 8 | 14080 | | Plancha | 8 | 14080 | |
| Taladro | 0,1 | 50 | | Taladro | 0,1 | 50 | |
| Sierra | 0,1 | 40 | | Sierra | 0,1 | 40 | |
| | Total: | 56,77 | kwh | | Total: | 61,61 | kwh |

Tabla 2.3 .Consumo electrodomésticos mensual.

En resumen:

| MES | CONSUMO | MES | CONSUMO | MES | CONSUMO |
|--------------------------------------|---------|--------|---------|------------|---------|
| Enero | 56,77 | Mayo | 61,61 | Septiembre | 57,37 |
| Febrero | 61,61 | Junio | 57,37 | Octubre | 61,61 |
| Marzo | 61,61 | Julio | 36,89 | Noviembre | 61,61 |
| Abril | 61,61 | Agosto | 29,17 | Diciembre | 61,61 |
| CONSUMO TOTAL: 668,84 kwh/año | | | | | |

Tabla 2.4 .Tabla resumen consumo electrodomésticos mensual.

2.2.3 Electrodomésticos con consumo diario

A continuación se hace el recuento de consumo de aquellos aparatos que se utilizan a diario:

| Intervalo | Elemento | Horas | Consumo |
|----------------------|--------------------|-------|---------|
| Todo el año | Tostadora | 0,15 | 40,5 |
| Todo el año | Cafetera | 0,1 | 37,8 |
| Enero-Julio | Secador | 0,5 | 80 |
| Agosto | Secador | 0,1 | 1,6 |
| Septiembre-Diciembre | Secador | 0,5 | 46 |
| Enero-Julio | Cargadores móviles | 2 | 10,4 |
| Agosto | Cargadores móviles | 2 | 0,26 |
| Septiembre-Diciembre | Cargadores móviles | 2 | 5,98 |
| Enero-Julio | Cargadores PC | 2,5 | 105 |
| Agosto | Cargadores PC | 2,5 | 3,5 |
| Septiembre- | Cargadores PC | 2,5 | 60,375 |

| | | | | |
|----------------------|-------------------|---------------|----------|----------------|
| Diciembre | | | | |
| Todo el año | Radio-despertador | 24 | 21,6 | |
| Todo el año | Router | 24 | 57,6 | |
| Enero-Julio | Impresora | 0,15 | 2,1 | |
| Agosto | Impresora | 0,08 | 0,112 | |
| Septiembre-Diciembre | Impresora | 0,15 | 1,2075 | |
| Enero-Julio | Consola | 1 | 27,4 | |
| Agosto | Consola | 3 | 8,22 | |
| Septiembre-Diciembre | Consola | 1 | 15,755 | |
| | | Total: | 525,4095 | kwh/año |

Tabla 2.5 .Tabla de electrodomésticos consumo diario.

2.2.4 Consumo de calefacción y aire acondicionado

Al ser uno de los consumos más elevados, se ha decidido hacer este recuento por separado. El sistema utilizado es un sistema “multisplit”:

| Mes | Horas | Consumo (W) |
|---------|-------|-------------|
| Enero | 3,5 | 136500 |
| Febrero | 3 | 93600 |
| Marzo | 0 | 0 |
| Abril | 0 | 0 |
| Mayo | 0 | 0 |
| Junio | 3 | 88560 |
| Julio | 3,5 | 107625 |

| | | | |
|------------|---------------|---------|------------|
| Agosto | 2 | 49200 | |
| Septiembre | 2 | 59040 | |
| Octubre | 0 | 0 | |
| Noviembre | 0 | 0 | |
| Diciembre | 3,5 | 136500 | |
| | Total: | 671,025 | kwh |

Tabla 2.6 .Consumo de climatización.

2.2.5 Consumo de la iluminación

La iluminación de la vivienda se ha realizado con iluminación LED con la ayuda del software DIALUX.

Para facilitar el recuento, se ha considerado cada estancia de la vivienda por separado desglosando mes a mes su consumo. Por motivos de espacio, se representará sólo el ejemplo de cálculo de una de las estancias para 2 meses del año (se procedería de forma análoga con el resto de estancias):

- Habitación 3:

| Enero | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Luminaria | Horas diarias de uso | Consumo (W) |
| 1xSMV120V (42 W) | 0,5 | 525 |
| 3xBPS640 (39 W) | 1 | 2925 |
| Total: 3,45 Kwh | | |

Tabla 2.7 .Consumo iluminación habitación 3.

| Julio | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Luminaria | Horas diarias de uso | Consumo (W) |
| 1xSMV120V (42 W) | 0,8 | 840 |
| 3xBPS640 (39 W) | 1 | 2925 |
| Total: 3,765 Kwh | | |

Tabla 2.8 .Consumo iluminación habitación 3.

2.2.6 Resumen de los consumos

A continuación se exponen las tablas resumen de los consumos:

| Consumo | Kwh |
|---------------------------------------|---------------|
| Electrodomésticos con consumo anual | 1020 |
| Electrodomésticos con consumo mensual | 668,84 |
| Electrodomésticos con consumo diario | 525,4095 |
| Climatización | 671,025 |
| Iluminación | 563,516 |
| Total: | 3448,8 |

Tabla 2.9 .Tabla resumen de consumos totales anual.

| MES | CONSUMO (KWh) |
|------------|----------------------|
| Enero | 405,44 |
| Febrero | 328,88 |
| Marzo | 235,28 |
| Abril | 235,28 |
| Mayo | 228,08 |

| | |
|------------|---------|
| Junio | 336,815 |
| Julio | 309,424 |
| Agosto | 222,51 |
| Septiembre | 283,61 |
| Octubre | 252,6 |
| Noviembre | 235,98 |
| Diciembre | 374,98 |
| Total: | 3448,8 |

Tabla 2.10 .Resumen consumos por mes.

3. Cálculo de la producción por panel

Se van a utilizar los paneles “Suntech STP250S-20”, cuyas características se pueden consultar en el apartado *Anexos*. Para realizar el cálculo, se necesitan los datos de irradiancia G (w/m^2). Estos datos de irradiancia se obtienen a partir de la base de datos PVGIS, disponible gratuitamente en internet (una tabla de ejemplo se puede encontrar en el apartado *Anexos*).

Para calcular la producción por panel se utilizará la siguiente expresión:

$$W_p = G \times h \times S \times \lambda$$

Dónde:

- W_p = Potencia producida por panel, en W.
- G = Irradiancia en w/m^2 (dato que se obtiene de la tabla de PVGIS para cada intervalo de tiempo).
- h = Intervalo de tiempo de la tabla de PVGIS en horas. En este caso: 0,25 horas (15 min).
- S = Superficie del panel en m^2 . En este caso: 1,627 m^2 .
- λ = Eficiencia del panel, en tanto por uno. En este caso: 0,154.

Entonces, para un intervalo de tiempo de un día de Enero se obtiene:

$$W_p = 135 \times 0,25 \times 1,627 \times 0,154 = 8,46 \text{ w}$$

Si el cálculo se repite para cada intervalo de tiempo de ese día de Enero y se suman, se obtiene una potencia de $W_p=1266,19$ wh.

Si este dato se multiplica por los días del mes, 31, se obtiene una potencia mensual por panel de $W_p= 39,25$ Kwh.

Si se repite el procedimiento para el resto de meses, se obtienen los siguientes resultados:

| Mes | Producción por panel (Kwh) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Enero | 39,25 |
| Febrero | 39,93 |
| Marzo | 51,23 |
| Abril | 50,34 |
| Mayo | 53,12 |
| Junio | 60,24 |
| Julio | 61,59 |
| Agosto | 55,93 |
| Septiembre | 48,74 |
| Octubre | 45,20 |
| Noviembre | 36,43 |
| Diciembre | 38,53 |
| Total: | 580,51 |
| Media diaria mensual (W): | 1589,55 |

Tabla 3.1 .Kwh producidos por panel al mes.

4. Instalación conectada a red

4.1 Cálculo del nº de paneles necesarios

Para el cálculo del nº de paneles se utilizará la siguiente expresión:

$$N^{\circ} = \frac{M_d}{W_p \times (K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e)}$$

Donde:

- N° = número de paneles necesarios.
- M_d = media diaria de consumo (en W), en este caso:

$$M_d = \frac{\text{Consumo anual}}{365} \times 1000 = \frac{3448,8}{365} \times 1000 = 9488,76 \text{ W}$$

- W_p = Producción diaria media por panel (en W). En este caso: 1589,55 W.
- K_a = Coeficiente por tolerancia de potencia: 0,95.
- K_b = Coeficiente de pérdidas por T° (media). Para Enero, se calcula de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} K_b &= 1 - (K_t \times ((T_{amb} + 0,03 \times G) - 25)) \\ &= 1 - (0,0045 \times ((13,6178 + 0,03 \times 507,15) - 25)) \\ &= 0,9828 \end{aligned}$$

(K_t es un dato del del fabricante (0,0045), T_{amb} es la media diaria de temperatura del mes y G es la media diaria de irradiancia del mes).

De forma análoga se calculan los coeficientes para cada mes. Se recogen los resultados en la siguiente tabla:

| Mes | Coeficiente |
|---------|-------------|
| Enero | 0,9828 |
| Febrero | 0,978 |
| Marzo | 0,970 |
| Abril | 0,969 |
| Mayo | 0,962 |
| Junio | 0,940 |

| | |
|---------------|-------|
| Julio | 0,925 |
| Agosto | 0,927 |
| Septiembre | 0,937 |
| Octubre | 0,949 |
| Noviembre | 0,972 |
| Diciembre | 0,976 |
| Media: | 0,957 |

Tabla 4.1

El K_b a utilizar será el más desfavorable que corresponde a 0,925 (para el mes de Julio).

- K_c = Pérdidas por suciedad: 0,98.
- K_d = Pérdidas en cableado: 0,98.
- K_e = Pérdidas del inversor: 0,954.

Así pues:

$$N^{\circ} = \frac{9488,76}{1589,55 \times (0,95 \times 0,925 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,954)} = 7,38 \text{ paneles}$$

La cifra obtenida debe redondearse al nº inmediatamente posterior, para cumplir los requisitos de producción de energía. Se obtienen por tanto, 8 paneles.

4.2 Cálculo del cableado

Para calcular el cableado de los paneles con el inversor, se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \mu}{\Delta U_{\text{máx}}}$$

Siendo:

- L= longitud prevista del tramo (en metros). Se estima en 4 m.

- I =Intensidad prevista que circule por el cable (en amperios). Se corresponde con la máxima que da el panel, 8,63 A.
- μ =Resistividad del cobre (en $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$): 0,01724.
- $\Delta U_{\text{máx}}$ = caída de tensión máxima admisible. Se propone un 1,5%, que se corresponde con el 1,5% de 245,6 V, la suma de tensiones total (los 8 paneles están conectados en serie).
- S = sección del cable, en mm^2 .

