

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

Instal·lació fotovoltaica en vivenda unifamiliar  
con conexió y desconexió a la red pública.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Autor:** Pedro Hermoso Espí

**Tutor:** Marcos Pascual Moltó

**Curso:** 2016-17





## RESUMEN

El presente TFG consiste en una instalación fotovoltaica con conexión a red. Antes de centrarnos en el propio proyecto, se dará una visión global de la legislación vigente, así como la situación energética española en este sector. Para la realización de dicha instalación, se ha hecho un estudio previo del consumo eléctrico de la vivienda. De esta forma se podrán tomar medidas para la reducción de dicho consumo, con la consiguiente mejora en la eficiencia de la instalación. Posteriormente se realizarán los cálculos técnicos necesarios para la ejecución de esta instalación fotovoltaica. Una vez se tengan todos los datos técnicos necesarios se efectuará un presupuesto a medida para la proyección de esta instalación. Y para finalizar se realizará un estudio económico de viabilidad.



## RESUM

El present TFG consisteix en una instal·lació fotovoltaica amb connexió a xarxa. Abans de centrar-nos en el propi projecte, es donarà una visió global de la legislació vigent, així com la situació energètica espanyola en este sector. Per a la realització de la dita instal·lació, s'ha fet un estudi previ del consum elèctric de la vivenda. D'esta manera es podran prendre mesures per a la reducció del dit consum, amb la consegüent millora en l'eficiència de la instal·lació. Posteriorment es realitzaran els càlculs tècnics necessaris per a l'execució d'esta instal·lació fotovoltaica. Una vegada es tinguen totes les dades tècniques necessàries s'efectuarà un pressupost a mesura per a la projecció d'esta instal·lació. I per a finalitzar es realitzarà un estudi econòmic de viabilitat.



## ABSTRACT

The present TFG consists of a photovoltaic installation with grid connection. Before focusing on the project, this work will give an overview of the current legislation, as well as the energy situation of this sector in Spain. A study on the electrical consumption of houses has been conducted beforehand for the realisation of this installation. In this way, measurements might be taken to reduce consumption, with the consequent improvement in the installation efficiency. Subsequently, the technical calculations necessary for the execution of this photovoltaic installation will be carried out. Once all the technical data has been collected, a custom budget will be proposed for the installation. To conclude, there will be an economic viability study.



### **PALABRAS CLAVE**

Consumo eléctrico, ahorro energético, energía renovable, fotovoltaica.

### **PARAULES CLAU**

Consum elèctric, estalvi energètic, energia renovable, fotovoltaica.

### **KEYWORDS**

Power consumption, energy saving, renewable energy, photovoltaics.



## Contenido

1.	Índice de tablas, ilustraciones y gráficos .....	7
1.1.	Tablas .....	7
1.2.	Ilustraciones .....	7
1.3.	Gráficas .....	7
2.	Aspectos generales .....	8
2.1.	Situación consumo energético residencial en España .....	8
2.2.	Objetivo y motivación del presente trabajo .....	9
2.3.	Normativa vigente .....	11
3.	Estudio de consumo eléctrico de la vivienda .....	13
4.	Descripción de la instalación fotovoltaica .....	18
4.1.	Emplazamiento .....	18
4.2.	Paneles Fovovoltaicos .....	20
4.3.	Producción .....	21
5.	Cálculos eléctricos .....	23
5.1.	Inversor .....	23
5.2.	Cableado .....	23
5.2.1.	Parte Continua .....	23
5.2.2.	Parte Alterna .....	24
5.2.3.	Comunicación .....	25
5.2.4.	Puesta a tierra .....	26
5.3.	Protecciones .....	26
6.	Sistema de almacenamiento de energía .....	27
7.	Planos .....	28
8.	Estudio económico .....	31
8.1.	Presupuesto .....	31
8.2.	Rentabilidad .....	31
8.2.1.	Valor Actual Neto (VAN) .....	31
8.2.2.	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) .....	32
8.2.3.	Conclusión .....	32
9.	Pliego de condiciones técnicas .....	33
9.1.	Antecedentes .....	33
9.2.	Promotor .....	33
9.3.	Objeto .....	33
9.4.	Generalidades .....	33



9.5.	Emplazamiento.....	34
9.6.	Características de la instalación fotovoltaica.....	34
9.6.1.	Generador fotovoltaico.....	35
9.6.2.	Estructura de las placas.....	35
9.6.3.	Características del inversor.....	35
9.7.	Características eléctricas de la instalación.....	35
9.7.1.	Protecciones contra contactos directos e indirectos.....	35
9.7.2.	Puesta a tierra de la instalación.....	36
9.7.3.	Conductores y sistemas de instalación.....	36
9.8.	Conexión a la red.....	36
9.8.1.	Estimación de la energía eléctrica generada.....	36
9.9.	Consideraciones finales.....	37
Anexo 1:	Presupuesto.....	0
Anexo 2:	Ficha características Inversor.....	0
Anexo 3:	Ficha características Bateria.....	0
Anexo 4:	Ficha características Smart Metter.....	0
Anexo 5:	Ficha características paneles FV.....	0
Anexo 6:	Certificado conformidad UE del inversor.....	0



## 1. Índice de tablas, ilustraciones y gráficos

### 1.1.Tablas

Tabla 1: Consumos de iluminación en la vivienda .....	13
Tabla 2: Consumos en iluminación cambiando toda la luminaria a led.....	14
Tabla 3: Consumo luminaria, equilibrando cambio entre coste y consumo. ....	15
Tabla 4: Consumos de los electrodomésticos. ....	16
Tabla 5: Consumo diario en iluminación y electrodomésticos. ....	16
Tabla 6: Consumo bimensual real de la vivienda.....	17
Tabla 7: Consumos máximo, mínimo y medio en la vivienda. ....	17
Tabla 8: Estimación de la producción energética. ....	21

### 1.2.Ilustraciones

Ilustración 1: Radiación solar por zonas en España .....	10
Ilustración 2: Localización del emplazamiento en vistas a la península ibérica.....	18
Ilustración 3: Localización emplazamiento, vista sur Valencia norte Alicante. ....	19
Ilustración 4: Localización y orientación de la vivienda. ....	19
Ilustración 5: Esquema Fronius® de la instalación.....	28

### 1.3.Gráficas

Gráfica 1:Porcentajes del consumo en viviendas españolas, según el uso aplicado.....	8
--	---

## 2. Aspectos generales

Las características de la vivienda a estudiar son las siguientes:

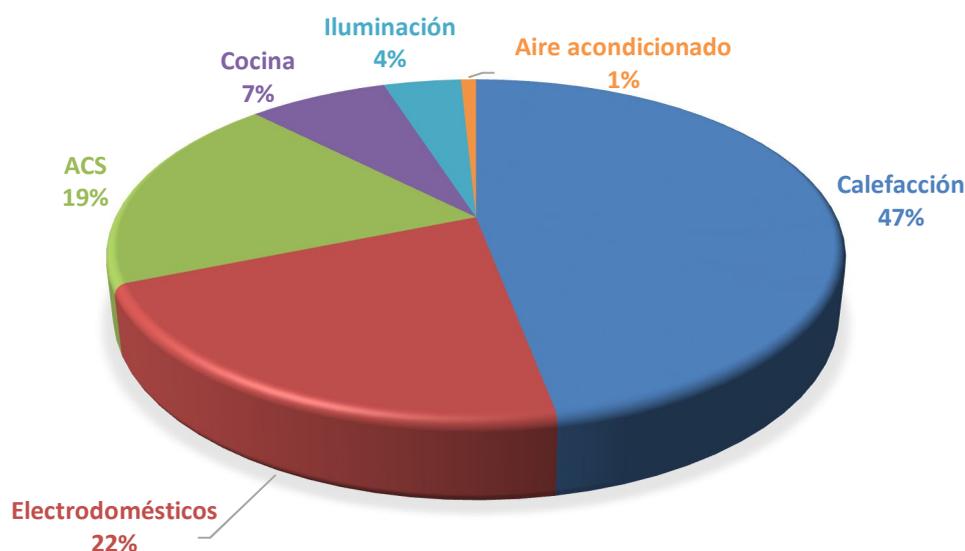
Se trata de una casa unifamiliar aislada de dos plantas con jardín y piscina. Todo esto se va a tener en cuenta para el cálculo del consumo eléctrico, ya que hablamos de dos consumos diferenciados a lo largo del año: uno en invierno con un consumo elevado en agua caliente sanitaria, por otra parte, en verano el consumo de la bomba de la piscina y además el uso del aire acondicionado.

### 2.1. Situación consumo energético residencial en España

El sector residencial español es de suma importancia en cuanto a gasto energético se refiere, debido a que el 17% del consumo energético global del país se realiza en este sector energético, y además representa en torno al 25% del consumo eléctrico nacional<sup>[4]</sup>. Todo ello con una proyección al alza, frenada eso sí, por la recesión económica que vivimos y hemos estado sufriendo en los pasados años.

En cuanto a consumo puramente eléctrico en viviendas españolas, podemos asegurar que estamos entorno a los 10,5 MWh al año por vivienda, lo que representa unas 0,85 tep (toneladas equivalentes de petróleo) o lo que es lo mismo 0,038 TJ (Tera Julios)<sup>[4]</sup>. Este dato, eso sí, variará con respecto a la tipología de vivienda. Siendo las viviendas unifamiliares las que consumen, de media, casi el doble que las viviendas en bloque. La cual cosa no nos debe alarmar, en cuanto a derroche energético se refiere, ya que las viviendas unifamiliares en España representan tan solo el 30% del total (siendo del 31% en el área mediterránea)<sup>[4]</sup>.

