



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO DE VIVIENDA
ENERGÉTICAMENTE SOSTENIBLE EN
ONTINYENT (VALÈNCIA). INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA.**

AUTOR: SERGIO MOLLÁ CALABUIG

TUTOR: CÉSAR SANTIAGO CAÑAS PAÑUELAS

COTUTOR: SATURNINO CATALÁN IZQUIERDO

Curso Académico: 2014-15

ÍNDICE DE LA MEMORIA

RESUMEN	7
DOCUMENTO 1: MEMORIA.....	8
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Objeto.....	8
1.2. Alcance	8
1.3. Antecedentes	9
1.4. Estructura de la memoria.....	9
CAPÍTULO 2: PROGRAMAS UTILIZADOS	10
CAPÍTULO 3: DISEÑO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA CONECTADA A LA RED ..	11
3.1. CONDICIONES DE DISEÑO	11
3.1.1. CONSUMO ANUAL.....	11
3.1.2. CONDICIONES METEREOLÓGICAS.....	12
3.2. MÓDULO SOLAR.....	12
3.3. GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	12
3.4. INVERSOR	13
3.5. CABLEADO	14
3.5.1. CABLEADO CONTINUA.....	15
3.5.2. CABLEADO ALTERNA	16
3.6. PROTECCIONES.....	17
3.6.1. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA.....	17
3.6.2. TRAMO CORRIENTE ALTERNA	19
3.7. PUESTA A TIERRA.....	21
3.8. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ESTIMADA	22
CAPÍTULO 4: DISEÑO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA	23
4.1. TIPO DE INSTALACIÓN.....	23
4.2. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN.....	24
4.1.1. CONSUMO VIVIENDA	25
4.1.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	27
4.3. MÓDULO SOLAR.....	27
4.4. GENERADOR SOLAR.....	28
4.5. ACUMULADORES PLOMO-ÁCIDO.....	30
4.6. INVERSOR	31
4.7. INVERSOR/CARGADOR.....	31

4.8.	CABLEADO	32
4.8.1.	CABLEADO CONTINÚA.....	32
4.8.2.	CABELADO ALTERNA	33
4.9.	PROTECCIONES.....	34
4.9.1.	PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA.....	35
4.9.2.	PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA.....	36
4.10	PUESTA A TIERRA (PAT).....	38
CAPÍTULO 5: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA		38
5.1.	CONDICIONES DE DISEÑO	38
5.2.	CONDUCTORES.....	41
5.3.	PROTECCIONES.....	42
5.4.	PUESTA A TIERRA (<i>pat</i>).....	43
CAPÍTULO 6: ESTUDIO LUMÍNICO		43
6.1.	NIVEL DE ILUMINACIÓN	43
6.2.	DISEÑO DEL ALUMBRADO.....	45
6.1.1.	LUMINARIAS ESCOGIDAS.	46
CAPÍTULO 7: Agua Caliente sanitaria (ACS)		51
7.1.	INTRODUCCION.....	51
7.2.	CONDICIONES DE DISEÑO	52
7.3.	ELECCIÓN DEL SISTEMA PARA ACS.....	52
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES		53
CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA		54
DOCUMENTO 2: ANEJOS.....		56
ANEJO I: CÁLCULOS		55
1.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	55
DOCUMENTO 3: PRESUPUESTOS.....		69
1.	PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED	68
1.1.	PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	68
1.2.	PRESUPUESTO PARCIAL INVERSOR	69
1.3.	PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.....	69
2.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED	70
2.1	PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	70
2.2	PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN INVERSOR. INVERSOR-CARGADOR. BATERIAS.....	71
2.3	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE RED	72

3.PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA	72
4.PRESUPUESTO INSTALACIÓN CAPTADORES SOLARES (ACS).....	75
5.RESUMEN PRESUPUESTOS DE LAS INSTALACIONES.....	76
DOCUMENTO 4: PLANOS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Fusibles tipo gG. (Fuente: Catalogo comercial).....	18
Ilustración 2: Modelo CAD de fusible (Fuente: elaboración propia).....	18
Ilustración 3: Descargador de sobretensiones.....	19
Ilustración 4: Modelo CAD del descargador de tensiones.....	19
Ilustración 5: Interruptor Automático o PIA. (Fuente: Catalogo comercial).....	20
Ilustración 6: Modelo CAD de IA o PIA. (Fuente: Autocad Electrical 2016).....	20
Ilustración 7: Interruptor Diferencial. (Fuente: Catalogo comercial).....	21
Ilustración 8: Modelo CAD del Interruptor Diferencial. (Fuente: Catalogo Comercial).....	21
Ilustración 9 : Cálculo producción estimada. Vivienda conectada a red.....	22
Ilustración 10 : Datos de la producción anual estimada. Vivienda conectada a red.....	22
Ilustración 11: Esquema instalación fotovoltaica 1. Aislada de la red. (Fuente: Catalogo SMA).....	23
Ilustración 12: Esquema instalación fotovoltaica 2. Aislada de la red. (Fuente: Catalogo comercial).....	24
Ilustración 13: Tipos de distribución luz. (Fuente: LUMsearch).....	45
Ilustración 14: Luminaria empleada en la ‘Mesa de Diario’.....	46
Ilustración 15: Curvas isolux de la ‘Mesa de diario’.....	47
Ilustración 16: Luminaria empleada en la ‘Mesa larga’.....	47
Ilustración 17: Curvas isolux de la ‘Mesa larga’.....	48
Ilustración 18: Luminaria 1 empleada en la sala de estar (‘sofás’)......	49
Ilustración 19: Curvas isolux ‘sofás’. Luminaria 1.....	49
Ilustración 20: Luminaria 2 empleada en la sala de estar (‘sofás’)......	50
Ilustración 21: Curvas isolux ‘sofás’. Luminaria 2.....	50
Ilustración 22: Esquema instalación captador solar con acumulador en el interior de la vivienda. (Fuente: Catálogo comercial).....	51
Ilustración 23: Curvas características de disparo de IA.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo anual.....	11
Tabla 2: Datos cálculo sistema fotovoltaico. Vivienda conectada a red.	12
Tabla 3: Número de módulos fotovoltaicos. Vivienda conectada a red.	13
Tabla 4: Tabla cálculo del INVERSOR. Vivienda conectada a red.	13
Tabla 5: Intensidades admisibles (A) al aire a 40°C. Nº conductores en carga y naturaleza del aislamiento.....	14
Tabla 6: Sección conductores de protección.....	15
Tabla 7: Cálculo sección conductor de continua. Vivienda conectada a red.	16
Tabla 8: Cálculo sección conductor de alterna. Vivienda conectada a red.....	16
Tabla 9: Comparación potencia generada en 1 año-consumo anual. Vivienda conectada a red.	23
Tabla 10: Cálculo consumo diario. Vivienda aislada de la red.	25
Tabla 11: Irradiancia de diferencia por mes. Vivienda aislada.....	27
Tabla 12: Datos cálculo del sistema en Verano. Vivienda aislada.....	28
Tabla 13: Número de módulos fotovoltaicos en Verano. Vivienda aislada.	28
Tabla 14: Datos cálculo del sistema en Invierno. Vivienda aislada.	29
Tabla 15: Número de módulos fotovoltaicos en Invierno. Vivienda aislada.....	29
Tabla 16: Cálculo capacidad batería Verano. Vivienda aislada.	30
Tabla 17: Cálculo capacidad batería Invierno. Vivienda aislada.	30
Tabla 18: Tabla cálculo del INVERSOR. Vivienda aislada.....	31
Tabla 19: Cálculo sección conductores de continua. Vivienda aislada.	32
Tabla 20: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.	33
Tabla 21: Cálculo diámetro de Tubo. Vivienda aislada,	33
Tabla 22: Cálculo sección conductores de alterna. Vivienda aislada.....	34
Tabla 23: Características eléctricas de los circuitos.	39
Tabla 24: Puntos de utilización.....	40
Tabla 25: Cálculo sección conductores. Instalación Eléctrica de la vivienda.	41
Tabla 26: Cálculo protecciones sobrecargas y cortocircuito. Instalación Eléctrica de la vivienda.....	42
Tabla 27: Niveles de iluminación según UNE 41500.	44
Tabla 28: Niveles de iluminación para las distintas zonas de la casa.....	44

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 1: Cálculo Nº módulos.....	12
Ecuación 2: Cálculo de la sección del conductor. Criterio de caída de tensión.	15
Ecuación 3: 1ª Condición para protección frente a sobrecargas.	17
Ecuación 4: 2ª Condición para protección frente a sobrecargas.	17
Ecuación 5: Cálculo R_t máxima permisible.....	21
Ecuación 6: Cálculo capacidad batería.	30
Ecuación 7	55
Ecuación 8	55
Ecuación 9	55
Ecuación 10	56
Ecuación 11	56
Ecuación 12	57
Ecuación 13	57
Ecuación 14	57
Ecuación 15	58
Ecuación 16	58
Ecuación 17	58

RESUMEN

A continuación se presentan los documentos que se han realizado para el diseño y el cálculo de: 'Instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar conectada a red', 'Instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar aislada de la red', 'Instalación Eléctrica de una vivienda unifamiliar', 'Estudio lumínico', 'Captadores solares para ACS'.

En todo el proyecto se ha tenido en cuenta *el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, siendo este aprobado según el *Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto de 2002*. En cada momento se indica que Instrucciones Técnicas son de aplicación, puesto que no todas son de interés. También, se ha tenido en cuenta otras normas e instrucciones, así como el *Real Decreto 1663/2000*, para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

Los documentos que se presentan son:

- Memoria.
- Anejos.
- Presupuestos.
- Planos.

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El documento que precede se escribe como Trabajo Final de Grado (ahora en adelante TFG) poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas del Grado de Tecnologías Industriales así, como la capacidad de auto aprendizaje del alumno.

El ámbito principal del siguiente documento es la Ingeniería Eléctrica, siendo de especial interés la asignatura de 4º curso Tecnología Eléctrica, donde los conocimientos de esta han sido de vital importancia para el desarrollo del TFG.

1.1. Objeto

El objeto de este trabajo es el diseño y comparación, de las instalaciones necesarias para que una vivienda unifamiliar sea energéticamente sostenible, con la única fuente de energía el Sol. Para ello se ha diseñado una instalación fotovoltaica en la azotea de la vivienda para dos instalaciones diferentes:

1. Vivienda conectada a la red de distribución eléctrica
2. Vivienda aislada de la red eléctrica.

Para poder cubrir todas las necesidades, también se ha hecho un diseño de una instalación termosolar para Agua Caliente Sanitaria (ACS).

1.2. Alcance

El ámbito de aplicación de este TFG se centra en la totalidad del diseño de la instalación fotovoltaica y eléctrica de la vivienda unifamiliar teniendo en cuenta la normativa y reglamento vigente, tanto para la seguridad de la instalación como de las personas.

Los cálculos realizados durante la realización del TFG son los siguientes:

- Instalación fotovoltaica.
- Alumbrado.
- Instalación eléctrica.
- Protecciones.
- Puesta a tierra.
- Instalación termosolar.

1.3. Antecedentes

El autor del presente TFG dispone de una vivienda unifamiliar habitada por 4 personas, en la localidad de Ontinyent, provincia de Valencia. La vivienda dispone de una azotea, donde se podrá establecer la instalación solar, tanto fotovoltaica como termosolar, sin edificios más altos que el mismo, facilitando el diseño.

En las condiciones actuales, la vivienda tiene un consumo mensual aproximado de 350 KWh, con refrigeración mediante un Split y calefacción mediante gas natural. Los electrodomésticos disponibles son variados, no siendo todos de alta eficiencia, aumentando el consumo de la vivienda.

Como mejoras aplicadas, el diseño del trabajo se ha realizado incluyendo mejoras notables en la vivienda, para reducir el consumo al mínimo posible, sin tener que renunciar a la comodidad habitual de la misma, utilizando siempre la energía solar. Para ello se han escogido electrodomésticos de alta eficiencia, luminarias de muy bajo consumo (*leds*) y una bomba de calor para calefacción/refrigeración. También hemos optado en instalar placas termosolares para ACS, en vez de utilizar caldera de gas natural.