Por tanto:

$$S = \frac{2 \times 4 \times 8,63 \times 0,01724}{245,6 \times 0,015} = 0,32 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior es de 0,5 mm^2 . Sin embargo debe utilizarse mínimo un cable de 4 mm^2 para que se puedan conectar los paneles.

5. Instalación aislada de la red

5.1 Cálculo del consumo de la instalación

Los cálculos en esta parte se harán en Ah. Se utilizará la expresión:

$$C_{ah} = \frac{(N_{mes} \div 31) \times 1000}{V_{bat}}$$

Dónde:

- C_{ah} = Consumo diario en ah de la instalación.
- N_{mes} = Necesidad mensual de energía del mes mas desfavorable. En este caso es Enero y esta necesidad es de 405,44 Kwh.
- V_{bat} = Tensión de funcionamiento de la instalación. Se propone que la instalación funcione a 24 V.

Así pues:

$$C_{ah} = \frac{(405,44 \div 31) \times 1000}{24} = 544,946 \text{ Ah/día}$$

A este consumo obtenido se le debe aplicar un coeficiente KT que se calcula de la siguiente forma:

$$KT = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_f \times K_g \times K_h$$

Dónde:

- K_a = Pérdidas por tolerancia de potencia: 0,95.
- K_b =Pérdidas por temperatura en Enero (mes más desfavorable). Se calculan de la siguiente forma:

$$K_b = 1 - (K_t \times ((T_{amb} + 0,03 \times G) - 25))$$

$$= 1 - (0,0045 \times ((13,6178 + 0,03 \times 507,15) - 25)) = 0,9828$$

(K_t es un dato del del fabricante (0,0045), T_{amb} es la media diaria de temperatura del mes más desfavorable y G es la media diaria de irradiancia del mes más desfavorable).

- K_c =Pérdidas por suciedad: 0,98.
- K_d =Pérdidas del inversor: 0,94.
- K_e =Pérdidas en los acumuladores: 0,95.
- K_f =Pérdidas de los reguladores: 0,98.
- K_g =Pérdidas en el cableado: 0,98.
- K_h =Pérdidas por autodescarga de la batería. Se calculan con la siguiente expresión:

$$K_h = 1 - \frac{P_{atd} \times D_{auto}}{P_{des}} = 1 - \frac{0,005 \times 3}{0,6} = 0,975$$

(P_{atd} autodescarga diaria batería, D_{auto} son los días de autonomía de la instalación y P_{des} es la profundidad de descarga de la batería).

Entonces, el KT total resulta:

$$KT = 0,95 \times 0,9828 \times 0,98 \times 0,94 \times 0,95 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,975 = 0,765$$

Aplicando este coeficiente al consumo anteriormente calculado, el consumo real en Ah de la instalación será:

$$C_{ah(real)} = \frac{C_{ah}}{KT} = \frac{544,946}{0,765} = 712,25 \text{ Ah/día}$$

La expresión para el cálculo del nº de ramas en paralelo es el siguiente:

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = \frac{C_{ah(real)}}{(W_p \div V_{mp})}$$

Siendo:

- W_p = Producción diaria media de 1 panel en el mes más desfavorable (en W). En este caso, el mes más desfavorable es Enero con una producción diaria de 1266,19 W.
- V_{mp} = Tensión en el punto de máxima potencia (en V). Es un dato del panel solar y es un valor de 30,7 V.

Sustituyendo los valores en la expresión:

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = \frac{712,25}{(1266,19 \div 30,7)} = 17,26 \text{ ramas en paralelo}$$

Pero para cumplir los requisitos de energía producida, se debe elegir el entero inmediatamente superior. Por ello, serán necesarias 18 ramas en paralelo.

Para saber cuantos paneles en serie se deben poner en cada rama, se utiliza la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}_{Pserie} = \frac{V_{bat}}{V_{mp}} = \frac{24}{30,7} = 0,782 \text{ paneles en serie}$$

Pero para cumplir los requisitos de energía producida, se debe elegir el entero inmediatamente superior. Por ello, serán necesarios 1 panel en cada rama.

En resumidas cuentas, se necesitan 18 ramas en paralelo con un panel fotovoltaico en cada una siendo 18 el nº total de paneles necesarios.

5.2 Cálculo del acumulador

La expresión para calcular la capacidad necesaria de la batería es la que sigue a continuación:

$$C_{ah\ necesaria} = \frac{C_{ah(real)} \times D_{auto}}{P_{des}} = \frac{712,25 \times 3}{0,6} = 3561,23 Ah/día$$

Se conoce además que la capacidad de la batería, $A_{c\ bat}$ es de 357 Ah, Se puede calcular el nº de ramas en paralelo necesarias:

$$N^{\circ}_{Bparalelo} = \frac{C_{ah\ necesaria}}{A_{c\ bat}} = \frac{3561,23}{357} = 9,98 \text{ ramas en paralelo}$$

Pero para cumplir los requisitos de energía almacenada, se debe elegir el entero inmediatamente superior. Por ello, serán necesarias 10 ramas en paralelo.

Las baterías utilizadas son de 12 V, por lo que para conseguir que el sistema funcione a 24 V, en cada rama en paralelo habrá 2 baterías en serie.

En resumidas cuentas, se necesitan 10 ramas en paralelo con 2 baterías en cada una siendo 20 el nº total de baterías necesarias.

5.3 Cálculo del nº de reguladores de carga

Se conoce que la $I_{nominal}$ del regulador utilizado es de 50 A. Sabiendo que los paneles producen $8,63 \times 18 = 155,4$ A, serán necesarios 4 reguladores conectados en paralelo con la batería.

5.4 Cálculo del cableado

Para calcular el cableado, se utilizará la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \mu}{\Delta U_{máx}}$$

Siendo:

- L= longitud prevista del tramo (en metros).
- I=Intensidad prevista que circule por el cable (en amperios).
- μ =Resistividad del cobre (en $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$): 0,01724.
- $\Delta U_{\text{máx}}$ = caída de tensión máxima admisible. Se propone un 1,5% distribuido en los 3 tramos que se calcularán.
- S= sección del cable, en mm^2 .

5.4.1 Tramo de paneles a regulador

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \mu}{\Delta U_{\text{máx}}} = \frac{2 \times 2 \times 38,84 \times 0,01724}{30,7 \times 0,01} = 8,72 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior es de 10 mm^2 .

5.4.2 Tramo de regulador a baterías

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \mu}{\Delta U_{\text{máx}}} = \frac{2 \times 1 \times 155,34 \times 0,01724}{24 \times 0,0025} = 89,27 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior es de 95 mm^2 .

5.4.3 Tramo de baterías a inversor

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \mu}{\Delta U_{\text{máx}}} = \frac{2 \times 2 \times 23,13 \times 0,01724}{24 \times 0,0025} = 26,58 \text{ mm}^2$$

La sección normalizada inmediatamente superior es de 35 mm^2 .

6. Cálculo de la puesta a tierra

Se utiliza la siguiente expresión para la puesta a tierra de un cable enrollado bajo tierra:

$$R_{pt} = \frac{\mu}{L}$$

Siendo:

- R_{pt} = Resistencia de puesta a tierra (en Ω). Se aconseja y se propone que este valor sea de 10 Ω .
- μ = Resistividad del terreno (en Ωm): para el terreno en el cuál está situada la vivienda, la resistividad tiene un valor de 300 Ωm .
- L = Longitud de la puesta a tierra (en m).

Sustituyendo los datos:

$$10 = \frac{300}{L}$$

Despejando la longitud, se obtiene un conductor enterrado de 30 m de longitud y una sección de 50 mm² (según la norma).

Se comprueba también que la tensión de defecto no supera el valor máximo de 24 V, al estar los paneles expuestos al aire libre:

$$R_{pt} \times I_{def} < 24$$

Si se considera que la máxima corriente de defecto que puede haber en la instalación fotovoltaica es la misma que en la instalación interior, es decir, de 30mA:

$$10 \times 0,03 = 0,3 < 24$$

Por lo que se cumpliría el valor máximo de tensión de defecto.

Para el cálculo del electrodo de alterna en la instalación aislada de la red, se procedería de igual forma, con la salvedad de que deben considerarse 50 V en lugar de 24 V al estar esta parte de la instalación protegida de las inclemencias meteorológicas.

Se obtendría de este modo, un electrodo de 15,8 Ω y una longitud de 19 m.

2. PRESUPUESTO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

1. Presupuesto

El presupuesto es el documento que refleja la inversión necesaria para llevar a cabo un proyecto. Dadas las dos situaciones que se presentan en este trabajo, se realizarán dos presupuestos distintos, uno para la instalación conectada a red y otro para la instalación aislada de la red.

1.1 Instalación conectada a red

1.1.1 Unidades de obra

| Generadores fotovoltaicos y equipamiento | | | | |
|---|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| GF 1 | Panel fotovoltaico Suntech STP250S-20WD | 200 | 8 | 1600 |
| GF 2 | Estructura móvil con variación manual de inclinación | 150 | 8 | 1200 |
| GF 3 | Inversor Solar Max 3000S | 1100 | 1 | 1100 |

Tabla 1.1 .Uds obra generadores fotovoltaicos y equipamiento.

| Cableado exterior | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| CE 1 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 4 mm ² para la conexión de los paneles con el inversor | 0,725 | 8 | 5,8 |
| CE 2 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 4 mm ² para los conductores de protección | 0,725 | 11 | 7,975 |

Tabla 1.2 .Uds obra cableado exterior.

| Tubos exteriores | | | | |
|-------------------------|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| TE 1 | Tubo flexible corrugado de PVC de 12 mm de diámetro | 0,8 | 19 | 15,2 |

Tabla 1.3 .Uds obra tubos exteriores.

| Cableado interior | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| CI 1 | Cable H07-VK de cobre de 1,5 mm ² de sección para iluminación | 0,37 | 256,26 | 94,816 |
| CI 2 | Cable H07-VK de cobre de 2,5 mm ² de sección para tomas de uso general | 0,62 | 195,63 | 121,291 |
| CI 3 | Cable H07-VK de cobre de 2,5 mm ² de sección para baño y cuarto de cocina | 0,62 | 52,5 | 32,55 |
| CI 4 | Cable H07-VK de cobre de 4 mm ² de sección para lavadora y lavavajillas | 0,98 | 28,5 | 27,93 |
| CI 5 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para cocina y horno | 1,44 | 17,4 | 25,056 |
| CI 6 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para refrigeración | 1,44 | 35,64 | 51,322 |
| CI 7 | Cable H07-VK de cobre de 4 mm ² de sección para circuito 1 | 0,98 | 0,6 | 0,588 |
| CI 8 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para circuito 2 | 1,44 | 0,6 | 0,864 |

Tabla 1.4 .Uds obra cableado interior.