El mayor consumo energético a nivel nacional se registra en lo referente a la calefacción con un 47% del total, siendo de entorno al 46% el consumo eléctrico con respecto a otras fuentes como pueden ser el gas natural o la biomasa<sup>[4]</sup>.



Gráfica 1: Porcentajes del consumo en viviendas españolas, según el uso aplicado<sup>[4]</sup>.



Dentro del segundo grupo con mayor consumo energético, los frigoríficos destacan con entorno al 30% del consumo total en este apartado. Aun siendo los aparatos con tecnologías más eficientes en los hogares españoles, en torno al 40% los constituyen la Clase A, A<sup>+</sup> y A<sup>++</sup>. Teniendo una antigüedad media de entre 6 y 8 años<sup>[4]</sup>.

Además, cabe destacar que casi el 11% del consumo en cuanto a electrodomésticos se refiere se destina a los aparatos en Stand-by. Esta configuración está presente sobre todo en los aparatos de gama marrón, aunque a día de hoy ya existen lavadoras y otros equipos de gama blanca que incluyen esta tecnología<sup>[4]</sup>.

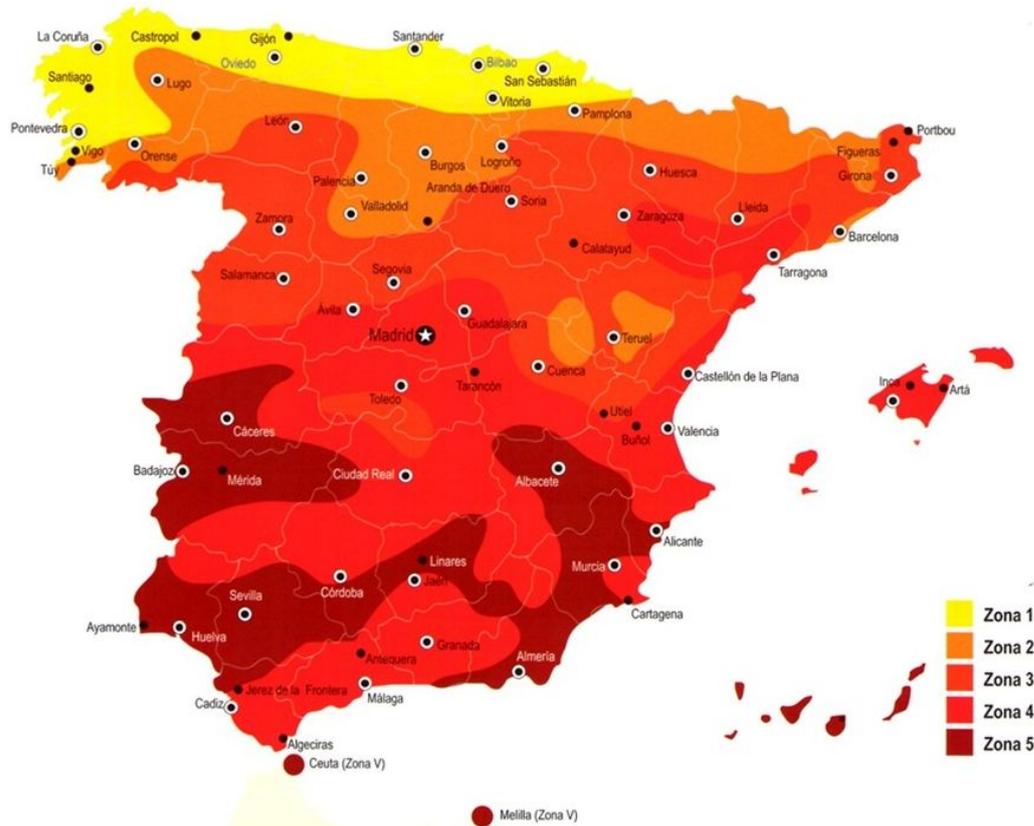
## **2.2. Objetivo y motivación del presente trabajo**

El objeto de este trabajo es el diseño de un sistema para el autoconsumo de una vivienda unifamiliar, para de este modo depender en menor instancia de la red eléctrica pública. La motivación principal para la elección de un proyecto de esta naturaleza, es el hecho de la previsión de la futura tendencia en cuanto a redes eléctricas.

Como nos vienen indicando unos años atrás tanto en leyes nacionales como en los acuerdos a nivel mundial como puede ser el protocolo de Kioto<sup>[3]</sup>, tendemos hacia una involución energética en cuanto a sistemas energéticos fundamentados en energías fósiles.

Además, cada vez se tiene más clara la evolución hacia una distribución en un conglomerado de micro redes inteligentes (las denominadas "Smart grids") donde cada una de estas micro redes será capaz de auto abastecerse y serán dependientes en mucha menor medida de los grandes transportes que están presentes en la actualidad. Para todo este avance hacia un consumo y una producción energética más eficiente, se hace necesario el hecho de empezar con uno de los bloques de consumo más importantes en nuestro país, como es el mercado en viviendas privadas. Como ya hemos comentado con anterioridad representa un 25% del total nacional<sup>[4]</sup>.

A todos estos motivos le podremos sumar el hecho de que en nuestro país existe una alta irradiación solar<sup>[1]</sup>, como muestran los atlas de irradiación solar, así como numerosos estudios climatográficos. Además de las altas eficiencias mostradas por las plantas de generación solar ya implantadas. Como podemos observar en la siguiente figura, la irradiación solar española es buena para este tipo de instalaciones.



RADIACION SOLAR GLOBAL			
ZONA	MJ/m <sup>2</sup> *día	kWh/m <sup>2</sup> *día	kWh/m <sup>2</sup> *año
I	H < 13,7	H < 3,8	H < 1.389
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2	1.389 ≤ H < 1.531
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6	1.531 ≤ H < 1.683
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0	20 1.683 ≤ H < 1.825
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0	H ≥ 1825

Ilustración 1: Radiación solar por zonas en España

Todo esto hace que cada día sea un poco más rentable para el pequeño usuario la implantación de este tipo de equipos en sus viviendas para un autoconsumo, no total, pero si parcial de la energía consumida. Esto en parte es debido tanto a la evolución en dichos sistemas en los que la eficiencia de los paneles fotovoltaicos ha mejorado en los últimos años, como en los equipos de conversión y almacenamiento de la energía<sup>[8]</sup>. En estos últimos la implantación hace unos meses de las baterías de ion litio de Tesla®, como de muchos otros fabricantes, hace que estos equipos pasen a ser mucho menos voluminosos y más duraderos además de tener una mayor eficiencia.



## 2.3. Normativa vigente

Por lo que respecta a la normativa en vigor a fecha de este proyecto, teniendo en cuenta la alarma social que han provocado los proyectos de ley y las propias leyes implantadas en los últimos años, es conveniente aclarar algunos de los conceptos que día tras día aparecen en todos los medios de comunicación.

Para empezar, nos referiremos al denominado “impuesto al sol”, dicho término utilizado en numerosas ocasiones por parte de todos los medios de comunicación y difusión. Hay que destacar que en ningún RD, ley o boletín aparece un término o canon económico correspondiente a la utilización de la energía solar. Este término de “impuesto al sol” es impuesto por el hecho de que el boletín oficial del estado correspondiente a esta legislación a fecha, 10 de octubre de 2015 nos dice<sup>[3]</sup>:

*“... en este sentido, el artículo establece, con carácter general, la obligación de las instalaciones de autoconsumo de contribuir a la financiación de los costes y servicios del sistema en la misma cuantía que el resto de consumidores.”*

De este modo lo que se nos indica, según la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, es que todo consumidor que disponga de una instalación de autoconsumo pero que a su vez este respaldado por la red eléctrica, deberá contribuir a todos los efectos como cualquier otro consumidor conectado a la red. Esto es, la parte fija de la factura de la luz correspondiente a todos los gastos derivados de la gestión y mantenimiento de la red eléctrica<sup>[3]</sup>.

Pudiendo estar a favor o en contra de este “impuesto”, que no deja de ser el pago a un servicio prestado. Además, el mismo boletín nos indica un posible cambio en este pago, de la siguiente forma<sup>[3]</sup>:

*“No obstante, se prevén en el artículo 9.3 y en la disposición transitoria novena, excepciones para los casos en los que el autoconsumo suponga una reducción de costes para el sistema y, transitoriamente hasta el 31 de diciembre de 2019, para las instalaciones existentes de cogeneración.”*

Fijándonos en las disposiciones y leyes de los países miembros de la unión europea, sí que observamos que el único que en su ley recoge la obligatoriedad del pago del 100% de los impuestos derivados de gestión y mantenimiento de la red, es España. Nuestro vecino Portugal solo exige un porcentaje de estos impuestos, habiendo países en los que el pago por impuestos para el respaldo de la red es ínfimo o inexistente.

Por otra parte, la ley recoge la posibilidad de reducir la carga tributaria para los consumidores de baja tensión con instalaciones de autoconsumo pequeñas. Esto es, instalaciones que no superen los 10 kW tanto en potencia contratada como instalada<sup>[3]</sup>.