Este TFG se ha realizado sin tener en cuenta ningún tipo de estudio económico, puesto que con la reforma del Gobierno de España del sector eléctrico mediante el Real Decreto Ley 9/2013 del 12 de Julio, está haciendo imposible este tipo de instalaciones posteriores a la entrada en vigor de esta ley con un impuesto conocido como *peaje de respaldo*, y prohibiendo vender energía sobrante a las compañías eléctricas, encareciendo considerablemente las instalaciones conectadas a la red eléctrica. También se ha prohibido verter energía a la red de distribución, encareciendo la instalación.

1.4. Estructura de la memoria

Para poder entender mejor la estructura y realización del TFG, a continuación se indican los distintos capítulos que componen el mismo. Podemos separar la estructura del TFG en varias partes claramente diferenciadas,

❖ **CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA.**

Se calcula el número de placas necesarias para el consumo directo de la vivienda. La energía sobrante se volcará a la red eléctrica, teniendo esta como apoyo para momentos en que no dispongamos suficiente energía de nuestro generador solar.

También se calculara el cableado y protecciones necesarias cumpliendo la normativa vigente.

❖ **CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA.**

Se realiza el cálculo y dimensionado de la instalación fotovoltaica para cubrir el consumo de la vivienda, almacenando la energía que no utilizamos directamente en acumuladores de plomo-ácido.

También se calculara el cableado y protecciones necesarias cumpliendo la normativa vigente.

❖ **CAPÍTULO 5: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

Calcularemos la instalación eléctrica de la vivienda con la ayuda del programa informático Dmelect 2009.

❖ **CAPÍTULO 6: ALUMBRADO.**

Análisis y simulación lumínica de una parte de la vivienda.

Puesto que no es verdadero objetivo del TFG, mostramos solamente la parte de la vivienda que mas horas se permanece, considerándola la de mayor interés.

❖ **CAPÍTULO 7: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN TERMOSOLAR PARA ACS.**

Se calcula la instalación termosolar para ACS, cumpliendo lo exigido por la normativa.

Puesto que no es el objetivo del TFG, no nos centraremos en tanto detalle de la instalación.

❖ **CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.**

Expongo las conclusiones sacadas durante la realización del TFG.

CAPÍTULO 2: PROGRAMAS UTILIZADOS

Los programas utilizados para el desarrollo del TFG han sido:

- AutoCad 2015.
- AutoCad Electrical 2015.
- DMELECT 2009.
- Dialux evo 5.0

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA

En este capítulo abordamos el primer objetivo del TFG. Se va a diseñar la instalación fotovoltaica conectada a la red distribución eléctrica. Este sistema es más sencillo que el de la vivienda aislada de la red, como veremos más adelante.

3.1 .CONDICIONES DE DISEÑO

El generador fotovoltaico se va a diseñar de tal forma, que la energía consumida durante un año, sea la energía producida en ese año. Para ello, primero deberemos calcular el consumo anual aproximado de la vivienda de estudio, y después procederemos al cálculo del número de módulos solares.

Al estar conectada a la red eléctrica, no dispondremos de baterías, si no que nos apoyaremos de la red cuando sea necesario y no dispongamos de la energía proporcionada por el generador fotovoltaico. La energía sobrante producida por las placas fotovoltaicas, que no se puede aprovechar debería ser vertida a la red. Hoy en día, debido al cambio legislativo, está prohibido verter energía a la red, a todas aquellas instalaciones fotovoltaicas posteriores al Real Decreto. Para evitar esto, se ha desarrollado unos controladores que evitan verter energía a la red, utilizando la energía procedente de la instalación fotovoltaica cuando exista consumo. Este tipo de tecnología es más utilizado en la industria, puesto que el consumo diurno es mayor que en una vivienda, y en esta no saldría rentable este tipo de instalación.

3.1.1. CONSUMO ANUAL

Para el cálculo aproximado del consumo anual, nos hemos basado en la Tabla 10 del capítulo 4, diferenciando el consumo de la época veraniega, del invierno, y de las épocas de transición, donde el consumo es menor, puesto que no es habitual el uso de la calefacción ni del aire acondicionado en la zona donde tiene lugar el emplazamiento de la vivienda.

Obtenemos un consumo anual de la vivienda unifamiliar de **2345 KWh/año**. El valor obtenido es inferior al consumo previo a las mejoras aplicadas para disminuir el consumo.

CONSUMO ANUAL		
Verano		
Wh/día	Días	Wh
8268.2	95	785479
Invierno		
Wh/día	Días	Wh
7218.2	90	649638
Intermedio		
Wh/día	Días	Wh
5000	182	910000
TOTAL Wh/año		
2345117		

Tabla 1: Consumo anual.

3.1.2. Condiciones meteorológicas.

Para el cálculo del número de módulos solares necesarios, y según se ha establecido el criterio de diseño, la irradiancia para el cálculo será la media anual para la inclinación óptima. Esta irradiancia nos la proporciona la página web: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Para el lugar del emplazamiento de la vivienda de diseño, tenemos una irradiancia media anual de:

$$2020 \text{ KWh/m}^2$$

3.2. MÓDULO SOLAR

Los módulos solares escogidos, al igual que en el diseño de la vivienda aislada de la red eléctrica, son de la marca IBC PolySol 250 VM, policristalinos. Los consideramos los más óptimos para nuestra instalación y emplazamiento, debido a su relación calidad/precio.

3.3. GENERADOR FOTOVOLTAICO

Ahora, procedemos al cálculo del número de módulos solares. Para ello, empleamos la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{E \times \left(1 + \frac{e1}{100}\right)}{G \times CM \times VM}$$

Ecuación 1: Cálculo N° módulos.

DATOS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA			
	VALOR	UNIDAD	VARIABLE
Tensión nominal del módulo	30.4	V	VM
Intensidad media del módulo	8.23	A	CM
Consumo total de la instalación	2345117.0	W	E
Pérdidas totales del sistema	15	%	e1
Irradiancia de diferencia anual	2020	h.s.p.	G

Tabla 2: Datos cálculo sistema fotovoltaico. Vivienda conectada a red.

Se ha supuesto unas pérdidas totales del sistema del 15%. Con este incremento se pretende tener en cuenta las pérdidas de los conductores que es inferior al **1.5%**, las pérdidas en el Inversor que son en torno al **4%** según el fabricante, posibles pérdidas debidas a la suciedad que se deposita encima de los módulos estimadas alrededor del **3%**, pérdidas debidas al aumento de la temperatura en el módulo, posible déficit debido a cambios climatológicos que puedan variar los datos proporcionados para dimensionar el sistema.

Aplicando la ecuación 1 y utilizando los datos del sistema, obtenemos:

CÁLCULO N° DE MÓDULOS		
N° de módulos	5.33626719	5

Tabla 3: Número de módulos fotovoltaicos. Vivienda conectada a red.

El número de módulos que instalaríamos en nuestro generador fotovoltaico sería de 5 módulos en serie.

Teniendo en cuenta el rendimiento a lo largo de los años de los módulos seleccionados, se deberá incrementar el número de módulos solares para poder compensar esta pérdida de producción, y poder alargar la vida útil del sistema. Aumentaremos la potencia de nuestro generador solar en un 18% de la potencia nominal del inversor seleccionado, este aumento es de **234 W**. Se necesitará 1 módulo extra en nuestra instalación para compensar la pérdida de eficiencia de nuestro generador fotovoltaico.

Además, al aumentar el número de módulos, no solo compensaremos la pérdida de eficiencia, si no que aumentamos la tensión de entrada en el inversor, de forma que nos acercamos a la tensión óptima de funcionamiento según el fabricante. También, al disponer de mayor potencia, ampliaremos el rango horario de producción al poder llegar antes a la tensión mínima de funcionamiento requerida por el inversor.

Como veremos en el punto 3.4. *INVERSOR*, por condiciones de diseño será necesario aumentar en 1 módulo extra para poder asegurar el funcionamiento del inversor, debido a la baja tensión proporcionada por el generador fotovoltaico. Al añadir este módulo extra, se mejora todas las condiciones mencionadas en el párrafo anterior.

Aunque este sobredimensionamiento produzca un encarecimiento de la instalación, es mínimo respecto al aumento de la eficiencia y los beneficios que nos proporcionará a lo largo de la vida útil de la instalación.

Nuestro generador fotovoltaico estará formado por una rama de 7 módulos IBC PolySol 250 VM en serie.

3.4. INVERSOR

Para esta instalación, se ha decidido por calidad de producto trabajar con la gama de inversores de SMA. Para seleccionar el inversor más apropiado, hemos tenido en cuenta la tensión de entrada en el inversor proporcionada por la asociación en serie de los módulos fotovoltaicos, y la intensidad máxima de salida del generador que corresponde con la intensidad de cortocircuito del módulo seleccionado, al estar dispuestos en serie.

El primer inversor del mercado que se adapta a nuestras condiciones es el Sunny Boy 1300 TL-10. Como podemos comprobar, cumple con los requisitos de funcionamiento.

CÁLCULO DEL INVERSOR		INVERSOR SELECCIONADO	
Tensión de entrada (V)	212.8	115 V - 480 V /400	Rango tensión entrada
Intensidad de entrada (A)	8.81	12 A	Intensidad máxima entrada

Tabla 4: Tabla cálculo del INVERSOR. Vivienda conectada a red.

3.5 . CABLEADO

En la instalación fotovoltaica de una vivienda unifamiliar conectada a la red eléctrica de distribución, podemos diferenciar dos tramos de cableado. El primer tramo, es el de corriente continua, que abarcaría desde los módulos fotovoltaicos hasta el inversor. El segundo tramo es el de corriente alterna, abarcando desde la salida del inversor hasta llegar a la caja de derivación en el armario de medida. En esta caja de derivación se tendrá la conexión con la red eléctrica.

Para el dimensionado de la sección de los conductores se ha tenido en cuenta la ITC-BT-19. A continuación se adjunta la tabla de la ITC-BT-19, que relaciona la intensidad máxima admisible según su sección y tipo de instalación.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x	2x		3x	2x								
			PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR								
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
E		Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ³⁾						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ¹⁾			
G		Cables unipolares separados mínimo D ³⁾								3x PVC ¹⁾		3x XLPE o EPR			
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-
			35		77	85	96	104	110	119	131	144	154	206	-
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250	-
			70				149	160	171	188	202	224	244	321	-
			95				189	194	207	230	245	271	296	391	-
			120				208	225	240	267	284	314	348	455	-
			150				236	260	278	310	338	365	404	525	-
185				268	297	317	354	386	415	464	601	-			
240				315	350	374	419	455	490	552	711	-			
300						360	404	423	464	524	646	821	-		

Tabla 5: Intensidades admisibles (A) al aire a 40°C. Nº conductores en carga y naturaleza del aislamiento.

3.5.1. CABLEADO CONTINUA

Los conductores utilizados serán de cobre puesto que tienen mejores características que los conductores de aluminio, tanto eléctricas como mecánicas. Los conductores llevarán doble aislamiento adecuado para intemperie. Se utilizarán conductores especiales para instalaciones fotovoltaicas, se han seleccionado los 'Cables flexibles TOPSOLAR PV ZZ-F', adecuado para la interconexión de los paneles y para conexión de los paneles al inversor. Los conductores irán separados según sea la polaridad positiva o negativa, diferenciado por el color del cable y debidamente protegidos según la normativa. Estas condiciones anteriormente descritas están avaladas por la IDAE.

Estos conductores cumplen con las normas de seguridad vigentes. El recubrimiento de protección es de polietileno reticulado (XLPE). Entraremos a la Tabla 5 por el tipo de instalación (B) y salimos por la columna 9.

Para el cálculo de la sección, se ha dimensionado por el método de caída de tensión, admitiendo una caída máxima de tensión del 1%. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$S = \frac{200 \times \rho_{(\theta)} \times L \times I}{\varepsilon \times V}$$

Ecuación 2: Cálculo de la sección del conductor. Criterio de caída de tensión.

Siendo:

- S ; sección del conductor, mm^2 .
- $\rho_{(\theta)}$; resistividad del cobre a la temperatura de servicio estimada de 70 °C.
- L ; longitud del tramo del conductor, m .
- I ; intensidad a circular por el conductor, A .
- ε ; caída de tensión porcentual, %.
- V ; tensión nominal de servicio, V .

Para el cálculo de la sección del cable de protección, se ha tenido en cuenta la ITC_BT-19, según la siguiente tabla.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

(*) Con un mínimo de:
 2,5 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
 4 mm^2 si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Tabla 6: Sección conductores de protección.