| Tubos interiores | | | | |
|-------------------------|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| TI 1 | Tubo corrugado de PVC de 16 mm de diámetro para iluminación | 0,099 | 85,42 | 8,457 |
| TI 2 | Tubo corrugado de PVC de 20mm de diámetro para tomas generales | 0,129 | 65,21 | 8,412 |
| TI 3 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para baño y cuarto de cocina | 0,129 | 17,5 | 2,258 |
| TI 4 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para lavadora y lavavajillas | 0,129 | 9,5 | 1,226 |
| TI 5 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para horno | 0,73 | 5,8 | 4,234 |
| TI 6 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para climatización | 0,73 | 11,88 | 8,672 |
| TI 7 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para circuito 1 | 0,129 | 0,3 | 0,039 |
| TI 8 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para circuito 2 | 0,73 | 0,3 | 0,219 |

Tabla 1.5 .Uds obra tubos interiores.

| Iluminación | | | | |
|--------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| IL 1 | Fagerhults Belysning AB 11946-402 Combilume Ceiling Delta 300-1200 alugrey 830 | 26,622 | 4 | 106,488 |
| IL 2 | Fagerhults Belysning AB 64801 D63 Wall | 11,412 | 2 | 22,824 |

| | | | | |
|-------|--|--------|---|---------|
| IL 3 | Havells-Sylvania 3097918 MATRIX LED 3K PIANO BLACK DALI | 12,325 | 6 | 73,95 |
| IL 4 | Insta Elektro GmbH il 2046 P11 830 2500 DA 00 instalight Flat | 35,496 | 5 | 177,48 |
| IL 5 | Insta Elektro GmbH LEDLUX LS 850X LWHC070 IP64 0985 xxx xxx x x instalight LEDLUX LS | 45,923 | 9 | 413,307 |
| IL 6 | Philips Lighting BPS640 W21L125 1xLED48/840 LIN-PC | 19,227 | 3 | 57,681 |
| IL 7 | Philips Lighting SM120V 1xLED36S/830 W20L120 | 20,706 | 3 | 62,118 |
| IL 8 | Philips Lighting SM120V 1xLED37S/840 W60L60 | 20,706 | 1 | 20,706 |
| IL 9 | Prisma 303450 Quasar 10 1WB | 5,144 | 2 | 10,288 |
| IL 10 | Thorlux Lighting EFB15566 Mini-8LED Maintained Opal-4W | 1,972 | 4 | 7,888 |

Tabla 1.6 .Uds obra iluminación.

| Puesta a tierra- Protecciones | | | | |
|--------------------------------------|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| PT 1 | Cable de cobre desnudo de 50mm ² de sección | 5,79 | 30 | 173,7 |
| PT 2 | Diferencial HAGER MN 30 mA | 21,50 | 2 | 43 |
| PT 3 | Magnetotérmico Legrand TX3 10 A | 5,04 | 1 | 5,04 |
| PT 4 | Magnetotérmico Legrand TX3 16 A | 5,13 | 2 | 10,26 |

| | | | | |
|------|---------------------------------|------|---|-------|
| PT 5 | Magnetotérmico Legrand TX3 20 A | 5,25 | 1 | 5,25 |
| PT 6 | Magnetotérmico Legrand TX3 25 A | 5,37 | 4 | 21,48 |

Tabla 1.7 .Uds obra puesta a tierra-protecciones.

1.1.2 Presupuesto final

| Unidad de obra | Precio (€) |
|--|-----------------|
| Generadores fotovoltaicos y equipamiento | 3900 |
| Cableado exterior | 13,775 |
| Tubos exteriores | 15,2 |
| Cableado interior | 354,237 |
| Tubos interiores | 33,517 |
| Iluminación | 952,73 |
| Puesta a tierra y protecciones | 258,73 |
| Mano de obra | 500 |
| Total: | 6028,189 |
| | |
| +21% IVA | 7294,109 |
| Beneficio industrial 5% | 364,705 |
| INVERSIÓN TOTAL: | 7658,814 |

Tabla 1.8 .Resumen del presupuesto instalación conectada a red.

1.2 Instalación aislada de la red

1.2.1 Unidades de obra

| Generadores fotovoltaicos y equipamiento | | | | |
|---|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| GF 1 | Panel fotovoltaico Suntech STP250S-20WD | 200 | 18 | 3600 |
| GF 2 | Estructura móvil con variación manual de inclinación | 150 | 18 | 2700 |
| GF 3 | Inversor Victron Energy Phoenix 24/5000 | 2000 | 2 | 4000 |
| GF 4 | Regulador de carga Victron Energy Blue Solar MPPT 75/50 | 296,99 | 4 | 1187,96 |
| GF 5 | Batería Rolls Battery 12CS 11P | 991 | 20 | 19820 |

Tabla 1.9 .Uds de obra generadores fotovoltaicos y equipamiento.

| Cableado exterior | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| CE 1 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 10 mm ² para la conexión de los paneles con reguladores | 1,78 | 4 | 7,12 |
| CE 2 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 95 mm ² para la conexión de los reguladores con baterías | 15,88 | 2 | 31,76 |
| CE 3 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 35 mm ² para la conexión de las baterías con el inversor | 5,67 | 4 | 22,68 |
| CE 4 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 10 mm ² para el CP de los paneles con reguladores | 1,78 | 22 | 39,16 |
| CE 5 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 50 mm ² para el CP de los reguladores con baterías | 8,78 | 8 | 70,24 |
| CE 6 | Cable RV-K 0,6/1 de cobre de 16 mm ² para el CP de las baterías con el inversor | 2,90 | 24 | 69,6 |

Tabla 1.10 .Uds de obra cableado exterior.

| Tubos exteriores | | | | |
|-------------------------|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| TE 1 | Tubo flexible corrugado de PVC de 20 mm de diámetro | 1,618 | 4 | 6,472 |
| TE 2 | Tubo flexible corrugado de PVC de 63 mm de diámetro | 1,643 | 2 | 3,286 |
| TE 3 | Tubo flexible corrugado de PVC de 32 mm de diámetro | 0,39 | 4 | 1,56 |
| TE 4 | Tubo flexible corrugado de PVC de 25 mm de diámetro | 0,73 | 8 | 5,48 |
| TE 5 | Tubo flexible corrugado de PVC de 16 mm de diámetro | 0,099 | 46 | 4,554 |

Tabla 1.11 .Uds de obra tubos exteriores.

| Cableado interior | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| CI 1 | Cable H07-VK de cobre de 1,5 mm ² de sección para iluminación | 0,37 | 256,26 | 94,816 |
| CI 2 | Cable H07-VK de cobre de 2,5 mm ² de sección para tomas de uso general | 0,62 | 195,63 | 121,291 |
| CI 3 | Cable H07-VK de cobre de 2,5 mm ² de sección para baño y cuarto de cocina | 0,62 | 52,5 | 32,55 |
| CI 4 | Cable H07-VK de cobre de 4 mm ² de sección para lavadora y lavavajillas | 0,98 | 28,5 | 27,93 |
| CI 5 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para cocina y horno | 1,44 | 17,4 | 25,056 |
| CI 6 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para refrigeración | 1,44 | 35,64 | 51,322 |

| | | | | |
|------|---|------|-----|-------|
| CI 7 | Cable H07-VK de cobre de 4 mm ² de sección para circuito 1 | 0,98 | 0,6 | 0,588 |
| CI 8 | Cable H07-VK de cobre de 6 mm ² de sección para circuito 2 | 1,44 | 0,6 | 0,864 |

Tabla 1.12 .Uds de obra cableado interior.

| Tubos interiores | | | | |
|-------------------------|---|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| TI 1 | Tubo corrugado de PVC de 16 mm de diámetro para iluminación | 0,099 | 85,42 | 8,457 |
| TI 2 | Tubo corrugado de PVC de 20mm de diámetro para tomas generales | 0,129 | 65,21 | 8,412 |
| TI 3 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para baño y cuarto de cocina | 0,129 | 17,5 | 2,258 |
| TI 4 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para lavadora y lavavajillas | 0,129 | 9,5 | 1,226 |
| TI 5 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para horno | 0,73 | 5,8 | 4,234 |
| TI 6 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para climatización | 0,73 | 11,88 | 8,672 |
| TI 7 | Tubo corrugado de PVC de 20 mm de diámetro para circuito 1 | 0,129 | 0,3 | 0,039 |
| TI 8 | Tubo corrugado de PVC de 25 mm de diámetro para circuito 2 | 0,73 | 0,3 | 0,219 |

Tabla 1.13 .Uds de obra tubos interiores.

| Iluminación | | | | |
|--------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| IL 1 | Fagerhults Belysning AB 11946-402 Combilume Ceiling Delta 300-1200 alugrey 830 | 26,622 | 4 | 106,488 |
| IL 2 | Fagerhults Belysning AB 64801 D63 Wall | 11,412 | 2 | 22,824 |
| IL 3 | Havells-Sylvania 3097918 MATRIX LED 3K PIANO BLACK DALI | 12,325 | 6 | 73,95 |
| IL 4 | Insta Elektro GmbH il 2046 P11 830 2500 DA 00 instalight Flat | 35,496 | 5 | 177,48 |
| IL 5 | Insta Elektro GmbH LEDLUX LS 850X LWHC070 IP64 0985 xxx xxx x x instalight LEDLUX LS | 45,923 | 9 | 413,307 |
| IL 6 | Philips Lighting BPS640 W21L125 1xLED48/840 LIN-PC | 19,227 | 3 | 57,681 |
| IL 7 | Philips Lighting SM120V 1xLED36S/830 W20L120 | 20,706 | 3 | 62,118 |
| IL 8 | Philips Lighting SM120V 1xLED37S/840 W60L60 | 20,706 | 1 | 20,706 |
| IL 9 | Prisma 303450 Quasar 10 1WB | 5,144 | 2 | 10,288 |
| IL 10 | Thorlux Lighting EFB15566 Mini-8LED Maintained Opal-4W | 1,972 | 4 | 7,888 |

Tabla 1.14 .Uds de obra luminarias.

| Puesta a tierra- Protecciones | | | | |
|--------------------------------------|--|------------------------|-----------------|--------------|
| Código | Descripción | Precio unitario | Medición | Total |
| PT 1 | Cable de cobre desnudo de 50mm ² de sección | 5,79 | 49 | 283,71 |
| PT 2 | Diferencial HAGER MN 30 mA | 21,5 | 2 | 43 |
| PT 3 | Magnetotérmico Legrand TX3 10 A | 5,04 | 1 | 5,04 |
| PT 4 | Magnetotérmico Legrand TX3 16 A | 5,13 | 2 | 10,26 |
| PT 5 | Magnetotérmico Legrand TX3 20 A | 5,25 | 1 | 5,25 |
| PT 6 | Magnetotérmico Legrand TX3 25 A | 5,37 | 4 | 21,48 |

Tabla 1.15 .Uds de obra puesta tierra y protecciones.