Dicha ley recoge dos posibilidades de autoconsumos que son la tipo 1 y la tipo 2. En este proyecto nos acogeremos a la instalación de autoconsumo tipo 1, ya que no vamos a verter a red y además nuestra instalación no superará los 10 kW. Así, deberá cumplir lo siguiente<sup>[3]</sup>:

- La potencia contratada por el consumidor no podrá ser superior a los 100 kW.



- La suma de las potencias instaladas de autoconsumo deberá ser igual o inferior a la potencia contratada por el consumidor.
- El titular del suministro deberá ser la misma persona física o jurídica que la que consta en todos los equipos de autoconsumo conectados a su red.
- Se deberá cumplir lo establecido en el RD 1699/2011, de 18 de noviembre. Las instalaciones tipo 1 a efectos de dicho RD, serán consideradas instalaciones de producción.

Uno de los puntos más criticados en las dichas instalaciones de autoconsumo tipo 1, es el referente a que la instalación de autoconsumo deberá ser propiedad de la misma persona física o jurídica que la del punto de enganche<sup>[3]</sup>. Sin la posibilidad de compartir el excedente energético con otra red cerrada. Por este motivo una comunidad de vecinos no podría sumarse al autoconsumo ya que no pueden compartir la energía generada entre todos ellos. Esto es considerado por muchos un lastre, ya que la mayoría de la población reside en viviendas en bloque, suponiendo tan solo que un 30% de la población española vive en viviendas unifamiliares<sup>[4]</sup> y por tanto sería capaz de realizar instalaciones de autoconsumo.

En las instalaciones tipo 1 podemos acogernos a la exención del pago de un estudio de prevención de vertido a red con la instalación de un dispositivo que evite ese vertido. En todo caso únicamente las instalaciones de tipo 2 podrán percibir contraprestaciones por el vertido a red<sup>[3]</sup>.

### 3. Estudio de consumo eléctrico de la vivienda

Por lo que a iluminarias se refiere, tenemos una mayoría de luz producida por lámparas incandescentes y halógenas. Como se muestra en la Tabla 1: Consumos de iluminación en la vivienda:

ILUMINACIÓN	TIPO	POTENCIA (W)	UDS.	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA	WH (DÍA)
GARAJE	Foco halógeno	150	1	150	0,01	1,5
GARAJE	Tubo neón	60	2	120	0,01	1,2
PORCHE	Incandescente	80	3	240	0,16	38,4
BARBACOA	Tubo neón	60	2	120	0,08	9,6
ZONA PISCINA	Foco halógeno	150	1	150	0,16	24
TRASTERO	Tubo neón	60	2	120	0,01	1,2
RECIBIDOR	Halógenos	50	3	150	0,01	1,5
SALÓN	Incandescente	40	5	200	3	600
COCINA	Plafón bajo consumo	15	2	30	2	60
DESPENSA	Incandescente	40	1	40	0,16	6,4
BAÑO	Plafón bajo consumo	15	2	30	1,5	45
DORMITORIO 1	Incandescente	40	2	80	0,5	40
ESCALERA	Incandescente	40	6	240	0,01	2,4
DORMITORIO 2	Incandescente	40	2	80	0,5	40
DORMITORIO 3	Incandescente	40	2	80	0,01	0,8
LAVABO	Halógenos	50	2	100	0,3	30
DESPACHO	Halógenos	50	3	150	3	450
ESCRITORIO	Incandescente	60	2	120	3	360
					<b>Total kWh día</b>	<b>1,712</b>

Tabla 1: Consumos de iluminación en la vivienda

Para realizar esta tabla hemos hecho una estimación de la frecuencia de cada uno de los espacios iluminados. De esta forma en lo que a espacios que se utilizan únicamente en una época del año como pueden ser las zonas de la piscina o barbacoa, hemos obtenido las horas por día que se utilizan durante los dos meses de verano y hemos realizado la estimación por día anual.

Como podemos observar el consumo en iluminación es bastante elevado, por lo que realizando un pequeño estudio de potencia y económico, podemos observar como resultaría el cambio a iluminación led. En la siguiente Tabla 2: Consumos en iluminación cambiando toda la luminaria a led.



ILUMINACIÓN	TIPO	POTENCIA (W)	UDS	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA	WH (DÍA)
GARAJE	Foco led	14	1	14	0,01	0,14
GARAJE	Tubo led	8	2	16	0,01	0,16
PORCHE	Led	10	3	30	0,16	4,8
BARBACOA	Tubo led	8	2	16	0,08	1,28
ZONA PISCINA	Foco led	14	1	14	0,16	2,24
TRASTERO	Tubo led	8	2	16	0,01	0,16
RECIBIDOR	led	6	3	18	0,01	0,18
SALÓN	Led	5	5	25	3	75
COCINA	Plafón led	10	1	10	2	20
DESPENSA	Led	5	1	5	0,16	0,8
BAÑO	Plafón led	10	1	10	1,5	15
DORMITORIO 1	Led	5	2	10	0,5	5
ESCALERA	Led	5	6	30	0,01	0,3
DORMITORIO 2	Led	5	2	10	0,5	5
DORMITORIO 3	Led	5	2	10	0,01	0,1
LAVABO	Led	6	2	12	0,3	3,6
DESPACHO	Led	6	3	18	3	54
ESCRITORIO	Led	6	2	12	3	36
					<b>Total kWh</b>	<b>0,224</b>

Tabla 2: Consumos en iluminación cambiando toda la luminaria a led.

Podemos observar una considerable bajada de energía consumida por día, por el contrario, el desembolso económico a realizar para el cambio de toda la luminaria es muy grande, con un coste aproximado de 400€, según el mercado actual<sup>[9]</sup>. Teniendo en cuenta el ahorro energético de unos 1,5 kWh diarios y teniendo en cuenta el precio por kWh actual de unos 0,13€. Hablaríamos de un ahorro anual de unos 70€, por lo que la amortización de dicha inversión sería superior a los 5 años.

Por este motivo vamos a realizar pequeños cambios en la luminaria, pero con el mayor ahorro energético y menor coste posible. De esta forma nos quedaría la siguiente Tabla 3: Consumo luminaria, equilibrando cambio entre coste y consumo:



ILUMINACIÓN	TIPO	POTENCIA (W)	UDS	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA	WH (DÍA)
GARAJE	Foco halógeno	150	1	150	0,01	1,5
GARAJE	Tubo neón	60	2	120	0,01	1,2
PORCHE	Incandescente	80	3	240	0,16	38,4
BARBACOA	Tubo neón	60	2	120	0,08	9,6
ZONA PISCINA	Foco halógeno	150	1	150	0,16	24
TRASTERO	Tubo neón	60	2	120	0,01	1,2
RECIBIDOR	Halógenos	50	3	150	0,01	1,5
SALÓN	Led	6	5	30	3	90
COCINA	Plafón bajo consumo	15	2	30	2	60
DESPENSA	Incandescente	40	1	40	0,16	6,4
BAÑO	Plafón bajo consumo	15	2	30	1,5	45
DORMITORIO 1	Incandescente	40	2	80	0,5	40
ESCALERA	Incandescente	40	6	240	0,01	2,4
DORMITORIO 2	Incandescente	40	2	80	0,5	40
DORMITORIO 3	Incandescente	40	2	80	0,01	0,8
LAVABO	Halógenos	50	2	100	0,3	30
DESPACHO	Led	6	3	18	3	54
ESCRITORIO	Led	6	2	12	3	36
					<b>Total KWh</b>	<b>0,482</b>

Tabla 3: Consumo luminaria, equilibrando cambio entre coste y consumo.

Como podemos observar la bajada de consumo diario es considerable a pesar de que el nuevo consumo es aproximadamente el doble del que tendríamos al cambiar toda la luminaria. Por el contrario, el desembolso por la compra de las nuevas luminarias led sería considerablemente menor a la anterior, con unos 80€<sup>[9]</sup>. Teniendo en cuenta que esta bajada de consumo nos supondría un ahorro anual de unos 60€, la amortización de la inversión se realizaría en un plazo inferior a dos años.

Por otra parte, tendremos los consumos de electrodomésticos y demás aparatos eléctricos en la vivienda. Estos se muestran en la Tabla 4: Consumos de los electrodomésticos. Con unos consumos estimados muy cercanos a la realidad, donde tanto el congelador como las dos neveras combo se han medido los consumos reales diarios:



ELECTRODOMÉSTICO	POTENCIA (W)	HORAS/DÍA	WH/DÍA
CONGELADOR	150	-	440
NEVERA COMBO (PEQUEÑA)	50	-	370
NEVERA COMBO	50	-	750
TERMO	1500	3	4500
HORNO	1200	2	2400
TV 42"	84	8	672
TV 21"	36	6	216
PC	150	8	1200
PORTÁTIL	40	6	240
PLANCHA	2000	0,1	200
BOMBA PISCINA	550	0,5	275
CARGADOR MÓVIL	5	6	30
LAVADORA	400	0,6	240
ROUTER	6	24	144
DECODIFICADOR DIGITAL	30	6	180
AIRE CONDICIONADO	600	0,25	150
MOTOR PUERTA GARAJE	400	0,04	16
SISTEMA DE SONIDO	20	6	120
MICROONDAS	1000	0,03	30
IMPRESORA	25,2	0,3	7,56
<b>Total kWh diarios</b>			<b>13,583</b>

Tabla 4: Consumos de los electrodomésticos.