Para el cálculo de la intensidad a circular por cada tramo, se ha multiplicado por un coeficiente de seguridad, mayorando la intensidad un 25% para tener en cuenta cualquier pico de potencia.

En la siguiente tabla se resume la longitud de cada tramo, sección calculada, sección de conductor seleccionado y el respectivo cable de protección.

TRAMO	LONGITUD	INTENSIDAD DE CORRIENTE DEL TRAMO	SECCIÓN DE CABLE CALCULADA	SECCIÓN DE CABLE SELECCIONADA	Sección cable de protección
Conexión con Inversor	20	11.0125	4.270448778	6	6

Tabla 7: Cálculo sección conductor de continua. Vivienda conectada a red.

3.5.2. CABLEADO ALTERNA

La sección de los conductores será la calculada por el método de caída de tensión, siendo como mínimo de 6 mm^2 según la ITC_BT- 15. Los conductores serán de cobre con recubrimiento de XPLE, por considerarlo más seguro que el recubrimiento de PVC.

La fórmula utilizada para el cálculo de las secciones será la misma que para la continua (XX), puesto que se supone un factor de potencia unitario, y la corriente alterna es monofásica.

En la siguiente tabla se resume la sección de los conductores calculados.

TRAMO	LONGITUD	INTENSIDAD DE CORRIENTE DEL TRAMO	SECCIÓN DE CABLE CALCULADA	SECCIÓN DE CABLE SELECCIONADA	Sección cable de protección
Inversor/ Caja Derivación	5	7.065217391	0.6337	6*	6

Tabla 8: Cálculo sección conductor de alterna. Vivienda conectada a red.

*; La sección calculada no llega a la mínima requerida.

Como se puede ver en la tabla, la sección calculada no llega a la mínima según la ITC-BT-15, debiéndose seleccionar una sección de 6 mm^2 . Por simplificar la instalación, y utilizar la misma sección de cable que en el tramo de la acometida a la vivienda de diseño, se seleccionará un conductor de sección 10 mm^2 . Este sobredimensionamiento, nos proporciona mayor seguridad a un coste muy bajo respecto al coste total de la instalación, siendo mayor la intensidad admisible por el conductor y cumpliendo el criterio de diseño de caída de tensión sin necesidad de realizar el cálculo, puesto que la sección que cumple es menor que la finalmente seleccionada.

3.6. PROTECCIONES

En este apartado vamos a escoger las protecciones necesarias para asegurar la protección de nuestra instalación y la seguridad de las personas para realizar el mantenimiento necesario. Para ello utilizaremos fusibles, magnetotérmicos, diferenciales y seccionadores cuando sea necesario, puesto que para el cálculo de las protecciones se ha diferenciado cada tramo como en el cálculo de la sección de los conductores, diferenciando también entre corriente alterna y corriente continua.

Para el cálculo de las protecciones se ha tenido en cuenta la ITC_BT-22 del REBT, donde según la norma UNE 20-460 establece que un dispositivo de protección protege de modo efectivo un conductor si se verifica las siguientes condiciones, de fácil aplicación:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Ecuación 3: 1ª Condición para protección frente a sobrecargas.

$$I_2 \leq 1.45 I_Z$$

Ecuación 4: 2ª Condición para protección frente a sobrecargas.

- Donde I_n es la intensidad de ajuste de actuación de la protección.
- I_B ; Es la intensidad que circula por el conductor.
- I_Z ; Es la intensidad máxima admisible por el conductor.
- I_2 ; Es la intensidad que asegura el funcionamiento de la protección:

Si la protección se realiza mediante un magnetotérmico normalizado, PIA o IA, $I_2 = 1.45 I_Z$, por lo tanto siempre se cumplirá la segunda condición.

En cambio, si la protección del conductor se realiza mediante fusibles tipo gG normalizados, tenemos que $I_2 = 1.6 I_Z$, por lo tanto la segunda condición puede que no se cumpla. En ese caso deberíamos escoger otro fusible que cumpla, o aumentar la sección del conductor, que aumentaríamos la intensidad máxima admisible.

3.6.1. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

En el tramo de corriente continua (placas-inversor), se utilizarán fusibles para proteger la instalación de sobrecargas, varistores o descargadores de tensión para proteger de sobretensiones y seccionador-interruptor de continua para desconectar la instalación de continua y realizar labores de mantenimiento.

Protección frente a sobrecargas

Se utilizarán fusibles de tipo gG en la caja de protección de corriente continua a la salida del generador fotovoltaico, de forma que todo el tramo quedara protegido hasta llegar al inversor.

La intensidad nominal que circulara por el conductor será la intensidad máxima proporcionada por el generador fotovoltaico, multiplicada por un coeficiente de seguridad, aumentando un 25% la intensidad nominal.

Cada conductor unipolar estará protegido por un fusible de idénticas características eléctricas, tanto el de polaridad positiva como el de polaridad negativa.

Aplicando las ecuaciones 3 y 4, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq 0.9 I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 11.0125 A$
- $I_Z = 49 A$

$$11.0125 \leq I_n \leq 44.1$$

Tendremos que escoger un fusible normalizado que tenga una intensidad de actuación que cumpla la anterior condición. El primer fusible del mercado que cumple esta condición sería un fusible con una I_n de 16 A, asegurándonos que el tramo queda protegido contra sobrecargas.



Ilustración 1: Fusibles tipo gG. (Fuente: Catalogo comercial).



Ilustración 2: Modelo CAD de fusible (Fuente: elaboración propia).

Protección a sobretensiones

La tensión máxima de esta instalación será 212.8 V, por lo tanto escogeremos un descargador de tensiones con una tensión de funcionamiento mayor a la máxima de servicio. Para sistemas fotovoltaicos se utilizan descargadores de sobretensión de Clase II. Por lo tanto escogeremos el modelo del mercado que se aproxime a nuestras necesidades. Nos hemos decantado por el descargador de sobretensiones modelo 2 - VAL-MS 600DC-PV/2+V-FM – 2800641.



Ilustración 3: Descargador de sobretensiones.

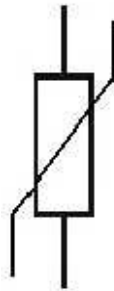


Ilustración 4: Modelo CAD del descargador de tensiones.

Interruptor-seccionador

El interruptor-seccionador tendrá la función de aislar la instalación fotovoltaica para labores de mantenimiento correspondientes. El interruptor-seccionador que se escoja si procede deberá ser capaz de despejar una intensidad de 11.0125 A (mayorada un 25% para tener en cuenta posibles picos de intensidad) y una tensión máxima de servicio de 212.8 V .

No sería preciso instalar esta protección en nuestra instalación, puesto que nuestro inversor seleccionado lleva incorporado un mecanismo que aísla la parte de continua, y sería suficiente para llevar a cabo las labores de mantenimiento.

3.6.2. TRAMO CORRIENTE ALTERNA

Para la protección del tramo de corriente alterna, protegerán la parte de la instalación interna, tanto personas como equipos, y también deberá proteger la red de distribución eléctrica. Las protecciones a utilizar serán las establecidas por el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11).

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

La intensidad nominal que circulara por el conductor será la intensidad máxima que puede proporcionar nuestro Inversor.

Aplicando las fórmulas anteriores (Ecuaciones 3 y 4) adaptadas para PIA normalizados, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 7.2 A$
- $I_Z = 50 A$

$$11 \leq I_n \leq 50$$

En este caso escogemos un PIA con una I_n de 40 A. La curva de disparo seleccionada es de tipo C, siendo esta considerada mejor en estas instalaciones. Deberá tener como mínimo una potencia de corte superior a la indicada por la empresa distribuidora. Esta potencia de corte es de 6 KA.



Ilustración 5: Interruptor Automático o PIA. (Fuente: Catalogo comercial).

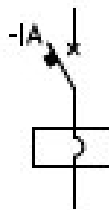


Ilustración 6: Modelo CAD de IA o PIA. (Fuente: Autocad Electrical 2016).

PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Se instalará un Interruptor Diferencial bipolar de 40 A con una sensibilidad de actuación de 30 mA.



Ilustración 7: Interruptor Diferencial. (Fuente: Catalogo comercial).

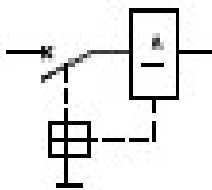


Ilustración 8: Modelo CAD del Interruptor Diferencial. (Fuente: Catalogo Comercial).

INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE LA INTERCONEXION

Estará situado en la caja de medida y deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal máxima de circulación, que dependerá del grado de electrificación de la vivienda, que en el caso de estudio es de 'alta electrificación' siendo de 9.2 KW. Este interruptor será de acceso para la compañía distribuidora. Seleccionamos un Interruptor Automático de 50 A.

3.7 . PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de la instalación fotovoltaica según el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12), se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución. Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a la puesta a tierra de la vivienda. En las masas de la instalación, no deberían de aparecer tensiones de contacto superiores a 24V, puesto que es considerado una zona húmeda al estar a la intemperie, según la ITC-18-BT.

La resistencia de pat no debe ser superior a:

$$R_t = \frac{24 V}{30 mA} = 80 \text{ Ohmios}$$

Ecuación 5: Cálculo R_t máxima permisible.

Nuestra pat de la vivienda calculada en el 'capítulo 5.4', donde se entra un poco más en detalle, está formada por 1 pica vertical de Cobre de 14 mm y de 2 m de largo, y 30 m de cable de Cobre desnudo de 35 mm², con una R_t de 17.65 Ohmios.

Por lo tanto tenemos que: $R_t = 17.65 \leq 80 \text{ Ohmios}$

El valor obtenido nos asegura que no aparecerán tensiones de contacto mayores a 24 V.

3.8. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN ESTIMADA

En este apartado, vamos a realizar un cálculo aproximado de la potencia generada en nuestra instalación fotovoltaica. Para ello utilizaremos un programa on-line, PVGIS. De este programa se han utilizado los valores de irradiancia proporcionados para el cálculo del generador fotovoltaico.

Se introducen los valores correspondientes:

Rendimiento del sistema FV conectado a red

Base de datos de radiación: Climate-SAF PVGIS [\[¿Qué es esto?\]](#)

Tecnología FV: Silicio cristalino

Potencia FV pico instalada 1.75 kWp

Pérdidas estimadas del sistema [0;100] 14 %

Opciones de montaje fijo:

Posición de montaje: Integrado en el edificio

Inclin. [0;90] 35 grados Optimizar la inclinación

Acimut [-180;180] 0 grados Optimizar también el acimut

Ilustración 9 : Cálculo producción estimada. Vivienda conectada a red.

El programa devuelve como resultado:

Sistema fijo: inclinación=35 grados, orientación=0 grados (Óptimo a la orientación dada)				
Mes	Ed	Em	Hd	Hm
Ene	5.37	167	4.08	127
Feb	6.21	174	4.80	135
Mar	7.30	228	5.82	180
Abr	7.27	218	5.86	176
Mayo	7.68	238	6.29	185
Jun	8.07	242	6.73	202
Jul	8.35	259	7.03	218
Ago	7.89	244	6.66	207
Sep	7.04	211	5.82	175
Oct	6.45	200	5.23	162
Nov	5.35	180	4.15	124
Dic	4.91	152	3.72	115
Año	6.83	208	5.52	168
Total para el año		2490		2020

Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)

Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)

Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m²)

Ilustración 10 : Datos de la producción anual estimada. Vivienda conectada a red.

Como podemos ver, la potencia generada total para el año es de **2490 kWh**, que cubre totalmente el consumo de la vivienda de diseño.

POTENCIA GENERADA EN 1 AÑO	CONSUMO ANUAL DE LA VIVIENDA
2490 kWh	2345 kWh

Tabla 9: Comparación potencia generada en 1 año-consumo anual. Vivienda conectada a red.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. VIVIENDA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA

En este capítulo, procedemos al diseño de la instalación fotovoltaica de la vivienda aislada de la red eléctrica.

El sistema de instalación se ha escogido para disminuir al máximo las pérdidas por conducción y buscando la máxima eficiencia en la utilización de la energía, versatilidad, cuidando al máximo nuestra instalación y alargando la vida útil de la misma.

4.1 . TIPO DE INSTALACIÓN.