1.2.2 Presupuesto final

| Unidad de obra | Precio (€) |
|--|------------------|
| Generadores fotovoltaicos y equipamiento | 31307,96 |
| Cableado exterior | 240,56 |
| Tubos exteriores | 21,352 |
| Cableado interior | 354,237 |
| Tubos interiores | 33,517 |
| Iluminación | 952,73 |
| Puesta a tierra y protecciones | 368,74 |
| Mano de obra | 1000 |
| Total: | 34279,096 |
| | |
| +21% IVA | 41477,706 |
| Beneficio industrial 5% | 2073,89 |
| INVERSIÓN TOTAL: | 43551,6 |

Tabla 1.16 .Resumen del presupuesto instalación aislada de la red.

3. ANEXOS A LA MEMORIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

1. Ejemplo de tabla de irradiancias del PVGIS

| ENERO 65º | | | | | | | | |
|----------------------|----------|----------------------|----------------------|------------|------------------------|----------|----------------------|----------------------|
| Time | G | G_d | G_c | DNI | DNI_c | A | A_d | A_c |
| 07:22 | 135 | 44 | 181 | 196 | 321 | 265 | 65 | 379 |
| 07:37 | 210 | 71 | 281 | 267 | 436 | 384 | 113 | 540 |
| 07:52 | 275 | 89 | 371 | 326 | 534 | 459 | 125 | 649 |
| 08:07 | 331 | 101 | 452 | 373 | 610 | 516 | 135 | 733 |
| 08:22 | 384 | 111 | 528 | 410 | 671 | 562 | 142 | 800 |
| 08:37 | 433 | 120 | 599 | 440 | 719 | 599 | 148 | 854 |
| 08:52 | 478 | 128 | 664 | 464 | 759 | 630 | 153 | 897 |
| 09:07 | 520 | 136 | 725 | 485 | 792 | 655 | 157 | 933 |
| 09:22 | 558 | 142 | 782 | 502 | 820 | 676 | 160 | 962 |
| 09:37 | 593 | 147 | 833 | 516 | 844 | 693 | 163 | 987 |
| 09:52 | 624 | 151 | 880 | 528 | 863 | 708 | 165 | 1010 |
| 10:07 | 652 | 155 | 921 | 538 | 880 | 719 | 167 | 1020 |
| 10:22 | 676 | 158 | 958 | 546 | 893 | 729 | 168 | 1040 |
| 10:37 | 697 | 161 | 990 | 553 | 905 | 737 | 169 | 1050 |
| 10:52 | 715 | 163 | 1020 | 559 | 914 | 743 | 169 | 1060 |
| 11:07 | 729 | 165 | 1040 | 563 | 921 | 748 | 170 | 1060 |
| 11:22 | 740 | 166 | 1050 | 566 | 926 | 752 | 170 | 1070 |
| 11:37 | 747 | 166 | 1060 | 568 | 929 | 754 | 170 | 1070 |
| 11:52 | 750 | 167 | 1070 | 569 | 931 | 755 | 170 | 1070 |

| | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 12:07 | 750 | 167 | 1070 | 569 | 931 | 755 | 170 | 1070 |
| 12:22 | 747 | 166 | 1060 | 568 | 929 | 754 | 170 | 1070 |
| 12:37 | 740 | 166 | 1050 | 566 | 926 | 752 | 170 | 1070 |
| 12:52 | 729 | 165 | 1040 | 563 | 921 | 748 | 170 | 1060 |
| 13:07 | 715 | 163 | 1020 | 559 | 914 | 743 | 169 | 1060 |
| 13:22 | 697 | 161 | 990 | 553 | 905 | 737 | 169 | 1050 |
| 13:37 | 676 | 158 | 958 | 546 | 893 | 729 | 168 | 1040 |
| 13:52 | 652 | 155 | 921 | 538 | 880 | 719 | 167 | 1020 |
| 14:07 | 624 | 151 | 880 | 528 | 863 | 708 | 165 | 1010 |
| 14:22 | 593 | 147 | 833 | 516 | 844 | 693 | 163 | 987 |
| 14:37 | 558 | 142 | 782 | 502 | 820 | 676 | 160 | 962 |
| 14:52 | 520 | 136 | 725 | 485 | 792 | 655 | 157 | 933 |
| 15:07 | 478 | 128 | 664 | 464 | 759 | 630 | 153 | 897 |
| 15:22 | 433 | 120 | 599 | 440 | 719 | 599 | 148 | 854 |
| 15:37 | 384 | 111 | 528 | 410 | 671 | 562 | 142 | 800 |
| 15:52 | 331 | 101 | 452 | 373 | 610 | 516 | 135 | 733 |
| 16:07 | 275 | 89 | 371 | 326 | 534 | 459 | 125 | 649 |
| 16:22 | 30 | 28 | 17 | 0 | 0 | 22 | 19 | 13 |
| 16:37 | 22 | 20 | 13 | 0 | 0 | 16 | 13 | 9 |
| 16:52 | 13 | 12 | 8 | 0 | 0 | 9 | 8 | 5 |

Tabla 1.1 .Irradiancias Enero PVGIS.

2. Equipamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas/aisladas de la red

2.1 Paneles fotovoltaicos Suntech STP250-20WD (datos del fabricante)

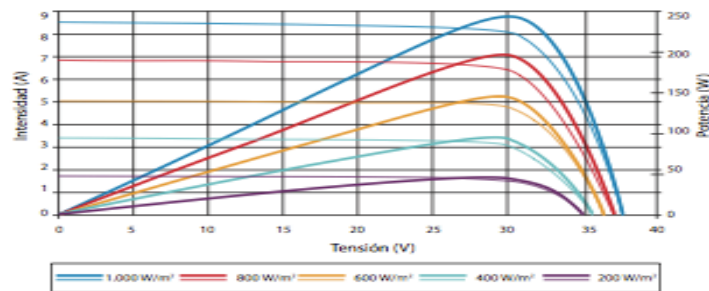
Características eléctricas

| STC | STP250S-20/Wd | STP245S-20/Wd |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Tensión óptima de operación (Vmp) | 30,7 V | 30,5 V |
| Corriente óptima de operación (Imp) | 8,15 A | 8,04 A |
| Tensión en circuito abierto (Voc) | 37,4 V | 37,3 V |
| Corriente de cortocircuito (Isc) | 8,63 A | 8,52 A |
| Máxima potencia STC (Pmax) | 250 W | 245 W |
| Eficiencia del módulo | 15,4% | 15,1% |
| Temperatura de operación | -40 °C a +85 °C | |
| Tensión máxima de sistema | 1.000 V DC (IEC) / 600 V DC (UL) | |
| Corriente máxima de fusible en serie | 20 A | |
| Tolerancia de potencia | 0/+5 % | |

STC: Irradiancia 1.000 W/m², temperatura del módulo 25 °C, AM=1,5;
 Simulador solar AAA mejor de su clase (IEC 60904-9) utilizado, tolerancia de medición de potencia: +/- 3%

Fig. 2.1 .Características panel.

Curva de Intensidad-Tensión y Potencia-Tensión (250S-20)



Excelente rendimiento bajo condiciones de luz débil: con una intensidad de irradiación de 200 W/m² (AM 1,5, 25 °C), se alcanza el 95,5% o más de la eficiencia bajo condiciones estándar STC (1.000 W/m²)

Fig 2.2 .Curva V-I panel.

Características de temperatura

| | |
|---|------------|
| Temperatura Nominal de Operación de Célula (NOCT) | 45±2 °C |
| Coefficiente de temperatura de Pmax | -0,45 %/°C |
| Coefficiente de temperatura de Voc | -0,34 %/°C |
| Coefficiente de temperatura de Isc | 0,050 %/°C |

Características mecánicas

| | |
|--------------------|--|
| Célula solar | Silicio monocristalino 156 × 156 mm (6 pulgadas) |
| Número de células | 60 (6 × 10) |
| Dimensiones | 1640 × 992 × 50mm (64,6 × 39,1 × 2,0 pulgadas) |
| Peso | 19,1 kgs (42,1 lbs.) |
| Vidrio frontal | Vidrio templado de 3,2 mm (0,13 pulgadas) |
| Marco | Aleación de aluminio anodizado |
| Caja de conexiones | Clase IP67 (3 diodos bypass) |
| Cables de salida | TUV (2Pfg1169:2007), UL 4703, UL 44 4,0 mm ² (0,006 pulgadas ²), longitudes simétricas (-) 1.000 mm (39,4 pulgadas) y (+) 1.000 mm (39,4 pulgadas) |
| Conectores | Conectores MC4 |

Fig. 2.3 .Datos del panel.

2.2 Inversor Solar Max 3000S (datos del fabricante)

| | | SolarMax 2000S | SolarMax 3000S | SolarMax 4200S | SolarMax 6000S |
|---------------------------|---|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Valores de entrada | Rango de tensión MPP | 100 V...550 V | 100 V...550 V | 100 V...550 V | 100 V...550 V |
| | Tensión mínima para la potencia nominal | 190 V | 260 V | 200 V | 240 V |
| | Tensión CC máxima | 600 V | 600 V | 600 V | 600 V |
| | Corriente CC máxima | 11 A | 11 A | 22 A | 22 A |
| | Tipo de conector | MC4 | MC4 | MC4 | MC4 |
| Valores de salida | Potencia nominal con cos(φ) = 1 | 1'980 W | 2'750 W | 4'180 W | 5'000 W |
| | Potencia aparente máx. | 1'980 VA | 2'750 VA | 4'180 VA | 5'060 VA |
| | Rango / Tensión nominal de red | 230 V / 184 V...300 V | 230 V / 184 V...300 V | 230 V / 184 V...300 V | 230 V / 184 V...300 V |
| | Corriente CA máxima | 12 A | 12 A | 19 A | 22 A |
| | Rango / Frecuencia nominal de red | 50 Hz / 45 Hz...55 Hz | | | |
| | Factor de potencia cos(φ) | Ajustable desde 0.8 sobrecargado hasta 0.8 subcargado | | | |
| | Coefficiente de dist. lineal con potencia nominal | < 1.5 % | | | |
| | Tipo de conexión | Conector Wieland | | | |
| | Conexión de red | Monofásico (L / N / PE) | | | |
| Rendimiento | Rendimiento máx. | 97 % | 97 % | 97 % | 97 % |
| | Rendimiento europ. | 95.4 % | 95.5 % | 95.8 % | 96.2 % |

Fig. 2.4 .Datos del inversor.