Para los consumos de temporada se ha realizado la estimación diaria en estas épocas y se ha dividido el total entre los 365 días de un año. Por lo que en temporada estival se puede producir una punta de energía debido a los aires acondicionados y bomba de piscina, cosa que se tendrá en cuenta a la hora de calcular las capacidades de las baterías necesarias.

En la Tabla 5: Consumo diario en iluminación y electrodomésticos. Sumando los dos consumos tanto de luminaria como de electrodomésticos, nos saldrá un consumo total en kWh/día de:

CONSUMIDORES	CONSUMO/DIARIO
<b>ILUMINACIÓN</b>	0,482
<b>ELECTRODOMÉSTICOS</b>	13,283
<b>TOTAL/DÍA</b>	<b>13,765</b>

Tabla 5: Consumo diario en iluminación y electrodomésticos.



Podemos observar que el consumo total no es excesivo, pero si mejorable. Teniendo en cuenta el consumo elevado del termo de agua caliente, que supone cerca del 35% del consumo diario total, se debería estudiar la posibilidad de cambiar el sistema del agua caliente sanitaria.

Revisando las facturas bimensuales de un periodo de un año como podemos ver en la Tabla 6: Consumo bimensual real de la vivienda., correspondiente desde julio de 2015 a julio de 2016, observamos los siguientes datos:

PERIODO	CONSUMO KWH
JULIO-SEPTIEMBRE	630
SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE	688
NOVIEMBRE-ENERO	842
ENERO-MARZO	834
MARZO-MAYO	750
MAYO-JULIO	722
<b>TOTAL</b>	<b>4466</b>

Tabla 6: Consumo bimensual real de la vivienda.

Por lo que podemos obtener fácilmente un consumo medio máximo y mínimo. Como se muestra en la Tabla 7: Consumos máximo, mínimo y medio en la vivienda.

<b>Consumo diario medio</b>	12,24
<b>Consumo diario máx.</b>	14,03
<b>Consumo diario min.</b>	10,5

Tabla 7: Consumos máximo, mínimo y medio en la vivienda.

Podemos observar que la estimación realizada anteriormente de consumos tanto de electrodomésticos como luminaria y por consiguiente la total, se acerca bastante a la que hemos obtenido con la facturación real. Por lo que los cambios que realicemos para la disminución del consumo eléctrico, como el cambio de luminaria, acabaran notándose en el consumo real en facturación.

## 4. Descripción de la instalación fotovoltaica

En este caso particular de vivienda unifamiliar, disponemos de un espacio reducido para la instalación de las placas solares fotovoltaicas. Se trata de una vertiente en un patio trasero de 10m de largo por 1,8m de ancho, es decir una superficie de 18 m<sup>2</sup>. Por lo que existirá un número reducido de placas solares.

El montaje de dichas placas se realizará en una estructura de perfiles metálicos de 60mm por 40mm, ya existente.

### 4.1.Emplazamiento

Esta vivienda está situada al este de la península ibérica como muestra la Ilustración 2: Localización del emplazamiento en vistas a la península ibérica.



Ilustración 2: Localización del emplazamiento en vistas a la península ibérica.

Concretamente la vivienda está localizada en la Vall d'Albaida al sur de la provincia de Valencia y norte de la de Alicante, como muestra la Ilustración 3: Localización emplazamiento, vista sur Valencia norte Alicante.

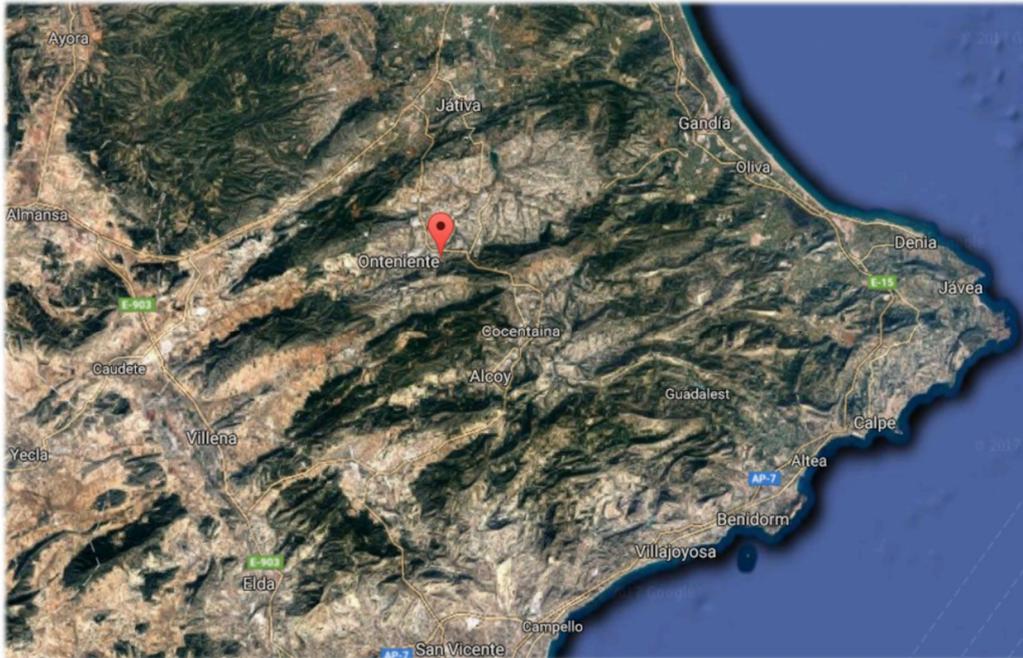


Ilustración 3: Localización emplazamiento, vista sur Valencia norte Alicante.

Como podemos observar en la Ilustración 4: Localización y orientación de la vivienda., la vivienda tiene una orientación perfecta al sur. Por este motivo se ha decidido hacer la instalación fotovoltaica sobre un techado en la parte posterior de la misma.

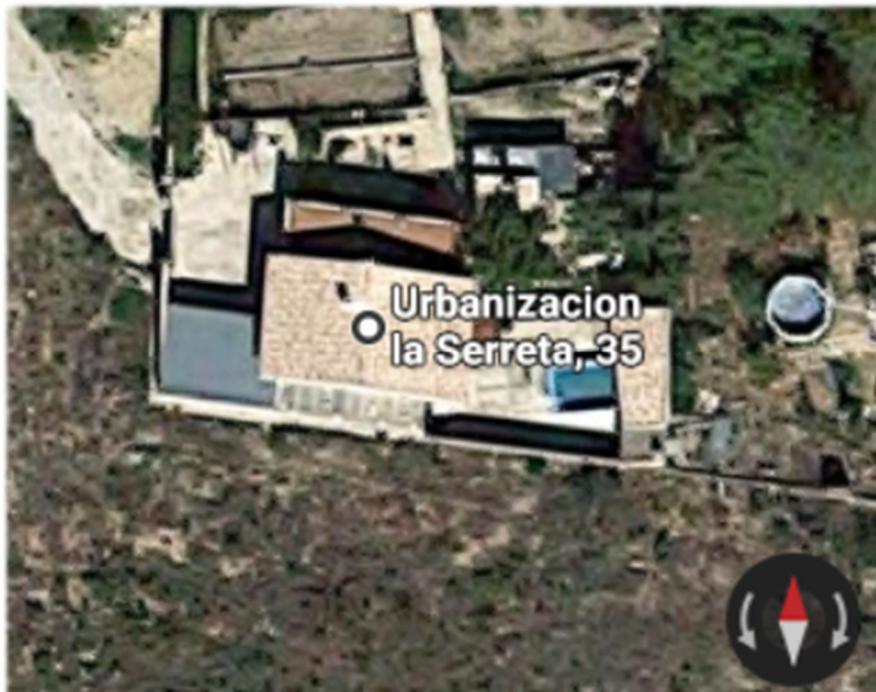


Ilustración 4: Localización y orientación de la vivienda.



## 4.2. Paneles Fotovoltaicos

Vamos a optar por unos paneles fotovoltaicos mono cristalino, ya que su rendimiento es superior a los poli cristalinos. De este modo intentamos suplir de alguna forma el bajo número de paneles que podemos instalar. Con un total de 8 paneles y una medida Largo x Ancho x Grueso 1965x995x40 mm y una potencia de entre 300 – 350 W<sup>[5]</sup>.

Las características principales de dicho panel, indicadas por el fabricante Atersa®, son las que siguen a continuación<sup>[5]</sup>:

- Potencia nominal  $P_{MPP}$ : 320 W
- Eficiencia: 16,96 %
- Tensión  $V_{MPP}$ : 37,56 V
- Intensidad  $I_{MPP}$ : 8,52 A
- Tensión sin carga: 46,08 V
- Corriente de cortocircuito  $I_{SC}$ : 8,99 A
- Coeficiente de temperatura  $P_{MPP}$ : -0,43 % / °C
- Coeficiente de temperatura U: -0,32 % / °C

Tendremos en cuenta una temperatura mínima de -9,4 °C (mínima temperatura histórica alcanzada en esta misma zona en el año 1956)<sup>[7]</sup>. Y consideraremos una temperatura máxima de unos 70 °C al sol. De este modo, teniendo en cuenta que los datos cedidos por el fabricante son en un ensayo a una temperatura ambiente cercana a los 25 °C, calcularemos la variación de dichos datos estándar con los propios en los casos extremos. Dichos cálculos se obtendrán como sigue<sup>[1]</sup>:

$$V_{OC}(T) = V_{oc, stc} - \beta \cdot (25 - T_{cel})$$

Donde:

- $\beta$ : es el coeficiente de variación de la tensión con la temperatura
- $V_{oc, stc}$ : es el voltaje en las condiciones estándar.
- $T_{cel}$ : es la temperatura de la celda.