El tipo de instalación fotovoltaica aislada de la red que se ha escogido, es un sistema novedoso, que es el que más se está utilizando en la actualidad y entre las casas comerciales. La instalación está formada por el generador fotovoltaico, un inversor, un inversor-cargador y la bancada de las baterías. Difiere de las tradicionales instalaciones de que se ha sustituido el 'regulador de carga' por el 'inversor-cargador'. A continuación podemos ver en dos ilustraciones las diferencias de instalación entre un sistema y otro.

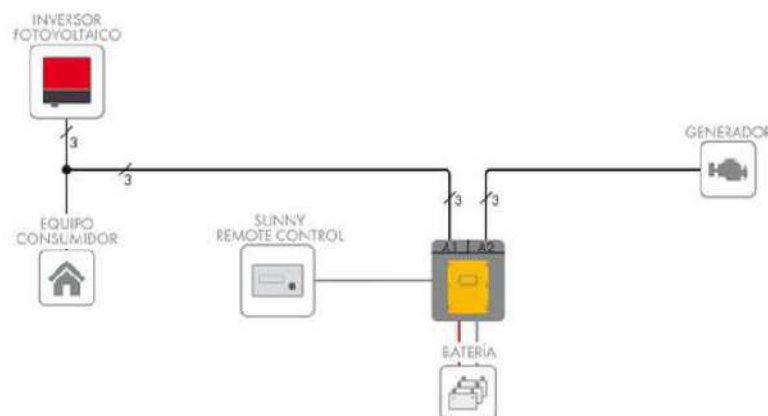


Ilustración 11: Esquema instalación fotovoltaica 1. Aislada de la red. (Fuente: Catalogo SMA)

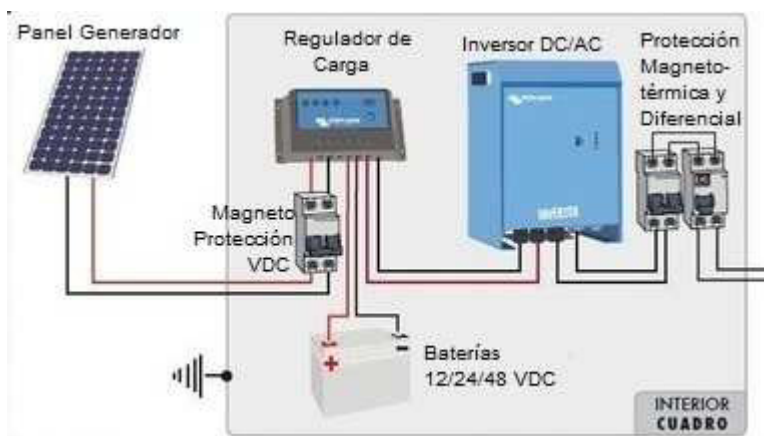


Ilustración 12: Esquema instalación fotovoltaica 2. Aislada de la red. (Fuente: Catalogo comercial)

Podemos ver en la imagen 11 como en el Inversor-Cargador, se le puede conectar un equipo auxiliar para cargar las baterías en caso de necesidad. Este equipo auxiliar puede estar compuesto por placas fotovoltaicas, mini generador eólico o cualquier otro tipo de producción de electricidad. De esta forma nos permite ampliar los días de autonomía ampliando la bancada de baterías sin tener que realizar un cambio grande en la instalación, solamente añadiendo unos módulos extra conectados al Inversor-Cargador. En nuestra instalación y en el cálculo de este capítulo, obviaremos por completo esta posibilidad, puesto que escaparíamos del objetivo real del TFG. El otro motivo por el que se ha decantado por este sistema, es la posibilidad de disponer mayor potencia de suministro (casi el doble que el otro sistema y al mismo coste), ya que dispondremos de la potencia proporcionada por el Inversor y la potencia proporcionada por el Inversor-Cargador

La otra forma de instalación (Ilustración 12), resultaría más complicado de instalar, haciendo falta dos reguladores de carga para el tamaño de la instalación que veremos posteriormente, disminuyendo la eficiencia de la instalación y aumentando el coste final.

El tipo de instalación o de sistema que se ha escogido para nuestra vivienda funciona de la siguiente forma; la corriente que proviene del generador fotovoltaico pasa directamente al inversor, donde es transformada en corriente alterna monofásica. Esta corriente puede ir directamente a la vivienda (equipo consumidor), al Inversor-Cargador si las baterías se encuentran descargadas y el Inversor-Cargador lo permite, o a al equipo consumidor y a las baterías al mismo tiempo si se da el caso. De la misma forma, puede circular la corriente desde el Inversor-Cargador y del Inversor al mismo tiempo al equipo consumidor, obteniéndose una potencia mayor. En ningún caso circulará corriente alterna al generador fotovoltaico.

4.2 . CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN.

La instalación tendrá lugar en la azotea de la vivienda, siendo esta la parte más alta del edificio, intentando evitar al máximo el impacto visual que pueda tener.

La superficie disponible para la disposición de los paneles solares es suficientemente grande, sin tener que preocuparse del espacio, disponemos de $40 m^2$.

Respecto al consumo de la vivienda para realizar el dimensionado de las placas fotovoltaicas necesarias, tendremos que hacer los cálculos en las dos épocas del año donde podemos encontrar grandes diferencias de consumo y de irradiancia, para poder dimensionar en el caso más desfavorable.

4.1.1. CONSUMO VIVIENDA

En el presente punto se expone un cálculo del consumo de los aparatos eléctricos y electrónicos de la vivienda, siendo estos de máxima eficiencia.

DESCRIPCION	Potencia total (W)	Utilización Verano (h/día)	Utilización Invierno (h/día)	Consumo Verano (Wh/día)	Consumo Invierno (Wh/día)
ALUMBRADO					
Comedor	40	1	3	40	120
Habitaciones	40	2	3	80	120
Aseo 1	14	1	1	14	14
Aseo 2	7	0.3	0.3	2.1	2.1
Cocina	20	1	2	20	40
Pasillo	10	0.3	0.3	3	3
	131				
TOMAS DE CORRIENTE					
Televisión	150	3	2	450	300
Frigorífico	200	3	2	600	400
Lavavajillas	350	-	-	800	800
Lavadora	300	-	-	640	640
Placas Inducción	400	0.5	0.5	120	120
Horno	1600	0.3	0.3	480	480
CLIMATIZADOR					
Modo calefacción	1040	-	2	-	2080
Modo refrigeración	1120	3	-	3360	-
VARIOS					
Tomas de corriente	600	2.5	3	1500	1800
Total instalación	4982			8109	6919

Tabla 10: Cálculo consumo diario. Vivienda aislada de la red.

En el cálculo del consumo se ha hecho una distinción entre verano e invierno, debido a la diferencia que podemos encontrar en las horas de utilización de cada electrodoméstico y el consumo de cada uno de ellos.

Para el cálculo de las 'h/día' de los diferentes consumos, nos hemos basado en una aproximación propia del día a día en la vivienda.

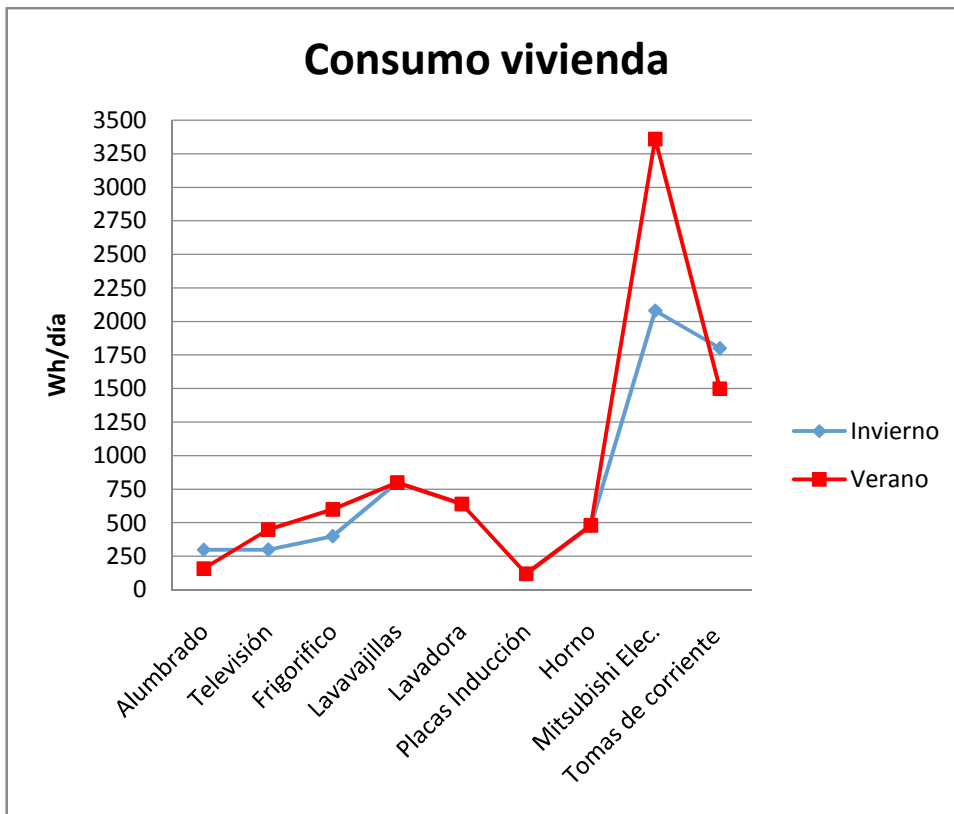


Tabla 11: Gráfico de consumo. Vivienda aislada de la red. (Fuente: Elaboración propia).

En este gráfico de elaboración propia, podemos apreciar las diferencias de los consumos entre verano e invierno:

- Respecto al alumbrado, al disponer de menos horas de sol en invierno, supone más horas de utilización de las luminarias. La diferencia no es notable debido a la alta eficiencia de las mismas.
- Comparando la televisión y el frigorífico, asumimos más horas de ocio en verano, hecho que nos ara consumir más energía en estos dos aparatos eléctricos.
- En 'Tomas de corriente', la diferencia se ha asumido a mayor uso en invierno de aparatos eléctricos convencionales o alguna luminaria extra, conectada directamente a una toma de corriente.
- La diferencia más apreciable, se puede observar en el aparato de climatización, donde el consumo en verano, modo refrigeración, es mayor que en invierno. Siendo esta diferencia, la consecuencia directa del mayor consumo total en verano que en invierno.

4.1.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.

Para poder hacer el cálculo del número de placas necesarias, primero debemos conocer el nivel de irradiación en nuestra ubicación, para ello hemos utilizado los valores que nos proporciona la página web europea: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Mes	Hd
Enero	4.08
Febrero	4.82
Marzo	5.82
Abril	5.86
Mayo	6.29
Junio	6.73
Julio	7.03
Agosto	6.66
Septiembre	5.82
Octubre	5.24
Noviembre	4.15
Diciembre	3.72

Tabla 12: Irradiancia de diferencia por mes. Vivienda aislada.

Respecto al cuadro anterior, los valores extraídos de la página web anteriormente citada, **Hd**, es la media diaria de la radiación global recibida por metro cuadrado, KWh/m^2 , y en la inclinación óptima, siendo este valor el correspondiente a la tercera columna.

Para realizar el dimensionado, hemos escogido el mes de 'Diciembre' como referente para el 'Consumo de Invierno', y el mes de Agosto para el 'Consumo de Verano' por considerarlo el mes en que se produciría el consumo anteriormente calculado, siendo el mes con mayor consumo respecto a los demás.

Por lo tanto, la irradiancia en el 'Consumo de Verano' será **6.66 KWh/m^2** y en el 'Consumo de Invierno' será **3.72 KWh/m^2** .

4.3. MÓDULO SOLAR

Los módulos solares escogidos son de la marca IBC PolySol 250 VM, por considerarlos los más óptimos para nuestra instalación y emplazamiento.

4.4 . GENERADOR SOLAR

Para realizar el dimensionado del generador solar, debemos hacerlo para la situación más desfavorable. Para ello, realizamos el cálculo de las dos situaciones planteadas.

Por la misma razón que se explica en el punto '3.3', consideramos un 15% de pérdidas totales del sistema.