2.3 Regulador de carga Victron Energy Blue Solar MPPT 75/50 (datos del fabricante)

| Controlador de carga BlueSolar | MPPT 75/50 | MPPT 100/50 |
|--|---|-------------|
| Tensión de la batería | Selección automática: 12/24 V | |
| Corriente de carga nominal | 50 A | |
| Potencia FV máxima, 12V 1a,b) | 700 W (rango MPPT 15 V y 70 V respectivamente, 95 V) | |
| Potencia FV máxima, 24V 1a,b) | 1400 W (rango MPPT 30 V y 70 V respectivamente, 95 V) | |
| Tensión máxima del circuito abierto FV | 75 V | 100 V |
| Eficacia máxima | 98 % | |
| Autoconsumo | 10 mA | |
| Tensión de carga de "absorción" | Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable) | |
| Tensión de carga de "flotación" | Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable) | |
| Algoritmo de carga | variable multietapas | |
| Compensación de temperatura | -16 mV / °C, -32 mV / °C resp. | |
| Protección | Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión | |
| Temperatura de trabajo | -30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C) | |
| Humedad | 95 %, sin condensación | |
| Puerto de comunicación de datos | VE.Direct | |
| | Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web | |

Fig. 2.5 .Datos del regulador de carga.

2.4 Baterías Rolls Battery 12CS 11P (datos del fabricante)

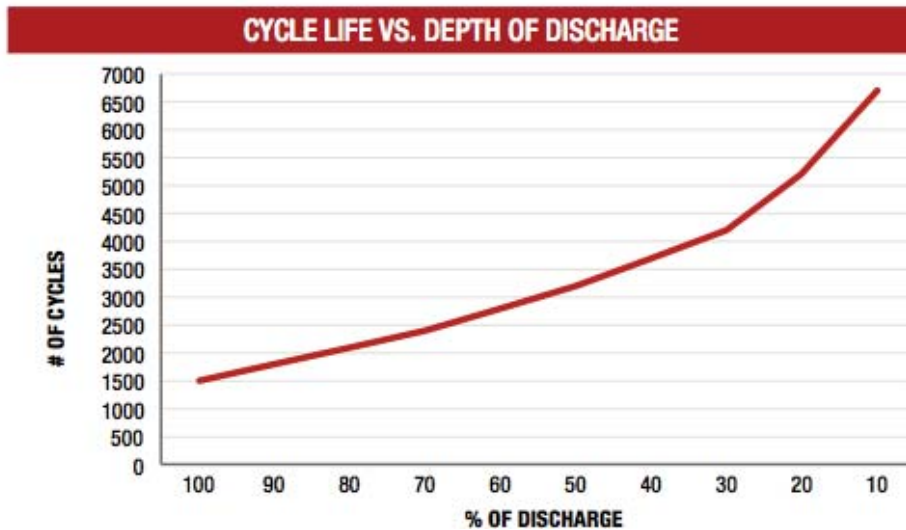


Fig. 2.6 .Curva ciclos batería-% de descarga.

| HOUR RATE: | SPECIFIC GRAVITY | CAPACITY / AMP HOUR | CURRENT / AMPS |
|-----------------|------------------|---------------------|----------------|
| @ 100 HOUR RATE | 1.280 | 503 | 5.03 |
| @ 72 HOUR RATE | 1.280 | 475 | 6.59 |
| @ 50 HOUR RATE | 1.280 | 439 | 8.78 |
| @ 24 HOUR RATE | 1.280 | 371 | 15.47 |
| @ 20 HOUR RATE | 1.280 | 357 | 17.85 |
| @ 15 HOUR RATE | 1.280 | 332 | 22.13 |
| @ 12 HOUR RATE | 1.280 | 311 | 25.88 |
| @ 10 HOUR RATE | 1.280 | 296 | 29.63 |
| @ 8 HOUR RATE | 1.280 | 278 | 34.81 |
| @ 6 HOUR RATE | 1.280 | 253 | 42.25 |
| @ 5 HOUR RATE | 1.280 | 239 | 47.84 |
| @ 4 HOUR RATE | 1.280 | 221 | 55.34 |
| @ 3 HOUR RATE | 1.280 | 200 | 66.64 |
| @ 2 HOUR RATE | 1.280 | 171 | 85.68 |
| @ 1 HOUR RATE | 1.280 | 121 | 121.38 |

Fig. 2.7 .Datos batería.

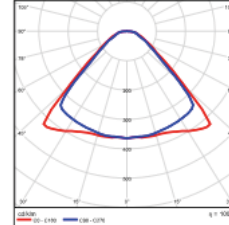
2.5 Inversor Victron Energy Phoenix 24/5000

| Inversor Phoenix | C12/1200 C24/1200 | C12/1600 C24/1600 | C12/2000 C24/2000 | 12/3000 24/3000 48/3000 | 24/5000 48/5000 |
|---|--|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| Funcionamiento en paralelo y en trifásico | Sí | | | | |
| INVERSOR | | | | | |
| Rango de tensión de entrada (V DC) | 9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V | | | | |
| Salida | Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1) | | | | |
| Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2) | 1200 | 1600 | 2000 | 3000 | 5000 |
| Potencia cont. de salida 25 °C (W) | 1000 | 1300 | 1600 | 2500 | 4500 |
| Potencia cont. de salida 40 °C (W) | 900 | 1200 | 1450 | 2200 | 4000 |
| Pico de potencia (W) | 2400 | 3000 | 4000 | 6000 | 10000 |
| Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%) | 92 / 94 | 92 / 94 | 92 / 92 | 93 / 94 / 95 | 94 / 95 |
| Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W) | 8 / 10 | 8 / 10 | 9 / 11 | 15 / 15 / 16 | 25 / 25 |
| Consumo en vacío en modo AES (W) | 5 / 8 | 5 / 8 | 7 / 9 | 10 / 10 / 12 | 20 / 20 |
| Consumo en vacío modo Search (W) | 2 / 3 | 2 / 3 | 3 / 4 | 4 / 5 / 5 | 5 / 6 |
| GENERAL | | | | | |
| Relé programable (3) | Sí | | | | |
| Protección (4) | a - g | | | | |

Fig. 2.8 .Datos del inversor.

3. Datos de las luminarias

Fagerhults Belysning AB 11946-402 Combilume Ceiling
 Delta 300-1200 alugrey 830
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLED 11937
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.98%
 Flujo luminoso de lámparas: 4691 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 4690 lm
 Potencia: 54.0 W
 Rendimiento lumínico: 86.9 lm/W



Fagerhults Belysning AB 64801 D63 Wall
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLED D63
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 506 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 506 lm
 Potencia: 9.0 W
 Rendimiento lumínico: 56.2 lm/W

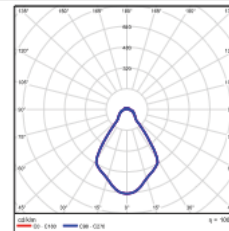
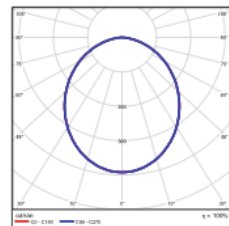
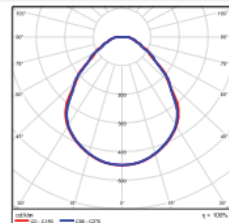
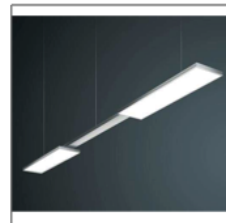


Fig. 3.1 .Datos de las luminarias.

Havells-Sylvania 3097918 MATRIX LED 3K PIANO
 BLACK DALI
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xMATRIX LED 3K BRUSHED ALU
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 1809 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 1809 lm
 Potencia: 25.0 W
 Rendimiento lumínico: 72.4 lm/W



Insta Elektro GmbH II 2046 P11 830 2500 DA 00
 instalight Flat
 Emisiones luminosas 1 y 3
 Lámpara: 1xLED FLAT 830 2046 P
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100.05%
 Flujo luminoso de lámparas: 1265 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 1266 lm
 Potencia: 12.0 W
 Rendimiento lumínico: 105.5 lm/W



Emisión de luz 2
 Lámpara: 1xLED FLAT 830 2046 i
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 6570 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 6570 lm
 Potencia: 48.0 W
 Rendimiento lumínico: 136.9 lm/W

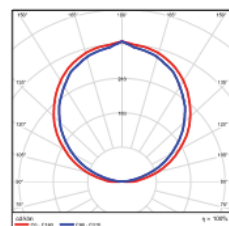
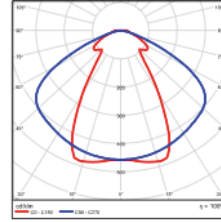
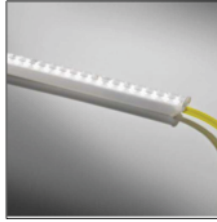
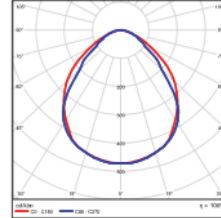


Fig. 3.2 .Datos de las luminarias.

Insta Elektro GmbH LEDLUX LS 850X LWHC070 IP64
 0985 xxx xxx x instalight LEDLUX LS
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 3xLL-LS 950
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100.06%
 Flujo luminoso de lámparas: 1590 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 1591 lm
 Potencia: 18.6 W
 Rendimiento lumínico: 85.5 lm/W



Philips Lighting BPS640 W21L125 1xLED48/840 LIN-PC
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLED48/840/-
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.92%
 Flujo luminoso de lámparas: 4300 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 4297 lm
 Potencia: 39.0 W
 Rendimiento lumínico: 110.2 lm/W



Philips Lighting SM120V 1xLED36S/830 W20L120
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLED36S/830/-
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97%
 Flujo luminoso de lámparas: 3600 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 3599 lm
 Potencia: 42.0 W
 Rendimiento lumínico: 85.7 lm/W

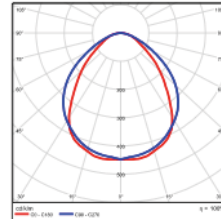
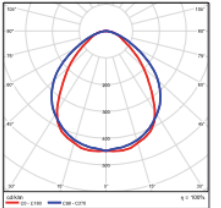


Fig. 3.3 .Datos de las luminarias.

Philips Lighting SM120V 1xLED37S/840 W60L60
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLED37S/840/-
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.97%
 Flujo luminoso de lámparas: 3700 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 3699 lm
 Potencia: 42.0 W
 Rendimiento lumínico: 88.1 lm/W



Prisma 303450 QUASAR 10 1WB
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xQUASAR10 1WB 3K
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 78 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 78 lm
 Potencia: 4.0 W
 Rendimiento lumínico: 19.5 lm/W

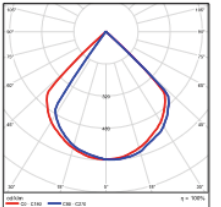


Fig. 3.4 .Datos de las luminarias.

Thorlux Lighting EFB15466 Mini - 8 LED Maintained Opal - 4W
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xMini 8 Opal 4W
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 410 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 410 lm
 Potencia: 4.0 W
 Rendimiento lumínico: 102.5 lm/W

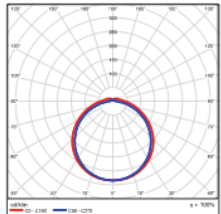


Fig. 3.5 .Datos de las luminarias.