Por lo que procederemos a calcular la tensión sin carga máxima. Los valores a tratar serán, la tensión sin carga (aportada por el fabricante a una temperatura de 25°C), el coeficiente de temperatura U y a una temperatura mínima de -9,4°C.

$$\text{Tensión sin carga máxima} = 46,08 + 0,32 \cdot (25 + 9,4) = 57,28 \text{ V}$$

Para la tensión mínima MPP, tendremos en cuenta los siguientes datos: la tensión  $V_{MPP}$ , el coeficiente de temperatura U y una temperatura máxima de 70°C.

$$\text{Tensión mínima MPP} = 37,56 + 0,32 \cdot (25 - 70) = 23,16 \text{ V}$$

Y para la tensión máxima MPP, consideraremos la temperatura mínima de -9,4°C.

$$\text{Tensión máxima MPP} = 37,56 + 0,32 \cdot (25 + 9,4) = 48,76 \text{ V}$$



La instalación de estos paneles fotovoltaicos se realizará en un esquema de una única cadena comprendida por los 8 paneles fotovoltaicos. Por lo que ahora pasaremos al cálculo de las características eléctricas de la cadena:

$$\begin{aligned} \text{Tensión MPP} &= 8 \cdot 37,56 = 300,48 \text{ V} \\ \text{Tensión máxima MPP} &= 8 \cdot 48,76 = 390,08 \text{ V} \\ \text{Tensión mínima MPP} &= 8 \cdot 23,16 = 185,28 \text{ V} \end{aligned}$$

Estos datos se deberán tener en cuenta posteriormente para la elección del inversor.

### 4.3. Producción

La estimación de la producción obtenida por la instalación fotovoltaica se va a obtener de la *JRC european commission*. La estimación de dicha energía se calculará teniendo en cuenta una potencia máxima dada por los paneles de 2 kW, además de con todos los parámetros climatológicos de la zona de estudio aportados por dicha comisión de estudio europea. Con lo que obtendremos los siguientes datos en la Tabla 8: Estimación de la producción energética.<sup>[10]</sup>

**SISTEMA FOTOVOLTAICO FIJO. INCLINACIÓN DE 35°. ORIENTACIÓN 0°.**

MES	Ed	Em
ENERO	6,41	199
FEBRERO	7,57	212
MARZO	8,90	276
ABRIL	8,81	264
MAYO	9,32	289
JUNIO	9,71	291
JULIO	10,00	310
AGOSTO	9,45	293
SEPTIEMBRE	8,43	253
OCTUBRE	7,83	243
NOVIEMBRE	6,40	192
DICIEMBRE	5,81	180
MEDIA ANUAL	8,23	250
<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>3000</b>

Tabla 8: Estimación de la producción energética.

Donde:

- Ed: Producción eléctrica media diaria (kWh)
- Em: Producción eléctrica media mensual (kWh)

En esta tabla podemos observar una estimación anual de unos 3000 kWh, con una producción diaria que van desde los 6,4 kWh en los días más desfavorables, a los 10 kWh en los días con mayor irradiación solar.

Con lo que podemos concluir que no obtendremos suficiente energía como para abastecer el consumo eléctrico de la vivienda durante todos los días del año, pero sí que supondrá un



descenso considerable en cuanto al consumo que hacemos sobre la red eléctrica, con el consiguiente ahorro energético y una pequeña independencia energética. Que en definitiva es a lo que aspira el presente proyecto.

## 5. Cálculos eléctricos

### 5.1. Inversor

Para calcular la potencia requerida del inversor, sabiendo que disponemos de 8 paneles fotovoltaicos de una potencia de 320-350 W, tendremos una potencia máxima de unos 2800 W. Además, en cálculos hechos anteriormente, hemos observado que la tensión mínima a la entrada del inversor seleccionado de la casa Fronius® ha de ser igual o superior a 185,28 V. Y que la tensión máxima a la entrada del inversor ha de ser de 390,08 V o inferior. Todo esto habría que sumarle una tolerancia a la corriente de entrada superior a los 8,52 A que genera la cadena fotovoltaica.

Elegiremos un inversor todo en uno híbrido, con el que conseguiremos la regulación de la parte continua, la inversión de la corriente en una onda senoidal pura y además un cargador para las baterías. A esto le sumaremos un controlador de conexión y desconexión a la red eléctrica por lo que tendremos un suministro continuo, con el respaldo de la red eléctrica, ya sea por parte de las baterías cargadas gracias al generador fotovoltaico o por la red eléctrica.



### 5.2. Cableado

Por lo que se refiere al cálculo de los conductores requeridos para la instalación, observamos dos tramos claramente diferenciados. El primero de ellos será la línea que unirá todos los paneles fotovoltaicos con la conexión al inversor todo en uno. Dicha instalación se realizará por debajo de los propios paneles al aire, esta línea en adelante  $L_{CC}$ . El segundo tramo será el comprendido desde el inversor todo en uno al Smart Metter, cuya instalación se realizará con conductores aislados en tubo empotrado en la pared aislada, en adelante  $L_{AC}$ . En cualquier caso, nos referiremos a lo prescrito en el RBT en sus ITC de la 19-26, para la realización correcta de dicha instalación.

#### 5.2.1. Parte Continua

Procedemos al cálculo del primer tramo, que será en corriente continua, por lo que utilizaremos la siguiente ecuación<sup>[1]</sup>:

$$s = \frac{2L \cdot I_{CC}}{C \cdot u \cdot V_{mp}}$$

Donde:

- L: Longitud del conductor.
- $I_{CC}$ : Corriente en cortocircuito.



- C: Es la conductividad del elemento que forma el conductor.
- u: Porcentaje en tanto por uno de la caída máxima de tensión en los conductores.
- $V_{mp}$ : Tensión en la máxima potencia de los paneles fotovoltaicos.

En cuanto a datos, tendremos que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor será de 11 m, la  $I_{cc}$  como observamos en las especificaciones técnicas de los paneles fotovoltaicos es de 8,99 A, a esta intensidad le debemos aumentar un 25% por valores de radiación superiores a 1 kW/m<sup>2</sup>, quedando así que:

$$I_b = 1,25 \cdot I_{CC} = 1,25 \cdot 8,99 = 11,24 \text{ A}$$

Por otra parte, la conductividad del cobre (conductores que vamos a utilizar) es de 56 m/Ω·m<sup>2</sup>. Y en el caso más desfavorable, la tensión soportada por la línea será de 48,76 V por panel, que se traducen en un total de 390,08 V en toda la cadena. Así que procedemos al cálculo del conductor:

$$s = \frac{2L \cdot I_{CC}}{C \cdot u \cdot V_{mp}} = \frac{2 \cdot 11 \cdot 11,24}{56 \cdot 0,02 \cdot 390,08} = 0,75 \text{ mm}^2$$

Obtenemos un calibre de conductor de unos 0,75 mm<sup>2</sup>, por lo que escogeremos un calibre comercial inmediatamente superior a este, que será el de 1,5 mm<sup>2</sup>, cuya intensidad máxima soportada es de 18 A >  $I_b$ . A tener en cuenta para el posterior presupuesto de la instalación, un total de 20 m de dicho conductor, para hacer las uniones de los paneles en serie. El tipo de conductor deberá ser unipolar con envoltura de goma y con aislamiento, tensión nominal de 0,6/1 Kv y además soportar una temperatura máxima no inferior a 90°C. Esto es debido a que se trata de cables solares o cables de cadena

### 5.2.2. Parte Alterna

Por lo que respecta a la parte de alterna tendremos la línea correspondiente que sale desde el inversor al Smart Metter, pasando antes por las protecciones. Utilizando la siguiente fórmula, calcularemos la intensidad de servicio que soportará el conductor:

$$I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$$

Donde:

- $I_B$ : Es la intensidad de servicio.
- P: Corresponde a la potencia que soporta la línea.
- V: Es el voltaje de la línea en alterna, es decir monofásica a 230 V.



La potencia máxima suministrada por el inversor, según sus datos técnicos, es de 3700 W. Y además tenemos que en la hoja de características del inversor nos indica un  $\cos\phi = 0,85$ . Por lo que procedemos al cálculo:

$$I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} = \frac{3700}{230 \cdot 0,85} = 20,21 \text{ A}$$

Si nos dirigimos a una tabla de intensidades respecto al calibre de conductor, observaremos que el conductor que cumple las especificaciones de esta intensidad es el de 6 mm<sup>2</sup> con una intensidad máxima  $I_z$  de 27 A (intensidad soportada en conductores aislados en tubo empotrado bajo paredes aisladas. La elección de este conductor tan sobredimensionado, es por el hecho de que a la hora de instalar un interruptor magneto térmico posteriormente, necesitaremos una intensidad soportado por el magneto térmico comercial (entre 20,21 A y 27 A). Ahora comprobaremos que la caída de tensión en dicha línea no excede del 2%. Sabiendo que:

$$\%V_{Lac} = \frac{200 \cdot P_{Lac} \cdot L}{c \cdot s \cdot V^2}$$

Donde:

- $\%V_{Lac}$ : Es la caída porcentual de tensión en la línea.
- $P_{Lac}$ : Es la potencia que soporta la línea.
- L: Es la longitud de la línea.
- C: Corresponde a la conductividad del cobre.
- s: Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.
- V: Tensión en la línea, en este caso 230 V.