En el siguiente cuadro se plantean los datos para el cálculo del sistema en el primer caso planteado:

VERANO			
DATOS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA			
	VALOR	UNIDAD	VARIABLE
Tensión del sistema	48	V	VS
Tensión nominal del módulo	30.4	V	VM
Intensidad media del módulo	8.23	A	CM
Consumo total de la instalación	8109.1	W	E
Pérdidas totales del sistema	15	%	e1
% Profundidad de descarga de la batería	70	%	DOD
Días de autonomía de la batería	3	A	A
Irradiancia de diferencia	6.66	h.s.p.	G

Tabla 13: Datos cálculo del sistema en Verano. Vivienda aislada.

Para realizar el cálculo del número de módulos hemos empleado la ecuación 1:

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{E \times \left(1 + \frac{e1}{100}\right)}{G \times CM \times VM}$$

El número de módulos necesarios para cubrir el consumo en verano es de 6.

CÁLCULO N° DE MÓDULOS	
N° de módulos	5.61118148 6

Tabla 14: Número de módulos fotovoltaicos en Verano. Vivienda aislada.

Respecto al segundo caso de consumo, tenemos los siguientes datos:

INVIERNO			
DATOS PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA			
	VALOR	UNIDAD	VARIABLE
Tensión del sistema	48	V	VS
Tensión nominal del módulo	30.4	V	VM
Intensidad media del módulo	8.23	A	CM
Consumo total de la instalación	6919.1	W	E
Pérdidas totales del sistema	15	%	e1
% Profundidad de descarga de la batería	70	%	DOD
Días de autonomía de la batería	3	A	A
Irradiancia de diferencia	3.72	h.s.p.	G

Tabla 15: Datos cálculo del sistema en Invierno. Vivienda aislada.

Utilizando la misma fórmula anterior para calcular el número de módulos, obtenemos:

CÁLCULO Nº DE MÓDULOS		
Nº de módulos	8.57161302	9

Tabla 16: Número de módulos fotovoltaicos en Invierno. Vivienda aislada.

Por lo tanto, nuestro número de módulos fotovoltaicos será el del caso más desfavorable, en este caso en 'Invierno', siendo el consumo inferior que en verano pero también menor en irradiancia.

Los módulos se dispondrán de forma que proporcionen la máxima tensión de entrada en el inversor, siendo esta la instalación más eficiente, disminuyendo las pérdidas por conducción. Como consecuencia negativa a tener en cuenta, es la instalación menos segura, siendo necesaria una seguridad mayor.

Para asegurar la vida útil de la instalación, teniendo en cuenta la pérdida de eficiencia a lo largo de los años, sobredimensionamos nuestra instalación asegurándonos que nos proporcionara siempre la energía necesaria. Para ello aumentamos la potencia proporcionada por el generador fotovoltaico un 18% de la potencia nominal de nuestro inversor, puesto que la potencia máxima proporcionada por nuestro generador fotovoltaico será la del inversor. Se aumentará en 450 W la potencia del generador solar. Por lo tanto aumentamos en 2 módulos fotovoltaicos, teniendo un total de 11 módulos.

Además, al aumentar el número de módulos, nuestra tensión de entrada en el inversor seleccionado se acerca considerablemente a la tensión óptima de funcionamiento (400 V, dato del fabricante) asegurándonos el máximo rendimiento del aparato.

También, al aumentar el número de placas solares ampliamos el rango de horas de funcionamiento de nuestra instalación, puesto que llegaremos antes a la tensión mínima de servicio del inversor.

Aunque este sobredimensionamiento produzca un encarecimiento de la instalación, es relativamente insignificante comparado con los beneficios que nos proporciona, resultando una notable mejora.

Nuestro generador fotovoltaico estará formado por una rama de 11 módulos IBC PolySol 250 VM en serie.

4.5 . ACUMULADORES PLOMO-ÁCIDO.

Para las baterías se han escogido los acumuladores plomo-ácido de la gama Classic OPzSolar de bajo mantenimiento con electrolito líquido. Para el cálculo de la capacidad de la batería, hemos utilizado la fórmula:

$$\text{Capacidad batería} = \frac{E \times A}{DOD \times VS}$$

Ecuación 6: Cálculo capacidad batería.

El resultado para los dos consumos de diseño es:

VERANO			
CÁLCULO CAPACIDAD DE LA BATERÍA			
Capacidad batería (Ah)	724.026786	750	C100
Tensión nominal batería (V)	2		
Elementos	24		

Tabla 17: Cálculo capacidad batería Verano. Vivienda aislada.

INVIERNO			
CÁLCULO CAPACIDAD DE LA BATERÍA			
Capacidad batería (Ah)	617.776786	645	C100
Tensión nominal batería (V)	2		
Elementos	24		

Tabla 18: Cálculo capacidad batería Invierno. Vivienda aislada.

Siendo nuestra elección del acumulador la del caso más desfavorable, escogemos la batería comercial que más se aproxima al valor calculado con anterioridad, **724.03 Ah**, es:

OPzS Solar 765, con una capacidad en C100 de *750 Ah*.

Para alcanzar la tensión del sistema, *48 Voltios*, se necesitarán 24 elementos en serie

4.6. INVERSOR

El inversor es una pieza fundamental de nuestra instalación, es el encargado de recibir la corriente continua que generan los paneles fotovoltaicos y transformarla en corriente alterna monofásica para volcarla a la red, en este caso nuestra vivienda. Para nuestra instalación, hemos escogido la gama de productos de SMA, por considerarla la mejor del mercado.

Para el cálculo del inversor, hemos tenido en cuenta la tensión e intensidad máxima de entrada al inversor.

CÁLCULO DEL INVERSOR		INVERSOR SELECCIONADO	
Tensión de entrada (V)	334.4	180 V - 500 V /400	Rango tensión entrada
Intensidad de entrada (A)	8.81	15A	Intensidad máxima entrada

Tabla 19: Tabla cálculo del INVERSOR. Vivienda aislada.

Como vemos en el cuadro anterior, nuestra tensión es 334.4 V y, la tensión óptima de funcionamiento del inversor es 400 V, según dato de fabricante, aprovechando al máximo el rendimiento del inversor.

El inversor de la gama de SMA escogido y que más se aproxima a las condiciones de diseño es el **SunnyBoy 2500TL Single Track**.

Este inversor lleva incorporado protecciones tanto en la parte de continua como en la de alterna.

4.7. INVERSOR/CARGADOR

En nuestra instalación, hemos optado por un inversor-cargador, en lugar de la tecnología del regulador de carga, al considerarla más antigua. El inversor-cargador es un tipo de inversor más complejo que permite funcionar como cargador siempre que sea necesario. El inversor-cargador detecta cuando el nivel de carga de la batería baja, y permite cargarla mediante cualquier fuente de energía, en nuestro caso energía fotovoltaica.

Para la elección de nuestro inversor-cargador, debemos satisfacer la potencia de consumo instantánea de nuestra vivienda, sin tener en cuenta la potencia proporcionada por el inversor. Se ha estimado una potencia instantánea de 3000W, siendo el **Sunny Island 3.0 M** el primer modelo que cumple con nuestras exigencias.

4.8. CABLEADO

Generalmente los conductores serán de cobre y serán dimensionados para una intensidad 125% mayor de la nominal según la ITC_BT-40 punto 5 y mediante el criterio de caída de tensión, admitiendo un máximo de un 1.5% según la IDEA tanto en el tramo de CC como en el de CA.

Tanto el cableado de continua como el de alterna irán alojados en tubos o conductos de PVC sobre montajes superficiales o empotrados, según proceda.

Para el criterio de la intensidad máxima admisible se cumplirá lo especificado en la ITC_BT-19, teniendo en cuenta la Tabla 5.

4.8.1. CABLEADO CONTINUÚA

El cableado a partir del generador hasta el inversor los positivos y negativos irán separados e identificados con las correspondientes etiquetas y color identificativo según la normativa vigente, tal y como especifica la IDAE. Para este tramo utilizaremos cables específicos para estas instalaciones, hemos escogido '*Cables flexibles TOPSOLAR PV ZZ-F*', adecuado para la interconexión de los paneles y para conexión de los paneles al inversor.

Estos conductores cumplen con las normas de seguridad vigentes. Entraremos a la tabla de la misma forma que en el 'Capítulo 3'.

Para el cálculo de la sección, se ha dimensionado por el método de caída de tensión, con la ecuación 2:

$$S = \frac{200 \times \rho_{(\theta)} \times L \times I}{\varepsilon \times V}$$

Para el cálculo de la sección del cable de protección, se ha tenido en cuenta la ITC_BT-19, según la siguiente tabla 5.

Al realizar el cálculo de la intensidad a circular por cada tramo, se multiplicado por un coeficiente de seguridad, mayorando la intensidad un 25% para tener en cuenta cualquier pico de potencia. En la siguiente tabla se resume la longitud de cada tramo, sección calculada, sección de conductor seleccionado y el respectivo cable de protección.

TRAMO	LONGITUD	INTENSIDAD DE CORRIENTE DEL TRAMO	SECCIÓN DE CABLE CALCULADA	SECCIÓN DE CABLE SELECCIONADA	Sección cable de protección
Conexión con baterías	5	150	64.46875	70	35
Conexión con Inversor	20	11.0125	3.321460161	4	4

Tabla 20: Cálculo sección conductores de continua. Vivienda aislada.

Los tramos en que se proceda a ir bajo tubo en superficie, se tendrá en cuenta la ITC_BT-21. En la siguiente tabla encontramos una relación del diámetro del tubo dependiendo del número de conductores y su diámetro.

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

Tabla 21: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir.

Basándonos en la tabla anterior, para nuestros conductores unipolares seleccionamos el diámetro exterior de los tubos.

TRAMO	SECCIÓN DE CABLE SELECCIONADA (mm ²)	DIAMETRO DE TUBO (mm)
Conexión con baterías	70	40
Conexión con Inversor	4	16

Tabla 22: Cálculo diámetro de Tubo. Vivienda aislada,

4.8.2. CABELADO ALTERNA

La sección de los conductores será la calculada por el método de caída de tensión, siendo como mínimo de 6 mm² según la ITC_BT- 15. Los conductores serán de cobre con recubrimiento de XPLE, por considerarlo más seguro que el recubrimiento de PVC.

La fórmula utilizada para el cálculo de las secciones será la misma que para la continua, puesto que se supone un factor de potencia unitario, y la corriente alterna es monofásica.

En la siguiente tabla se resume la sección de los conductores calculados.

TRAMO	LONGITUD	INTENSIDAD DE CORRIENTE DEL TRAMO	SECCIÓN DE CABLE CALCULADA	SECCIÓN DE CABLE SELECCIONADA	Sección cable de protección
Inversor/Caja Derivación	5	13.58695652	1.2187	6*	6
Caja Derivación/ Inversor-cargador	5	23.91304348	2.1449	6*	6
Caja Derivación/ Consumo	20	37.5	8.9696	10	10
Inversor/ Inversor-cargador	10	13.58695652	2.4374	6*	6

Tabla 23: Cálculo sección conductores de alterna. Vivienda aislada.

*; La sección calculada no llega a la mínima requerida.

Para simplificar la instalación y mejorar la seguridad, escogemos para todos los tramos la sección de 10 mm^2 . Este aumento de sección encarecería el precio de la instalación, siendo esta subida de precio insignificante comparándola con el precio total de la instalación y los beneficios que nos aporta. Además, como veremos posteriormente, en algún tramo habríamos tenido que aumentar la sección del conductor al no disponer de protecciones que cumplieran con las ecuaciones 3 y 4, y por el consiguiente con el REBT.

4.9 . PROTECCIONES

En este punto vamos a seleccionar las protecciones para esta instalación fotovoltaica. Las protecciones utilizadas no van a ser las mismas para los tramos de continua como para los tramos de corriente alterna. Para ello utilizaremos fusibles, magnetotérmicos y seccionadores cuando sea necesario, puesto que para el cálculo de las protecciones se ha diferencia cada tramo como en el cálculo de la sección de los conductores, diferenciando también entre corriente alterna y corriente continua.

Para el cálculo de las protecciones se ha tenido en cuenta la ITC_BT-22 del REBT, y según la norma UNE 20-460 como en el capítulo '3.6 PROTECCIONES'

4.9.1. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

Para la protección de corriente continua vamos a diferenciar dos tramos. El primer tramo irá del generador fotovoltaico al inversor, y el segundo tramo irá de la bancada de baterías al inversor/cargador.