4. Distribución de las estancias de la vivienda

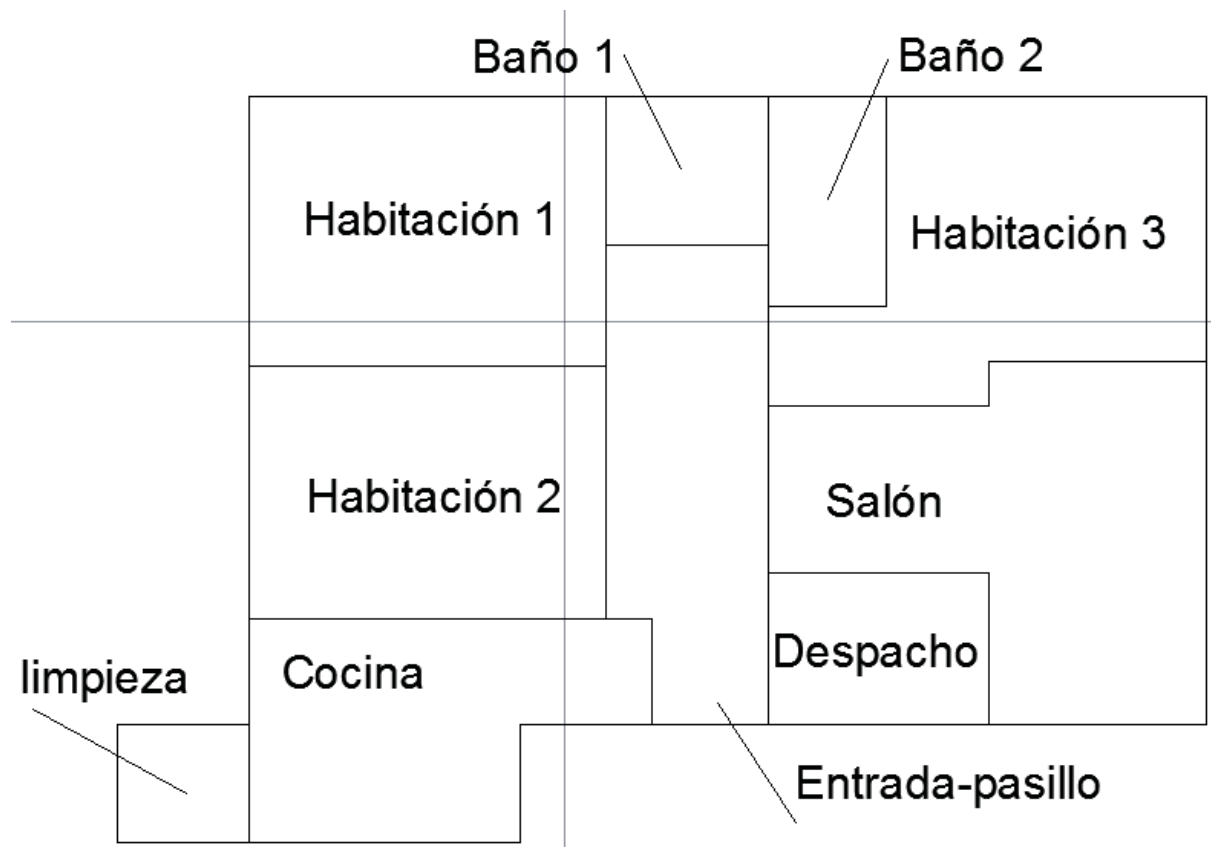


Fig. 4.1 .Distribución de las estancias de la vivienda.

5. Distribución del cableado de la vivienda

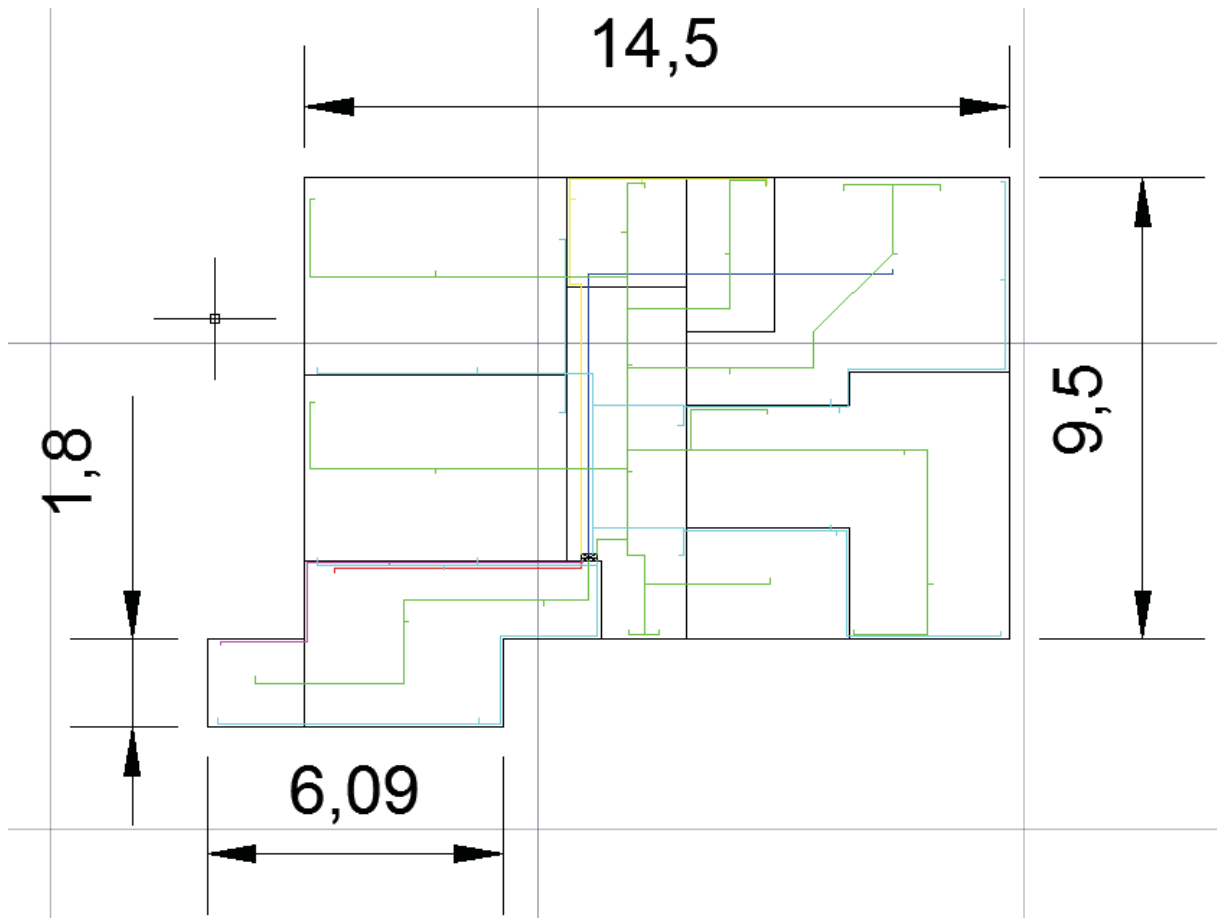


Fig. 5.1 .Distribución del cableado de la vivienda.