Sabemos que la potencia suministrada por el inversor es de 3700 W y que la longitud del conductor desde el inversor hasta las protecciones es de 22m. Así, procederemos al cálculo:

$$\%V_{Lac} = \frac{200 \cdot P_{Lac} \cdot L}{c \cdot s \cdot V^2} = \frac{200 \cdot 3700 \cdot 22}{56 \cdot 6 \cdot 230^2} = 0,92\% \leq 2\%$$

Por tanto, cumple las especificaciones requeridas en cuanto a caída de tensión.

El tubo empleado para la instalación de dichos conductores será de 20 mm Ø (según tabla 2 RBT ITC-BT 21).

### 5.2.3. Comunicación

El sistema instalado necesita comunicación entre la batería, el inversor y el contador/controlador que se encarga de la conexión y desconexión a la red. Para esta conexión el fabricante de los componentes nos recomienda los cables Li2YCY(TP) o el CAT6a. Posteriormente en el apartado de presupuesto de la instalación se especificará que cable es el elegido. Esta instalación se realizada desde el inversor hasta el Smart Metter bajo tubos empotrados en pared.



#### 5.2.4. Puesta a tierra

Como nos indica la normativa española, concretamente el RD 842/2000 y la ITC-BT-8, el esquema de puesta a tierra para instalaciones receptoras de la red pública de baja tensión será el denominado TT. Además, hemos de tener en cuenta que, como nos indica la ITC-BT-18, la instalación fotovoltaica deberá estar conectada a una tierra independiente del neutro que nos proporciona la empresa distribuidora.

Por otra parte, se deberá instalar un dispositivo de protección diferencial entre el inversor y el circuito de la vivienda, como se mostrará en puntos posteriores.

Así tendremos que, se deberán conectar a tierra todos los bastidores metálicos que conforman la instalación (bastidores de los paneles fotovoltaicos, caja metálica de las baterías e inversor, ...) así como el inversor internamente (como se muestra en los anexos). En cuanto al calibre de dicho conductor, ciñéndonos a la normativa de BT, tendremos que deberá ser de la misma sección que el conductor de fase (como mínimo).

### 5.3. Protecciones

Por lo que a protecciones se refiere, el propio inversor todo en uno, seleccionado ya las incluye. Estas protecciones constan de fusibles tanto en el lado de continua como en el de alterna.

Pero, aun así, en la parte continua de la instalación, instalaremos antes de la entrada al inversor un descargador de sobretensiones. Este descargador deberá tener un corte a 1000 V, ya que es la máxima tensión admitida por el inversor y además instalaremos un seccionador de corte, de al menos una capacidad de corte a 1000V y 12A, para poder dejar aislada la instalación fotovoltaica, por si fuera necesario alguna reparación.

Por otra parte, en el circuito de alterna, instalaremos en una caja de protección con un interruptor diferencial de clase AC, 30 mA y 25A para proteger contra contactos indirectos. Además de un magneto térmico de un  $I_N$  igual a 25 A ( $I_B \leq I_N \leq I_Z$ ) que debe tener un tipo de curva C.

## 6. Sistema de almacenamiento de energía

Debemos tener en cuenta que esta instalación no intenta suplir el 100% del suministro eléctrico proporcionado por la red, por lo que la batería requerida no debe ser de una capacidad excesiva. Esto tendrá la ventaja de un precio mucho más reducido que si intentáramos suplir toda la energía con un sistema aislado de la red eléctrica.



En este caso hemos optado por una batería de litio de fosfato de hierro, que presenta mucho mayor rendimiento y vida útil más larga que las antiguas baterías de plomo ácido utilizadas hasta el momento en este tipo de instalaciones. Además de ser mucho más compactas y ligeras, a lo que le sumamos un mayor fondo de descarga. Dicha batería tendrá una carga total de 7,5 kWh, con una capacidad útil de 6 kWh. Como se puede observar en la ficha técnica (al final de este documento en los anexos), su máxima potencia de carga y de descarga será de 4kW, por lo que cumple sobradamente con nuestra instalación.

## 7. Planos

A continuación, se mostrarán dos planos. Uno que consiste en el esquema unifilar de la propia instalación, en el que se especifica cada parte de la instalación y las características de cada conductor y protecciones.

Un segundo plano donde se muestra el esquema de las placas fotovoltaicas, donde se aprecia el tipo de distribución que tendrán encima del tejado y el tipo de conexionado.

Además de estos dos planos, vemos en la Ilustración 5: Esquema Fronius® de la instalación., un pequeño esquema de toda la instalación proporcionado por la empresa Fronius®.

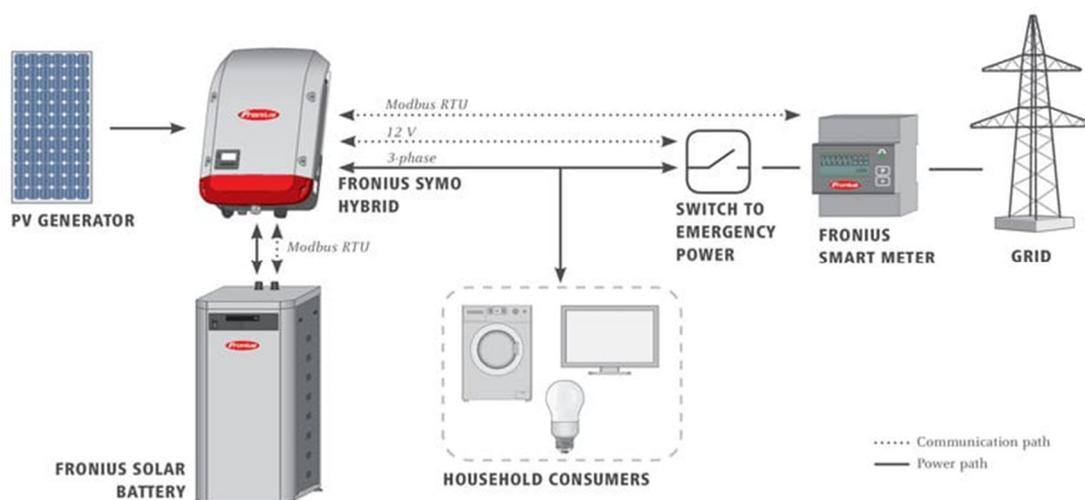
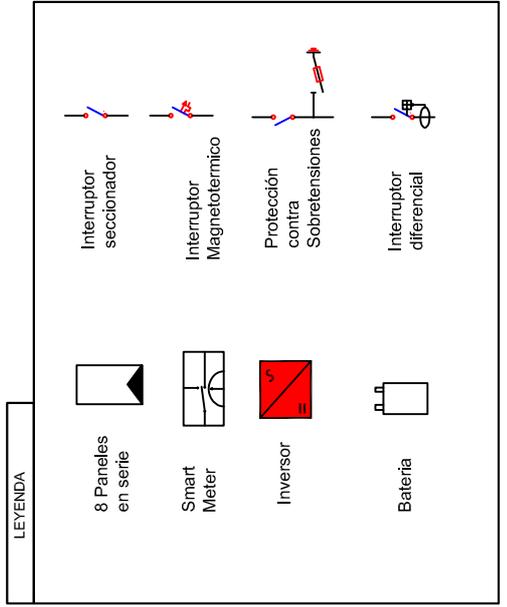
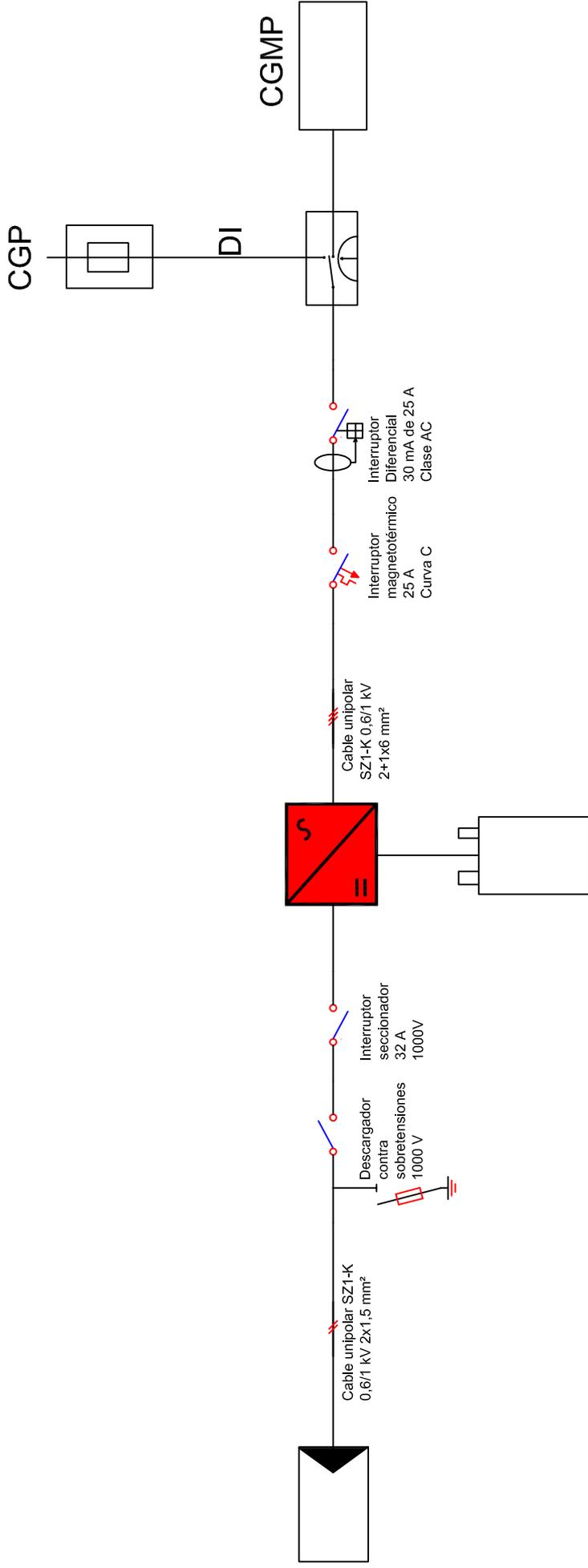


Ilustración 5: Esquema Fronius® de la instalación.