Generador fotovoltaico / inversor

Este tramo quedara protegido por 3 elementos. Un fusible, un descargador de tensiones, un interruptor-seccionador-

Protección frente a sobrecargas

Pondremos fusibles de tipo gG en la caja de protección de corriente continua a la salida del generador fotovoltaico, de forma que todo el tramo quedara protegido hasta llegar al inversor.

La intensidad nominal que circulara por el conductor será la intensidad máxima proporcionada por el generador fotovoltaico, multiplicada por un coeficiente de seguridad, aumentando un 25% la intensidad nominal.

Cada conductor unipolar estará protegido por un fusible de idénticas características eléctricas, tanto el de polaridad positiva como el de polaridad negativa.

Aplicando las fórmulas 3 y 4, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq 0.9 I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 11.0125 A$
- $I_Z = 38$

$$11.0125 \leq I_n \leq 34.2$$

Tendremos que escoger un fusible normalizado que tenga una intensidad de actuación que cumpla la anterior condición. El primer fusible del mercado que cumple esta condición sería un fusible con una I_n de 16 A, asegurándonos que el tramo queda protegido contra sobrecargas.

Protección a sobretensiones

En las instalaciones fotovoltaicas se suele instalar lo que se conoce como un descargador de tensiones, para poder derivar a tierra y descargar los picos de tensión en los cables conductores de la instalación debidos a descargas atmosféricas.

La tensión máxima de nuestra instalación será 334.4 V, por lo tanto escogeremos un descargador de tensiones con una tensión de funcionamiento mayor a la máxima de servicio.

Para sistemas fotovoltaicos se utilizan descargadores de sobretensión de Clase II. Por lo tanto escogeremos el modelo del mercado que se aproxime a nuestras necesidades. Nos hemos decantado por el descargador de sobretensiones modelo 2 - VAL-MS 600DC-PV/2+V-FM – 2800641.

Interruptor-seccionador

El interruptor-seccionador tendrá la función de aislar la instalación fotovoltaica para labores de mantenimiento correspondientes. El interruptor-seccionador que se escoja si procede deberá ser capaz de despejar una intensidad de 11.0125 A (mayorada un 25% para tener en cuenta posibles picos de intensidad) y una tensión máxima de servicio de 334.4 V .

No sería preciso instalar esta protección en nuestra instalación, puesto que nuestro inversor seleccionado lleva incorporado un mecanismo que aísla la parta de continua, y sería suficiente para llevar a cabo las labores de mantenimiento.

Baterías / Inversor-cargador

Para el segundo tramo de corriente continua, colocaremos una protección frente a sobrecarga para proteger la bancada de baterías. Para ello utilizaremos fusibles de tipo gG.

La intensidad máxima que circulara por el conductor será la intensidad máxima de descarga que puede proporcionar el Inversor-Cargador, mayorada en un 25% para tener un margen de seguridad en posibles picos de potencia.

Al igual que en el otro tramo de continua protegido por fusibles, cada conductor unipolar quedará protegido por un fusible de idénticas características eléctricas, tanto el de polaridad negativa como positiva.

Aplicando las ecuaciones 3 y 4, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq 0.9 I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 143\text{ A}$
- $I_Z = 224$

$$143 \leq I_n \leq 202$$

Para poder cumplir la condición anterior debemos escoger un fusible con la intensidad de actuación adecuada. Hemos escogido un fusible con una I_n de 200 A , asegurándonos que el tramo queda protegido contra sobrecargas. Podemos ver como la intensidad de actuación del fusible esta cerca de la máxima permitida para que se cumpla la condición que asegura la protección de la línea. La podemos dar por buena, puesto que hemos mayorado la intensidad máxima de circulación en un 25%. En el caso de que no se hubiera cumplido, se debería de haber aumentado la sección del conductor.

4.9.2. PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA

Para la protección de corriente alterna tenemos dos tramos, los conductores que salen del inversor, y los que salen del inversor-cargador. En los dos colocaremos un Pequeño Interruptor Automático para proteger la línea a sobrecargas.

Salida del Inversor

La intensidad nominal que circulara por el conductor será la intensidad máxima que puede proporcionar nuestro Inversor.

Aplicando nuevamente las ecuaciones 3 y 4 adaptadas para PIA normalizados, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 11 A$
- $I_Z = 50 A$

$$11 \leq I_n \leq 50$$

Al haber sobredimensionado el conductor de alterna, en este tramo tenemos una amplia diferencia entre la intensidad de circulación y la intensidad admisible por el conductor. En este caso escogemos un PIA con una I_n de 40 A.

Salida del Inversor-Cargador

La intensidad nominal que circulara por el conductor será la intensidad máxima que puede proporcionar nuestro Inversor-Cargador.

Aplicando las fórmulas correspondientes adaptadas para PIA normalizados, tenemos:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Siendo:

- $I_B = 24 A$
- $I_Z = 50 A$

$$11 \leq I_n \leq 50$$

Para este tramo también escogeremos un PIA con una I_n de 40 A.

El tramo de corriente alterna restante se correspondería con la línea de acometida de la vivienda, donde la intensidad máxima de circulación sería la suma de las dos intensidades de los otros tramos de corriente alterna. Esta protección se tendrá en cuenta en el capítulo 5.

Hemos obviado la instalación de la protección diferencial, puesto que los tramos de alterna y la aparatación eléctrica se encuentran en una habitación cerrada con ventilación, donde será manejado por personal especializado.

4.10 Puesta a tierra (PAT)

En una instalación fotovoltaica, según la normativa vigente del REBT y la IDEA, para mantener la seguridad de la instalación y de las personas, se deberán conectar a tierra todas las masas de la instalación, los marcos metálicos de los módulos fotovoltaicos y los anclajes se conectaran a tierra, puesto que tenemos una tensión de funcionamiento mayor a 48 V.

Al igual que en el capítulo '3.7. PUESTA A TIERRA', de la instalación fotovoltaica aislada de la red, la resistencia de puesta a tierra deberá ser tal, que permita la rápida eliminación de la falta, sin que se supere la tensión de contacto superior a 24 V, puesto que en este caso se considera una zona húmeda al estar en la intemperie.

Aplicando la ecuación 5, la resistencia a tierra no debería ser superior a 80Ω , para garantizar que las tensiones de contacto en los soportes de los módulos sea superior a 24 V.

Nuestra pat de la vivienda calculada en el 'capítulo 5.4', donde se entra un poco más en detalle, está formada por 1 pica vertical de Cobre de 14 mm y de 2 m de largo, y 30 m de cable de Cobre desnudo de 35 mm^2 , con una R_t de 17.65 Ohmios.

Por lo tanto tenemos que: $R_t = 17.65 \leq 80 \text{ Ohmios}$

Obteniendo el mismo resultado que en el capítulo citado anteriormente.

CAPÍTULO 5: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA

La instalación eléctrica de la casa la forma una distribución unifilar desde la línea de acometida, en nuestro caso será la línea proveniente de la instalación fotovoltaica, hasta cada punto de consumo de la casa, pasando por el cuadro general de protección.

5.1 . CONDICIONES DE DISEÑO

Grado de electrificación

Para saber el número de derivaciones y el grado de electrificación de nuestra vivienda, aplicaremos la ITC_BT-25.

Según el número de circuitos independientes, nuestra vivienda será de electrificación elevada o de electrificación básica.

Este último grado de electrificación, debe cubrir las necesidades primarias sin necesidad de obra posterior. Los circuitos independientes que forman parte de la baja electrificación son:

- C1: Circuito destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- C2: Circuito destinado para tomas de corriente de uso general y frigorífico.
- C3: Circuito destinado para alimentar cocina y horno.
- C4: Circuito destinado para alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Este circuito se puede desglosar en 3 más, con un PIA para cada electrodoméstico.
- C5: Circuito destinado para alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño y las bases auxiliares del cuarto de cocina.

En el caso de que la vivienda tenga una previsión importante de aparatos electrodomésticos que obligue a instalar un circuito adicional de los descritos previamente, así como si cuenta con calefacción eléctrica, aire acondicionado o superficies útiles superiores a 160 m^2 , se instalará un circuito adicional según proceda, además de los descritos anteriormente, pasando a ser una vivienda de electrificación elevada. En nuestra vivienda, sería necesario añadir un circuito adicional, puesto que disponemos de aire acondicionado, aumentando el grado de electrificación. Nuestro circuito adicional sería:

- C9: Circuito destinado a la instalación de aire acondicionado.

Las características eléctricas de los circuitos se resumen en la siguiente tabla de la ITC_BT-25.

CIRCUITO DE UTILIZACIÓN	Potencia prevista por toma (W)	F _s	F _u	Tipo de toma	IA (A)	Max puntos de utilización	Sección mínima (mm ²)	Tubo o conducto Diámetro (mm)
C1 Iluminación	200	0.75	0.5	Punto de Luz	10	30	1.5	16
C2 Tomas de uso general	3450	0.2	0.25	Base 16 A 2p+T	16	20	2.5	20
C3 Cocina y horno	5400	0.5	0.75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C4 Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3450	0.66	0.75	Base 16 A 2p+T	20	3	4	20
C5 Baño, cuarto de cocina	3450	0.4	0.5	Base 16 A 2p+T	16	6	2.5	20
C9 Aire acondicionado	5750	***	***	***	25	***	6	25

Tabla 24: Características eléctricas de los circuitos.

*Fs: Factor de simultaneidad.

*Fu: Factor de utilización.

*IA: Interruptor Automático.

Puntos de utilización

Los puntos mínimos de utilización de cada estancia de la vivienda, según el punto 4 de la ITC-BT-25, se resumen en la siguiente tabla.

Estancia	Circuito	Mecanismo	nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	pulsador timbre	1	
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz Interruptor 10.A	1	---
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
Sala de estar o Salón	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
Dormitorios	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado al entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	---
Baños	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	---
	C ₅	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Pasillos o distribuidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor/Conmutador 10 A	1	uno cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Cocina	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C ₅	Base 16 A 2p + T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo
	C ₈	Toma calefacción	1	---
Terrazas y Vestidores	C _{1a}	Base 16 A 2p + T	1	secadora
	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

Tabla 25: Puntos de utilización.

En el mapa 3, podemos ver la distribución de los puntos de luz de la vivienda.

5.2 . CONDUCTORES

El diseño de los conductores se ha hecho según la ITC-BT-19. El material conductor que se empleará será Cobre con recubrimiento de PVC con nivel de aislamiento 450/750 V UNE: H07V-K. Este material ofrece mejores condiciones eléctricas y mecánicas que el otro material disponible, el aluminio.

El dimensionamiento de cada circuito interno, se ha hecho con el programa 'Dmelect 2009'. A continuación se adjunta una tabla resumen del cableado de cada línea. En el ANEJO I, podemos encontrar los cálculos desarrollados.

Denominación	P.Cálculo	Dist.Cálc	Sección	I.Cálculo	I.Admi..	C.T.Parc.	C.T.Total	Dimensiones (mm)
	(W)	(m)	(mm ²)	(A)	(A)	(%)	(%)	Tubo, Canal, Band.
DERIVACION IND.	5500	5	2x10+TTx10Cu	23.91	50	0.21	0.21	32
Agrup. 1	4267.21	0.3	2x6Cu	18.55	40	0.02	0.02	
C1 Alumbrado	268.2	101.58	2x2.5+TTx2.5Cu	1.17	21	2.83	2.84	20
C9 Aire Acondic	5750	25	2x6+TTx6Cu	25	36	1.85	1.87	25
C5 TC Baño, Cocina	3680	20	2x2.5+TTx2.5Cu	16	21	2.3	2.31	20
Agrup. 2	5324	0.3	2x6Cu	23.15	40	0.02	0.02	
C2 TC Generales	3450	20	2x2.5+TTx2.5Cu	15	21	2.28	2.3	20
C4 Lavad, Lavav.	4600	25	2x4+TTx4Cu	20	27	2.24	2.26	20
C3 Cocina, Horno	4050	25	2x6+TTx6Cu	17.61	36	1.8	1.82	25

Tabla 26: Cálculo sección conductores. Instalación Eléctrica de la vivienda.

*Las distancias de cálculo se ha escogido la distancia más desfavorable en cada caso.