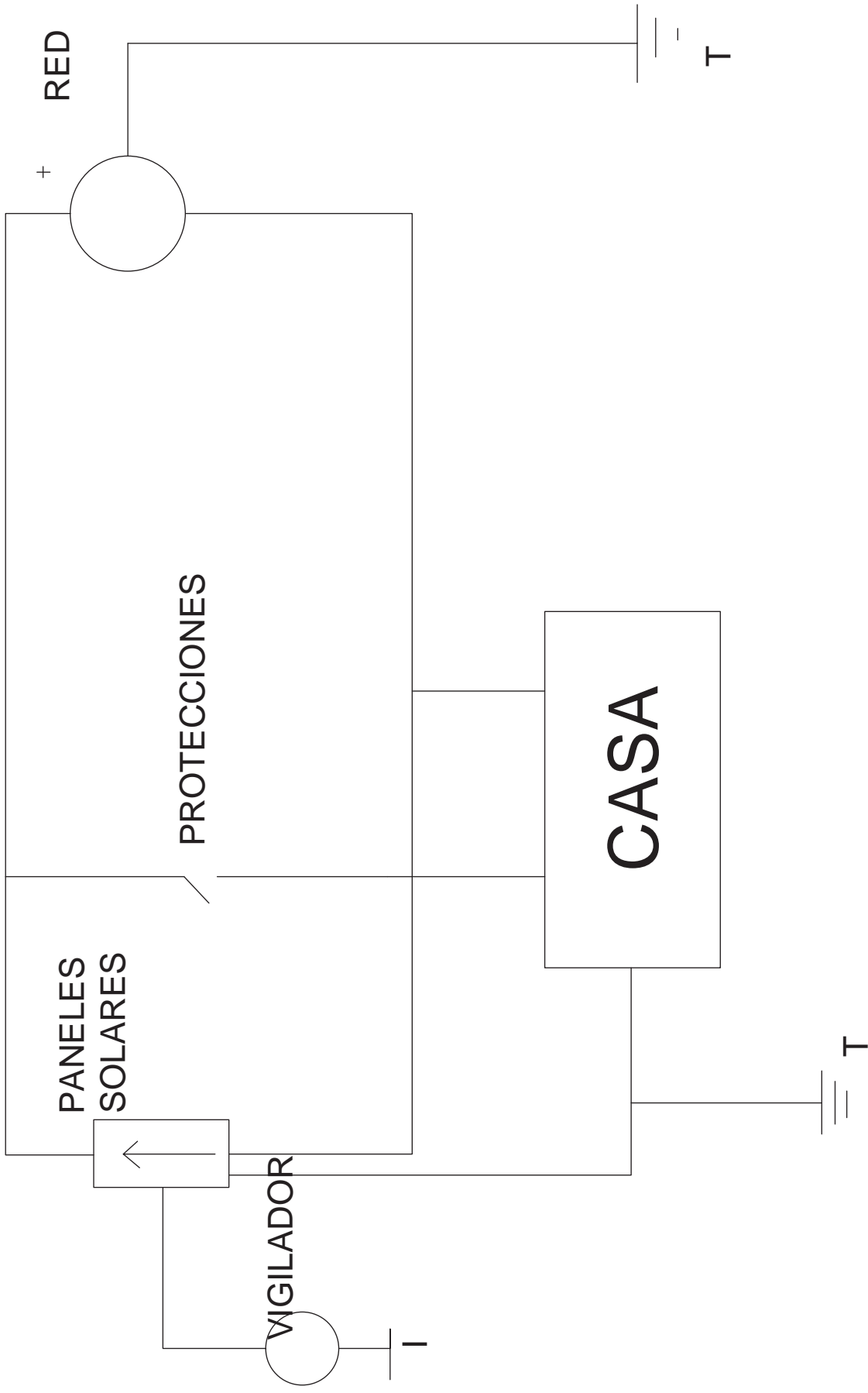
4. PLANOS Y ESQUEMAS

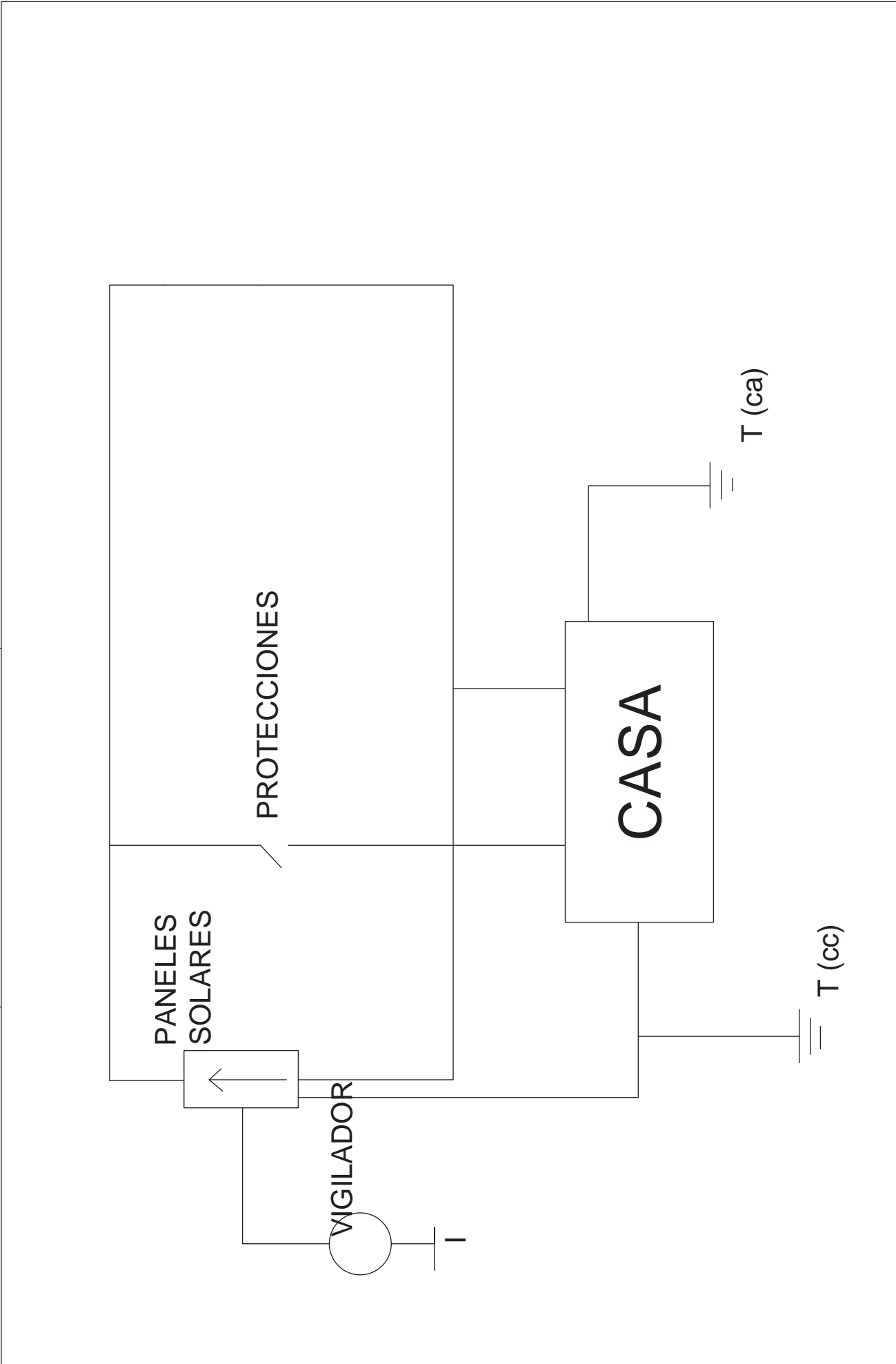



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



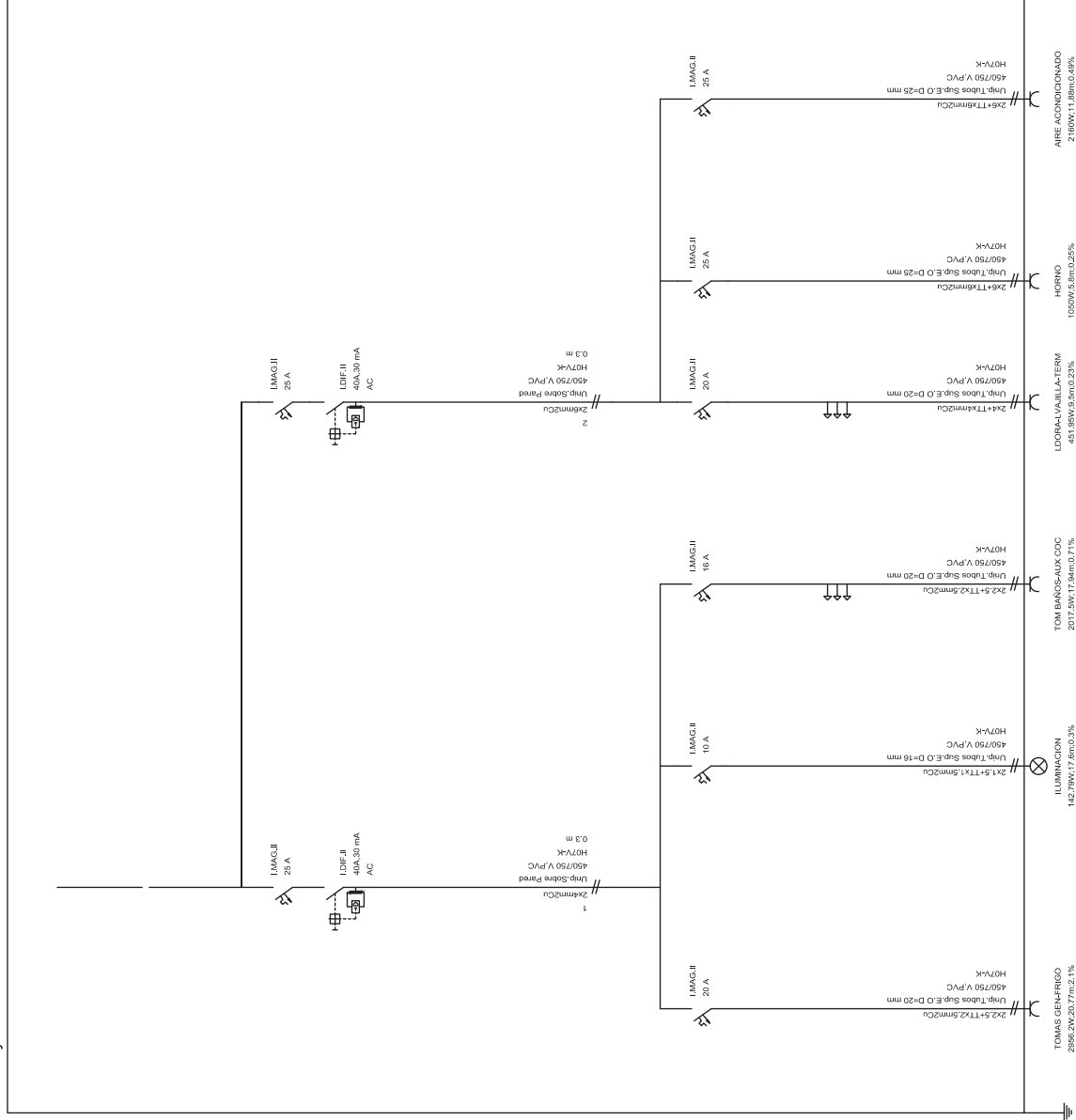
ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA





| | | | | |
|---|--|---|--------------------------|--------------------|
| TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  | Proyecto: PROYECTO DE VIVIENDA ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE SITUADA EN ALMERÍA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. | Plano: Esquema de distribución I-T instalación aislada de red. | Fecha: JULIO 2015 | N° Plano: 2 |
| | ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALÈNCIA  | Autor: José M^a Corberà Ferrando | Escala: ESQUEMA | |

Cuadro General de Mando y Protección



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA SUPERIOR DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE VALÈNCIA

PROYECTO DE VIVIENDA ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE SITUADA EN ALMERÍA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Plano: Diagrama unifilar cableado interior (aislada de la red)