FECHA ENTREGA: 02/05/2017

FECHA REVISIÓN:



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
ESCUELA SUPERIOR DE ALCOY

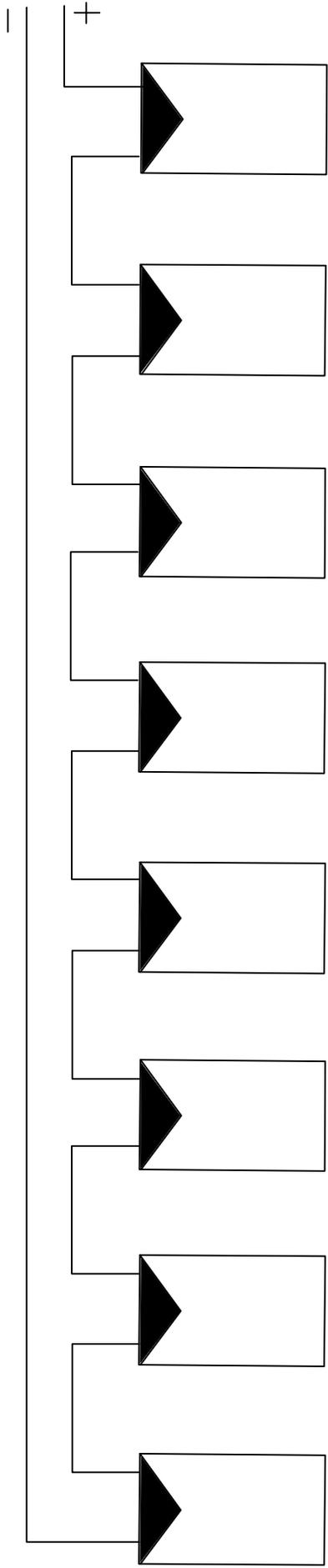
Nº PLANO:  
1

# ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN

AUTOR: PEDRO HERMOSO ESPI

ESCALA:  
S/E

TRABAJO FINAL DE GRADO  
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN  
VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONEXIÓN  
A RED ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN



FECHA ENTREGA: 02/05/2017	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA SUPERIOR DE ALCOY	Nº PLANO: 2
FECHA REVISIÓN:		AUTOR: PEDRO HERMOSO ESPÍ
<b>ESQUEMA INSTALACIÓN DE LOS PANELES SOLARES</b>		TRABAJO FINAL DE GRADO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONEXIÓN A RED ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN ESCALA: S/E



## 8. Estudio económico

En este apartado nos centraremos en la parte puramente económica del presente proyecto. De este modo con el apoyo del presupuesto que se puede observar en el Anexo 1, realizaremos un estudio de amortización o rentabilidad de la instalación fotovoltaica. También deberemos tener en cuenta la producción de dicha instalación, así como el precio del kWh a fecha de la puesta en marcha.

Para realizar este estudio económico nos apoyaremos en los métodos de Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

### 8.1. Presupuesto

Como podemos observar en el Anexo 1, el montante total de la instalación es de 17.068,95€<sup>[10]</sup>. Hay que tener en cuenta que, al paso de los 25 años de la realización de este proyecto, y según el fabricante, los componentes deberán revisarse con la gran probabilidad de cambio tanto de los paneles solares fotovoltaicos como de la batería, ya que habrán llegado al final de su vida útil.

Por esta razón vamos a hacer un estudio de rentabilidad a 25 años vista. Y de este modo sabremos si la instalación se amortizará antes de que llegue al final de su vida útil.

### 8.2. Rentabilidad

Como se ha citado anteriormente, este estudio se realizará con las técnicas de VAN y TIR. Por ello primero hemos de conocer en qué consisten estos métodos.

#### 8.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este procedimiento se basa en el sumatorio de la rentabilidad obtenida por un capital que nos produce un cierto rédito a lo largo de  $n$  años, y que a esto se le restará la inversión inicial para dicho proyecto. De este modo, para el tema que nos ocupa en este proyecto, consideraremos la inversión inicial como el capital invertido para realizar la instalación. Por otra parte, la rentabilidad a lo largo de  $n$  años, en este caso 25, la adoptará el capital ahorrado anualmente por la generación energética. Además, escogeremos un tipo de interés de un 3%, que actualmente es un interés considerado como de riesgo medio en inversiones bancarias.

La ecuación teórica del VAN, es la siguiente:

$$VAN = -D_0 + \sum_{n=0}^n \left( \frac{F_n}{(1+i)^n} \right)$$

Donde:

- $D_0$  es el capital invertido.
- $n$  es el número de año.
- $F$  es la rentabilidad anual.
- $i$  es el interés proporcionado por dicho capital.



Para facilitar los cálculos utilizaremos Excel con el comando =VNA(tasa;valor1;valor2;...). Pero primero hemos de saber que rentabilidad anual nos proporciona esta instalación.

Anteriormente hemos obtenido que la instalación se prevé que genere unos 3000 kWh anuales. Además, mirando el precio actual del kWh, vemos que en los últimos meses ha variado desde los 0,11 €/kWh y los 0,14€/kWh aproximadamente. Considerando un precio de 0,12 €/kWh, tendremos que nos ahorramos un total de 360€ anuales. Esto será nuestra rentabilidad anual.

Así procediendo al cálculo tendremos que nuestro  $VAN = -10.485,65€$ . Esto quiere decir que si con la inversión que hemos realizado este capital nos diera la rentabilidad proporcionada por el ahorro energético, perderíamos un montante de casi 10.500€. Es decir, obtendríamos una mayor rentabilidad económica si invirtiéramos el mismo capital en un depósito al 3% anual.

### 8.2.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

El TIR se define como la tasa de interés obtenido por el capital invertido que hace que el VAN sea igual a 0. Dicho con otras palabras, el interés que me tendría que dar un depósito para que las inversiones junto con los beneficios aportados de dicha inversión no me generaran pérdidas. Visto el resultado del apartado anterior y sabiendo que esta instalación no va a ser rentable, el cálculo del TIR nos debe salir como un porcentaje negativo, es decir sin ningún sentido.

Procederemos al cálculo como en el punto anterior, pero igualando a 0 la ecuación del VAN o utilizando Excel con el comando =TIR(valores). Y obtendremos un interés de -4%. Esto quiere decir que esta inversión está haciendo que perdamos un 4% anual del capital invertido.

### 8.2.3. Conclusión

Con respecto al estudio económico, no cabe más hincapié en que esta instalación fotovoltaica conectada a red no llegará a ser rentable. Ya que la vida útil de la misma es inferior al tiempo necesario para la rentabilidad de esta inversión.

Podemos decir que una instalación con conexión a red de la naturaleza de la presente no es rentable, y esto es debido sobre todo al elevado coste de las baterías. Es decir, como siempre la acumulación de energía se hace difícil y costosa.

Por otra parte, aunque hemos dejado de pagar en cierta medida por los kWh que absorbíamos de la red antes de realizar la instalación. La parte fija de la factura continuaremos pagándola, y esto supone un lastre para este tipo de instalaciones, ya que el kWh es relativamente barato con respecto a la parte fija de la factura de la luz.



## 9. Pliego de condiciones técnicas

### 9.1. Antecedentes

La presente memoria se redacta con el fin de explicar los aspectos generales y requerimientos mínimos a tener en cuenta para la realización de dicho proyecto (instalación fotovoltaica en vivienda unifamiliar con conexión a red). Dicha instalación, según lo dispuesto en el BOE de 10 de octubre de 2015, será una instalación fotovoltaica de tipo 1. Así pues, se deberán tener en cuenta todos los requerimientos expuestos en dicha ley, además de los anteriores que correspondan.

El ámbito de aplicación de dicha instalación quedará definido por los artículos 6 y 9 de la Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Además del debido cumplimiento de los requisitos técnicos contenidos en la normativa del sector eléctrico y el reglamento que dicho sector aplica a todas las instalaciones de este tipo. Que en particular serán los requeridos por el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre. Y el cumplimiento del Reglamento eléctrico de Baja Tensión, así como todas las instrucciones técnicas que pertoque.

### 9.2. Promotor

El promotor de la instalación fotovoltaica sobre techado en una vivienda unifamiliar con potencia máxima de 2,8 KW, será el propietario de la citada vivienda con NIF 00000001W y con su domicilio fiscal en la misma vivienda.