5.3 . PROTECCIONES

Las protecciones que se utilizaran en la instalación eléctrica de la vivienda, serán aquellas que garanticen la protección de la instalación y de las personas. Para ello utilizaremos Interruptores Diferenciales, para proteger la integridad física de las personas, y Interruptores Automáticos o Pequeños Interruptores Automáticos (PIA), que despejaran cualquier intensidad de cortocircuito.

SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITO

A continuación se detalla una tabla resumen sobre cada línea, que protección se utilizará, para la protección frente a sobrecarga y cortocircuito

Denominación	Longitud	Sección	IpccI	P de C	IpccF	tmcicc	tficc	Lmáx	Curvas válidas
	(m)	(mm ²)	(kA)	(kA)	(A)	(sg)	(sg)	(m)	
DERIVACION IND.	5	2x10+TTx10Cu	12	50	3600.41	0.1	0.019	156.12	40
Agrup. 1	0.3	2x6Cu	7.23		3459.64	0.04			
C1 Alumbrado	101.58	2x2.5+TTx2.5Cu	6.95	10	102.62	7.85			10;C
C9 Aire Acondic	25	2x6+TTx6Cu	6.95	10	797.96	0.75			25;C
C5 TC Baño, Cocina	20	2x2.5+TTx2.5Cu	6.95	10	466.14	0.38			16;C
Agrup. 2	0.3	2x6Cu	7.23		3459.64	0.04			
C2 TC Generales	20	2x2.5+TTx2.5Cu	6.95	10	466.14	0.38			16;C
C4 Lavad,Lavav,Term	25	2x4+TTx4Cu	6.95	10	575.4	0.64			20;C
C3 Cocina, Horno	25	2x6+TTx6Cu	6.95	10	797.96	0.75			25;C

Tabla 27: Cálculo protecciones sobrecargas y cortocircuito. Instalación Eléctrica de la vivienda.

PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Según la ITC-BT-25, una protección diferencial protegerá como máximo a 5 circuitos internos, por ello, se ha hecho dos agrupaciones. En las dos agrupaciones se utilizará un Interruptor Diferencial Bipolar de Intensidad 40 A y 30 mA de sensibilidad.

5.4 . PUESTA A TIERRA (*pat*)

Según la ITC-BT-18, se define Puesta a Tierra (*pat*) como la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no pertenecientes al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Los objetivos principales de una *pat* serían:

- Evitar que aparezcan diferencias de potencial demasiado elevadas.
- Permitir el paso de cualquier corriente de defecto a tierra.
- Asegurar la actuación de las protecciones diferenciales.

Se supondrá que nuestra *pat* será independiente de las otras puestas a tierra de alrededor, puesto que no conocemos los datos ni la disposición de las mismas.

La máxima resistencia de puesta a tierra será aquella que en cualquier época del año, no se puedan dar tensiones de contacto mayores a 50 V para lugares secos y locales no conductores, y de 24 V para locales conductores y zonas húmedas.

Según el cálculo realizado, se instalará 1 pica vertical de Cobre de 14 mm y de 2 m de largo, y 30 me de cable de Cobre desnudo de 35 mm^2 . Obteniendo una resistencia de puesta a tierra de 17.65 Ohmios.

CAPÍTULO 6: ESTUDIO LUMÍNICO

En este apartado se va a calcular la luminaria necesaria para garantizar un mínimo de iluminancia para la realización óptima de la actividad que se realiza en cada estancia. Puesto que esta parte no es el verdadero objetivo, solo se ha hecho el estudio de una parte de la vivienda, 'el comedor', por suponer la habitación de mayor interés de la vivienda, y ser la que más horas habitables llega a tener, en comparación con las demás.

Para el cálculo, se ha utilizado el programa gratuito informático 'Dialux Evo 5.0', donde hemos podido recrear la habitación en 3D y se ha podido hacer una simulación lumínica de la estancia.

6.1 NIVEL DE ILUMINACIÓN

Debemos establecer un mínimo de iluminancia para la estancia del comedor, y sus respectivas zonas. Según la norma UNE 41500, establece unos niveles recomendados de iluminación, según la tarea que se vaya a realizar. Estos niveles se resumen en la siguiente tabla.

Nivel de iluminación (lux)	Características del espacio
20	Espacios exteriores.
50	Interiores visitados con poca frecuencia, sin percepción de detalles.
100	Interiores visitados ocasionalmente, con tareas visuales confinadas al movimiento y una pequeña percepción de detalles.
150	Interiores visitados ocasionalmente, con tareas visuales requiriendo percepción de detalles o bien con riesgo para personas.
200	Interiores continuamente ocupados, con tareas visuales sin percepción de detalles.
300	Interiores continuamente ocupados, con tareas visuales sencillas (detalles grandes o con contraste).
500-1000	Interiores con tareas visuales difíciles, indispensable fina distinción de detalles.
>1000	Interiores con actividades que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste extremadamente difíciles.

Tabla 28: Niveles de iluminación según UNE 41500.

Podemos establecer los siguientes niveles de iluminación para las distintas zonas de la casa, basándose en algunas casas comerciales donde nos dan tablas con los luxes recomendados y en la tabla anterior.

ZONAS DE LA CASA	ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO (LUX)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
DORMITORIOS	100	150	200
CUARTOS DE ASEO	100	150	200
COMEDOR/CUARTO DE ESTAR	200	250	300
COCINA	100	150	200
CUARTOS DE TRABAJO/ESTUDIO	300	500	750

Tabla 29: Niveles de iluminación para las distintas zonas de la casa.

Nuestras necesidades según las tareas que se van a realizar, necesitaríamos un nivel de iluminación de 100 lux como mínimo y de 300 lux como máximo.

Algunas zonas se podría dar como valido un mínimo de 50 lux, debido a la actividad que se desarrollaría.

En nuestra estancia de estudio, podemos diferenciar 3 zonas diferentes, donde se realizara diferentes actividades y en diferente frecuencia. Estas zonas serían, según se ha especificado en el programa informático:

- Mesa redonda; es la zona de utilización diaria, donde la utilizaríamos para comer.
- Mesa grande; zona de utilización con menos frecuencia, solo en ocasiones concretas.
- Sofás; esta es la zona del cuarto de estar, donde las actividades que se realizan es ver la TV. En esta zona hemos diferenciado dos luminarias, una de uso más frecuente, conectada a una toma eléctrica, que sería la lámpara de pie. Y otra de uso casual, las luces empotradas en el techo.

6.2 . DISEÑO DEL ALUMBRADO

En este apartado procedemos al diseño del alumbrado. Para ello se hace un diseño previo, escogiendo que tipo de luminaria se instalará, que tipo de distribución de luz nos interesa y como se distribuirán las luminarias.

Distribución luminosa

Primero, deberemos tener claro qué tipo de distribución de luz nos interesa según la zona donde vaya a ser instalada y que utilidad le vamos a dar. Para ello escogeremos la forma lumínica que más se adapte de las siguientes figuras, extraídas de LUMsearch.

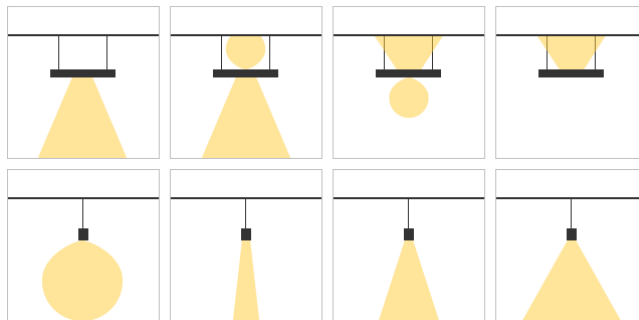


Ilustración 13: Tipos de distribución luz. (Fuente: LUMsearch).

Podemos ver de izquierda a derecha en la primera fila de distribuciones luminosas: rectangular directa, rectangular casi directa, rectangular casi indirecta, rectangular indirecta.

En la segunda fila, también de izquierda a derecha: difundida, spot angosto directo, spot medio directo, spot ancho directo.

Se utilizaran lámparas con distribución luminosa de spot medio directo, rectangular directa.

Fuente de luz

Se deberá escoger la fuente de la luz de la luminaria que queremos instalar. Disponemos de tres tipos de fuentes de luz: incandescente, lámparas de descarga (fluorescentes...) o de tipo LED. Nos decantamos directamente por las luminarias de tipo LED, por ser las que menos consumen, y en nuestra instalación es el criterio de más peso para escogerlas. Aun así, dan buen rendimiento cromático y tienen una vida útil muy superior a las demás lámparas.

6.1.1. LUMINARIAS ESCOGIDAS.

Teniendo claro el tipo de lámpara y luminaria que queremos, procedemos a realizar el cálculo en el programa informático Dialux. La distribución de las luminarias se ha realizado de forma manual, sin utilizar la distribución automática del programa informático. Los criterios para validar si la zona cumple o no los requisitos de iluminancia mínima han sido a criterio propio y experiencia propia, debido al uso y ambiente de la estancia de estudio/diseño, utilizando siempre los niveles recomendados por la norma UNE 41500. A continuación, podemos ver los resultados de las distintas zonas de la estancia seleccionada para el cálculo.

- *Mesa de Diario.*

En esta zona, se ha seleccionado una luminaria con spot medio directo, para abarcar el máximo la mesa, que es la zona considerada de trabajo. La altura considerada para la zona de trabajo es de 0.9 m. La luminaria escogida para esta zona es :

LEDS-C4 00-2018-14-F9 DROP
Emisión de luz 1
Lámpara: 1xACT-FLL-050
Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
Flujo luminoso de lámparas: 567 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 567 lm
Potencia: 7.0 W
Rendimiento lumínico: 81.0 lm/W

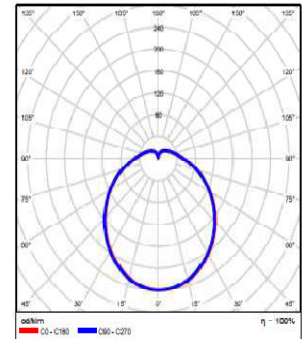


Ilustración 14: Luminaria empleada en la 'Mesa de Diario'.

Las curvas lumínicas de la zona de trabajo:

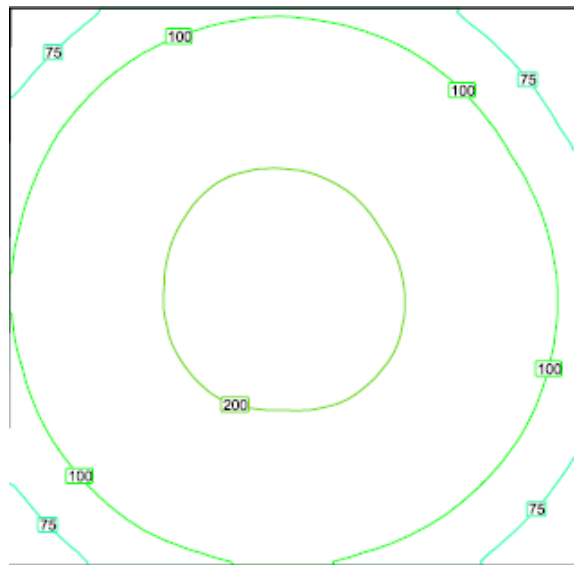


Ilustración 15: Curvas isolux de la 'Mesa de diario'.

Iluminación media: 137 lux

Iluminación máxima: 253 lux

Luminarias: 1

- *Mesa larga*

Para esta zona se ha seleccionado una luminaria con una distribución luminosa rectangular directa, puesto es la que más se acercaba a la forma de la zona de trabajo. La altura considerada para la zona de trabajo es de 0.9 m. La iluminación requerida es entre 300-400 lux, puesto que es una zona de uso esporádico y de mayor exigencia debido a la importancia del uso.