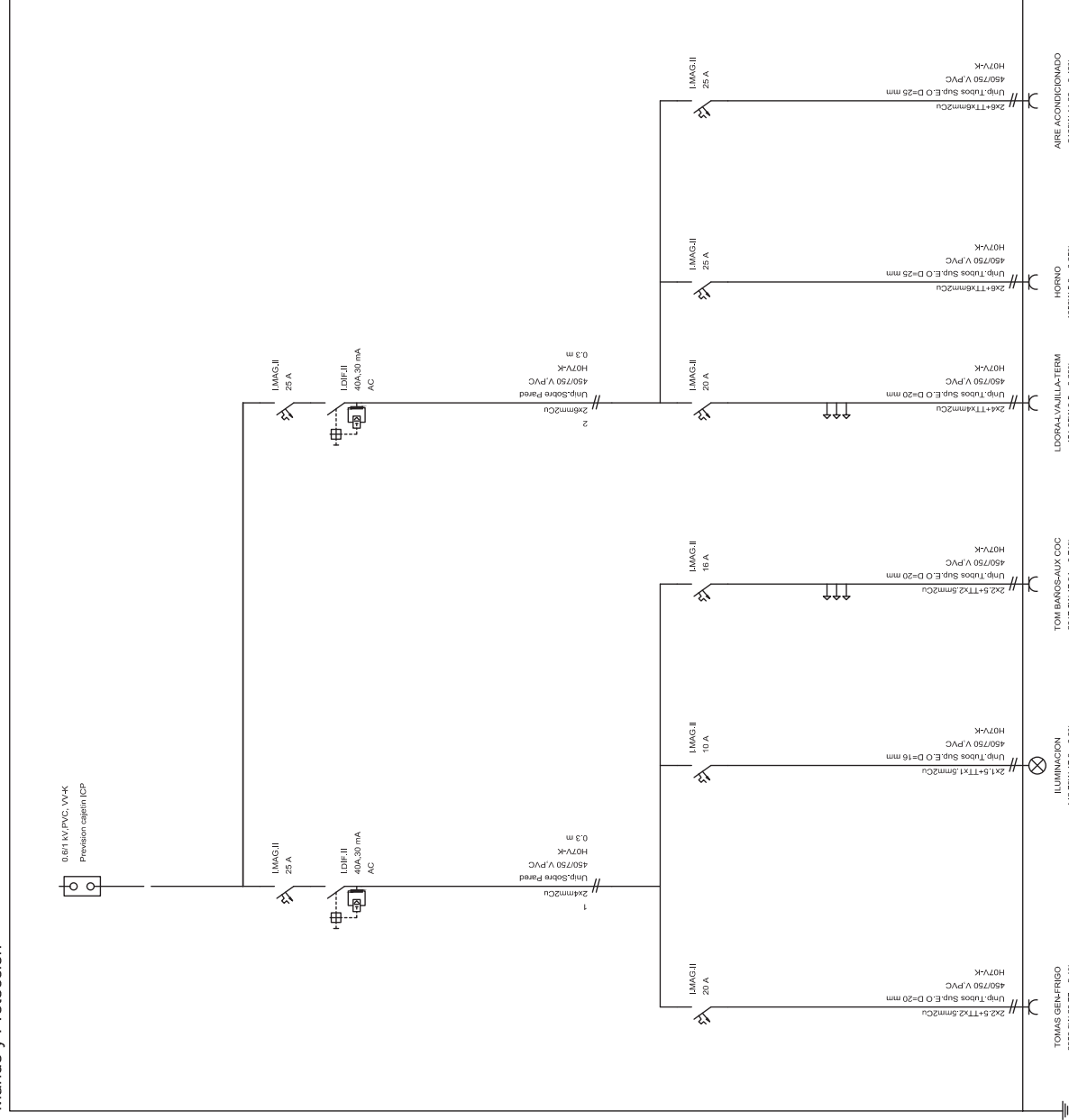
Autor: José M^a Corberà Ferrando

Fecha: Julio 2015

Nº Plano: 3

Escala: Esquema

Cuadro General de Mando y Protección



Iluminación

Tomas baño-aux cocina



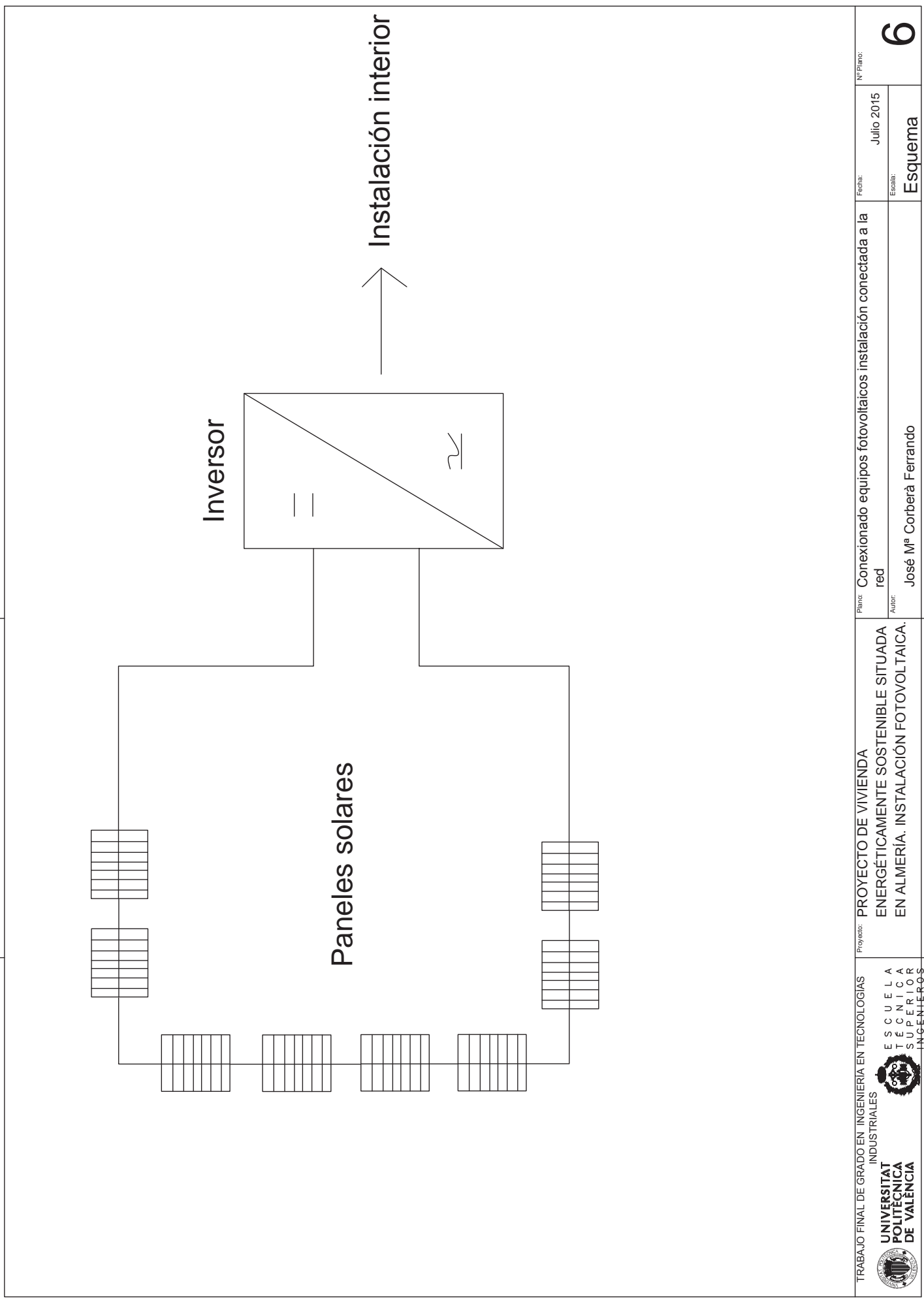
Climatización

lavad-lavav

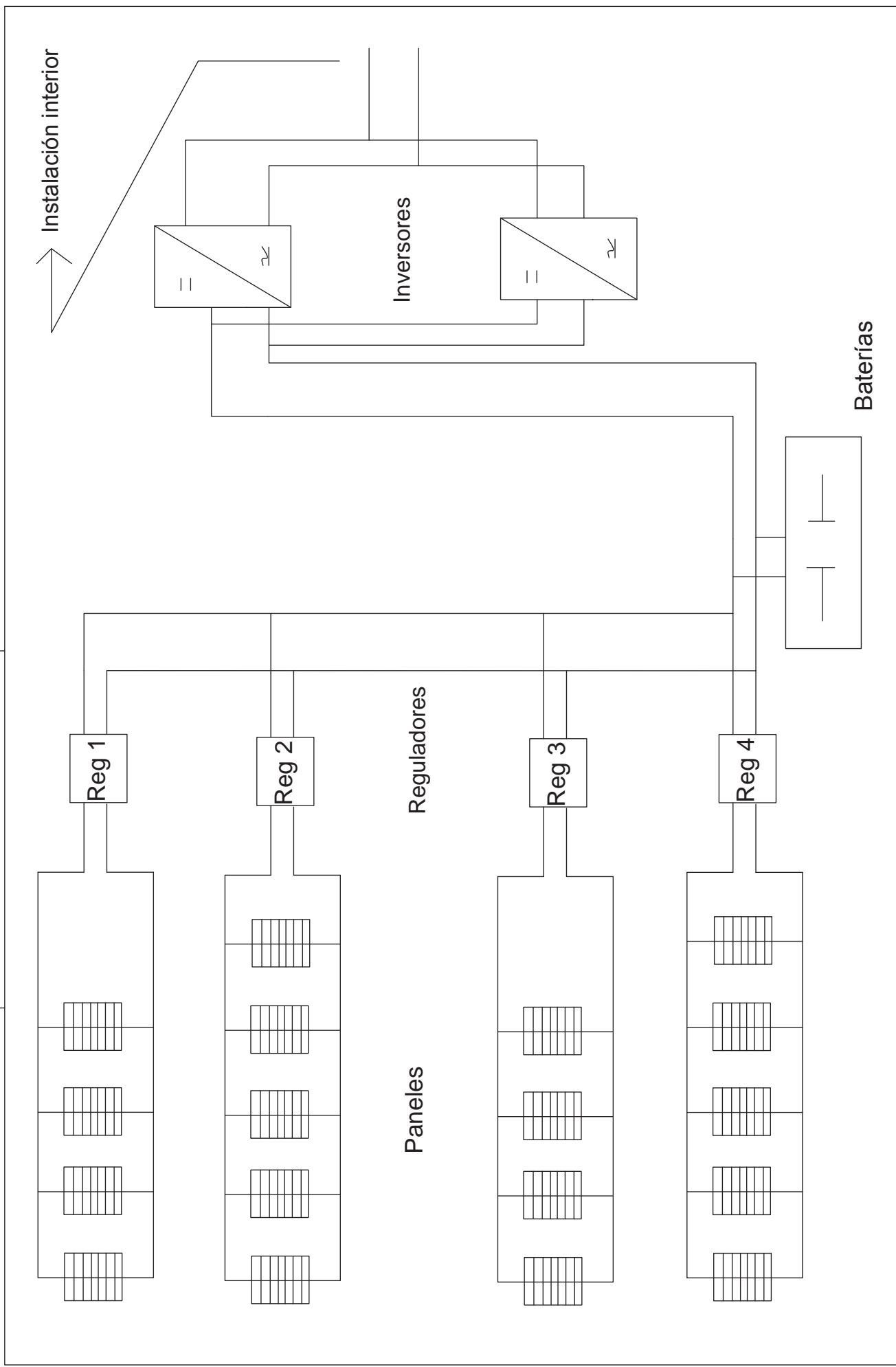
Horno

Tomas gen.-frigo





| | | | |
|--|---|--------------------------|--------------------|
| Proyecto: PROYECTO DE VIVIENDA ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE SITUADA EN ALMERÍA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. | Pliego: Conexión de equipos fotovoltaicos instalación conectada a la red | Fecha: Julio 2015 | Nº Plano: 6 |
| | Autor: José M^a Corberà Ferrando | Escala: Esquema | |



| | | | |
|--|---|--------------------------|--------------------|
| Proyecto: PROYECTO DE VIVIENDA ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE SITUADA EN ALMERÍA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. | Plazo: Conexión de equipos instalación fotovoltaica aislada. | Fecha: Julio 2015 | Nº Plano: 7 |
| | Autor: José M^a Corberà Ferrando | Escala: Esquema | |

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA




| | | | | |
|---|--|--|--|------------------------|
| TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  | Proyecto: PROYECTO DE VIVIENDA ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE SITUADA EN ALMERÍA. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. | Plano: localización de la vivienda en Almería | Fecha: Julio 2015 | N° Plano: 8 |
| | | | Autor: José Mª Corberà Ferrando | Escala: 1:10000 |