### 9.3. Objeto

El objeto del presente documento, es la aclaración y descripción de todos y cada uno de los aspectos técnicos y requerimientos materiales que engloban dicha instalación. Esto servirá para la realización del presupuesto, así como la ejecución de la instalación de acuerdo con lo que se establezca en el presente pliego de prescripciones técnicas y administrativas.

### 9.4. Generalidades

La instalación solar fotovoltaica sobre techado en esta vivienda unifamiliar situada al sur de la provincia de Valencia, tiene por finalidad el autoconsumo. De este modo bajo ningún concepto debe haber un vertido a la red de la energía sobrante, y de este modo acogerse a la exención del pago de los estudios pertinentes requeridos para la conexión y acceso que están previstos en el artículo 30 del Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre.

En cualquier caso, será de aplicación toda la normativa con vigor referente a dichas instalaciones, que a la fecha del presente documento son las que siguen:

- **RD 738/2015**, de 31 de julio, por la que se regula la producción de energía eléctrica.



- **Circular 3/2014**, de 2 de julio, la presente referida por parte de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia, y en la que se establece la metodología de cálculos de los peajes pertinentes por la utilización de la red eléctrica.
- **RD 1699/2011**, de 18 de noviembre, en el que se regula las condiciones de conexión a la red eléctrica para instalaciones de pequeña potencia.
- **RD 110/2007**, de 24 de agosto, por el que queda aprobado un reglamento unificador para los puntos de medición eléctrica.
- **RD 1955/2000**, de 1 de diciembre, en el que se regulan el transporte, la distribución, la comercialización y los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Nota informática IDAE**, en el que existen referencias al autoconsumo de energía eléctrica en la norma vigente.
- **RD 413/2014**, en el que se regula la actividad de producción eléctrica bajo fuentes renovables, cogeneración y residuos.
- **RD 9/2013**, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para asegurar la estabilidad financiera del sector eléctrico.
- **RD 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología y forma de pago por los derechos que derivan de la utilización de la red eléctrica pública.
- **RD 13/2009**, de 30 de marzo, en el que se aclaran conceptos de mercados interiores en cuanto a la energía eléctrica.
- **RD 24/2013**, de 26 de diciembre, en el que se pretende garantizar un desarrollo de la actividad del autoconsumo y mantener una estabilidad eléctrica.
- **Normativa** de la empresa propietaria de la red eléctrica, que en este caso será Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.
- **Reglamento electrotécnico de Baja Tensión vigente**, además de las instrucciones técnicas correspondientes.
- **BOE nº243**, de 10 de octubre de 2015, en el que se refleja toda la normativa aplicable con las últimas correcciones pertinentes.
- **BOE nº302**, de 18 de diciembre de 2015, en el que se aclaran las últimas disposiciones para el cumplimiento de la nueva legislación referente a energía fotovoltaica.

## 9.5.Emplazamiento

Esta instalación se implementará en una población del sur de la provincia de Valencia, concretamente en la Vall de Albaida. Situado en una zona de interior de la comunidad valenciana. Con dirección Urbanización La Serreta 35, Agullent (Valencia).

## 9.6.Características de la instalación fotovoltaica

La naturaleza de dicha instalación es la producción de energía eléctrica para el autoconsumo de la vivienda citada con anterioridad, para de este modo aprovechar al máximo los recursos legalmente proporcionados el autoabastecimiento en la medida que sea posible, sin el vertido en ningún momento de la energía eléctrica excedente. La potencia instalada en células fotovoltaicas será de un pico de unos 2800 W.



### 9.6.1. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico de esta instalación se compone de una sola cadena de paneles solares fotovoltaicos, con un total de 8 placas fotovoltaicas. Que nos proporcionaran una potencia pico de alrededor de 2,8 KW en el mejor de los casos.

Todas estas placas solares estarán dispuestas sobre una estructura metálica de perfiles, situada en la cara sur de la casa.

Toda la energía obtenida de dichos paneles se transportará al inversor elegido, el cual decidirá en que se va a emplear esta energía. Es decir, para el consumo energético de la casa instantáneo en CA a 230 V o para la carga de las baterías conectadas a dicho inversor todo en uno.

### 9.6.2. Estructura de las placas

El montaje de las citadas placas solares fotovoltaicas se realizará con anclas metálicas proporcionados por el propio fabricante. Montados sobre la estructura metálica ya existente.

Dicho montaje siempre podrá ser cambiado previa modificación o presentación de un nuevo anteproyecto.

### 9.6.3. Características del inversor

El inversor elegido deberá cumplir las potencias y cálculos eléctricos derivados de la potencia del generador fotovoltaico, así como la distribución en alterna o continua para las cargas del hogar y carga de la batería, respectivamente. Además de poder proporcionar una gestión automatizada de todos los requerimientos que se citan en el presente pliego, como son; la no inyección de energía a la red, la carga de batería o consumo energético de la vivienda, estabilización de la tensión y corrientes inyectadas por el generados fotovoltaico al mismo, gestión de la curva de carga y consumos de dicha vivienda, absorción de la energía de la red cuando se requiera, desconexión de la misma en caso de fallo, desconexión del generador fotovoltaico para prevenir fallos en el sistema en caso que se requiera, etc.

## 9.7. Características eléctricas de la instalación

Las características eléctricas de dicho proyecto se deberán ajustar a la legislación vigente expresada en anteriores puntos. Así como, deberá cumplir todo lo establecido en el anterior anteproyecto presentado, en el que se han realizado los cálculos pertinentes y se han llegado a unos calibres de conductores, especificaciones técnicas y de forma de la instalación. Además de la distribución y colocación de cada elemento en detalle en los planos presentados.

### 9.7.1. Protecciones contra contactos directos e indirectos

Esta instalación está protegida mediante un magnetotérmico definido anteriormente en el anteproyecto, como por dos diferenciales colocados entre el inversor y el generador fotovoltaico, como entre el propio inversor y la CGP protegiendo así el inversor y la línea que



los une. Todo ello como se ha dicho en reiteradas ocasiones queda definido perfectamente en el anteproyecto presentado.

A esto cabe sumarle todas las protecciones de que nos pueda proporcionar el propio inversor o incluso la batería seleccionada, en ningún caso serán excluyentes de lo anterior citado.

#### 9.7.2. Puesta a tierra de la instalación

La presente instalación constará de un esquema TT. Conectando así todos los herrajes en los que se montaran los paneles fotovoltaicos, como también los marcos de los mismos, así como cada parte metálica que forme parte de esta instalación como puede ser la carcasa metálica del inversor o la batería.

La sección de dicho conductor de puesta a tierra en ningún caso será inferior al calibre del conductor de la fase en cada circuito.

#### 9.7.3. Conductores y sistemas de instalación

Todos los conductores que conformen la presente instalación deberán ser de cobre, sin excepción. La dimensión de dichos conductores, así como la cavidad, tubo o bandeja que los soporten deberá cumplir lo inscrito en el RBT, así como lo indicado en el anteproyecto presentado, no siendo excluyentes ninguna de las dos partes.

### 9.8. Conexión a la red

La presente instalación, como ya se ha citado con anterioridad, es una instalación fotovoltaica con conexión a red. Dicha conexión no tiene otro objeto que la seguridad de un continuo consumo por parte de la vivienda en caso de no tener suficiente energía fotovoltaica ya sea instantánea o acumulado.

Además, cabe destacar, como ya se ha citado en anteriores puntos, que bajo ningún concepto dicha instalación debe verter energía a la red. Por lo que es responsabilidad del instalador asegurar dicho punto de cumplimiento.

#### 9.8.1. Estimación de la energía eléctrica generada

Haciendo una estimación aproximada, con las bases de datos climatológicos de la zona pertinentes, y teniendo en cuenta la potencia instalada. Obtenemos que aproximadamente obtendremos un total de 3000 KWh anuales. Esto equivale aproximadamente a 0,24 tep (toneladas equivalentes de petróleo) anuales.

Esto se traduce en un ahorro energético por parte del consumidor de unos 500€ anuales, según el precio del KWh en el mercado eléctrico a fecha del presente pliego de condiciones.



### **9.9.Consideraciones finales**

La instalación deberá ser dada de alta en los organismos correspondientes, así como la distribuidora correspondiente. Siendo responsabilidad del promotor de dicha instalación.

Los materiales proporcionados por cada uno de los suministradores deberán cumplir todos los aspectos técnicos y físicos señalados tanto en la ley vigente como en el anteproyecto presentado. Se debe garantizar la integridad de cada uno de los componentes tanto en el transporte, manipulación y montaje de cada uno de ellos.

Se deberá presentar toda la documentación necesaria pertinente que asegure todo lo anteriormente citado.



## REFERÉNCIAS

- [1] Cuadernillos ABB® para instalaciones fotovoltaicas.
- [2] Documentación para instalaciones fotovoltaicas hibridas propias de Fronius®.
- [3] Boletín Oficial del Estado, en cuanto a normativa vigente.
- [4] Informe IDEA de análisis del consumo energético del sector residencial en España.
- [5] Documentación en cuanto a instalaciones fotovoltaicas propias de Atersa®.
- [6] RBT, Reglamento de Baja Tensión.
- [7] Estudio climatológico (José Ángel Núñez, Carlos Muedra y Vicente Aupí).
- [8] Documentación cedida por Fronius®.
- [9] Bases de datos con generadores de precios actualizados.
- [10] JRC *European Commision*.