LEDS-C4 00-4424-21-M3 LEDAGGIO
Emisión de luz 1
Lámpara: 1xLEDS_ledagio18W
Grado de eficacia de funcionamiento: 99.85%
Flujo luminoso de lámparas: 1091 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 1089 lm
Potencia: 18.0 W
Rendimiento lumínico: 60.5 lm/W

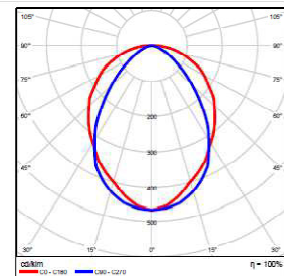
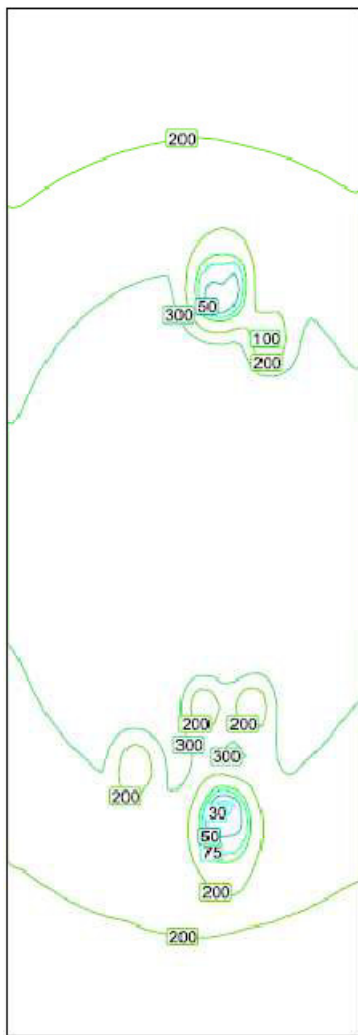


Ilustración 16: Luminaria empleada en la 'Mesa larga'.

Las curvas lumínicas de la zona de trabajo:



Iluminación media: 259 lux

Iluminación máxima: 415 lux

Luminarias: 1

Ilustración 17: Curvas isolux de la 'Mesa larga.

Las curvas isolux de valores inferiores a la iluminación media son debidas a objetos de decoración encima de la mesa. Estos valores no los tenemos en cuenta, puesto que este tipo de objeto suele variar y no influye en el correcto desarrollo de la actividad.

- Sofás

En esta zona de estudio, hemos diferenciado dos usos diferentes.

En el primer uso, consideramos una iluminación entre 100-200 lux. La zona de trabajo se considera 'Chill Out', donde la exigencia visual es baja. La altura de la zona de trabajo para el cálculo se considera de 0.5 m. La luminaria escogida es de spot ancho directo:

LEDS-C4 00-0001-BW-M3 CIRC
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 2223 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 2223 lm
 Potencia: 10.0 W
 Rendimiento lumínico: 222.3 lm/W

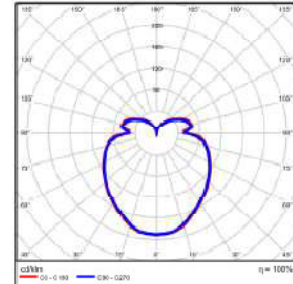


Ilustración 18: Luminaria 1 empleada en la sala de estar ('sofás').

Las curvas lumínicas de la zona de trabajo:

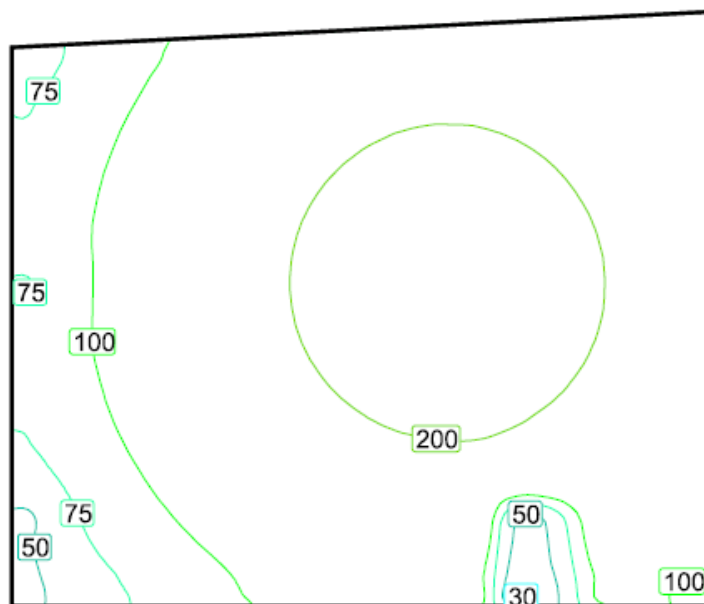


Ilustración 19: Curvas isolux 'sofás'. Luminaria 1.

Iluminación media: 149lux

Iluminación máxima: 252 lux

Luminarias: 1

Las curvas isolux de valores muy inferiores a la iluminación media, son debidos a la presencia de objetos y muebles, que no afectan en el desarrollo de la actividad.

El segundo uso que se le da a esta zona de trabajo, se necesita una exigencia visual mínima, puesto que será una luminaria para acompañar en actividades televisivas o cinéfilas.

La luminaria seleccionada es una lámpara de pie, conectada a un enchufe. La distribución lumínica de la lámpara seleccionada es de spot casi indirecto, buscando iluminación indirecta.

LEDS-C4 25-4340-21-20 GEORGIA
Emisión de luz 1
Lámpara: 1xTC-DSE 15W, 1xTC-DSE 15W, 1xTC-DSE 15W
Grado de eficacia de funcionamiento: 82.86%
Flujo luminoso de lámparas: 2700 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 2237 lm
Potencia: 69.0 W
Rendimiento lumínico: 32.4 lm/W

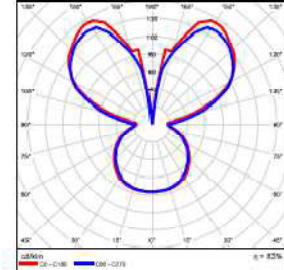


Ilustración 20: Luminaria 2 empleada en la sala de estar ('sofás').

Las curvas isolux de la zona de trabajo con esta luminaria son:

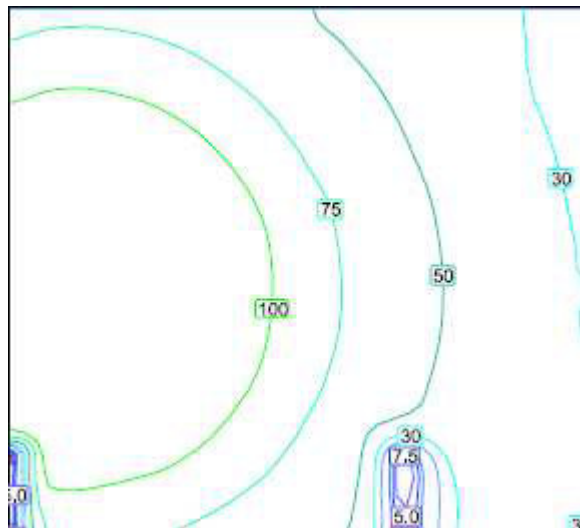


Ilustración 21: Curvas isolux 'sofás'. Luminaria 2.

Como ha ocurrido antes, los valores de las curvas isolux inferiores a la iluminación media, son debidos a muebles que no interfieren en la realización de la actividad.

Iluminación media: 78 lux

Iluminación máxima: 173 lux

Luminarias: 1

Si se realiza alguna actividad no prevista con mayor exigencia visual en esta zona de trabajo, se pueden combinar las dos luminarias anteriores, aumentando la intensidad lumínica.

CAPÍTULO 7: AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

En este capítulo, se hace un rápido diseño de una instalación solar térmica para ACS. Nos hemos decantado por este sistema, puesto que es la forma más eficiente, y no tendría sentido utilizar la energía eléctrica del sistema fotovoltaico para conseguir Agua Caliente Sanitaria, pudiendo disponer de espacio suficiente para las placas termosolares.

Puesto que no es el principal objetivo del TFG, no se entrara en detalle del diseño y cálculo. Por ello nos hemos apoyado por un pack comercial de una marca reconocida.

7.1. INTRODUCCION

Estas instalaciones solares en viviendas unifamiliares son muy pequeñas y de fácil instalación. En el mercado existen numerosas marcas comerciales de sistemas o kits de este tipo, donde ya vienen con todo el equipamiento necesario para su instalación y rápido funcionamiento. Para ello se ha escogido la gama HELIOSET de la marca Saunier Duval. Esta marca tiene una gran variedad de packs, permitiendo abarcar una gran variedad de posibilidades.

La gama HELIOSET, es una instalación con un grupo hidráulico integrado, donde el depósito de acumulación se instala en el interior de la vivienda. Este sistema utiliza una bomba que impulsa agua desde la vivienda a los paneles solares, donde el líquido solar absorbe la energía solar y calienta el agua.

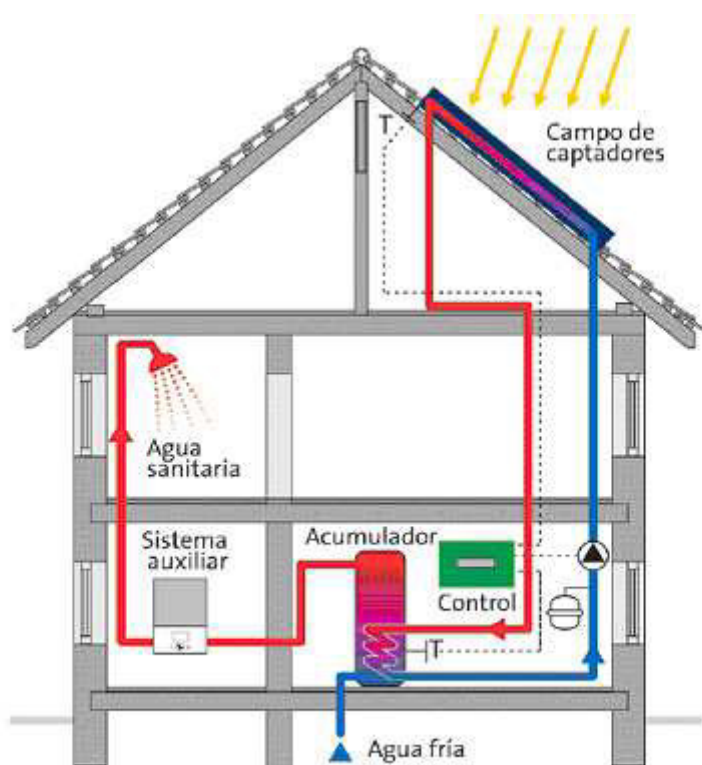


Ilustración 22: Esquema instalación captador solar con acumulador en el interior de la vivienda. (Fuente: Catálogo comercial).

En estas instalaciones se puede colocar un equipo auxiliar, para mejorar el confort o ayudar en caso de ser necesario.

7.2 . CONDICIONES DE DISEÑO

La demanda de ACS para instalaciones unifamiliares a una temperatura de 60°C, es según el Código Técnico de la Edificación (1) es de 30 l/día por ocupante. La vivienda está compuesta por 3 habitaciones y 4 personas. Por lo tanto se necesitaría 150 l/día en total.

7.3 . ELECCIÓN DEL SISTEMA PARA ACS

El fabricante nos proporciona unas tablas, que nos permite seleccionar de forma más rápida y sin cálculos el producto que más se adapta a nuestras necesidades.

Estas tablas según el fabricante se han realizado según el Código Técnico de la Edificación, tomando como bases del cálculo un consumo de ACS de 30 litros por persona y día. También se han tenido en cuenta las pérdidas por acumulación y distribución y una inclinación de captadores a 45º orientados al sur.

Zona geográfica CTE	1				2				3				4				5			
Nº de dormitorios	2	4	6	9	2	4	6	9	2	4	6	9	2	4	6	9	2	4	6	9
HELIOSET 150	x	x			x	x	x		x				x				x			
HELIOSET 250			x	x			x		x	x	x		x	x			x	x		
HELIOSET 350																x				x
Nº de captadores	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	3	1	2	2	3

Tabla 30: Selección sistema captador solar. (Fuente: Catálogo comercial).

Podemos observar en la tabla, que nuestro número de dormitorios no corresponde en ninguna columna, pero teniendo en cuenta que viven 5 personas, escogemos la columna de ‘6 dormitorios’. Por lo tanto escogeremos el ‘Helioset 250’ con 2 captadores.

De la serie de kits de ‘Helioset 250’, escogeremos la gama Helioset 250 E. Esta gama incorpora una resistencia eléctrica de 2 KW como apoyo y de uso esporádico, que nos garantizaría el suministro de ACS en caso de fallo. Este sistema de apoyo, solo se podría utilizar en zonas donde con un aporte importante de energía solar, como es nuestro caso.

El kit HELIOSET 250 E está formado por:

- 2 captadores solares SRDV 2.3
- Acumulador solar de 250 L con un serpentín.
- Resistencia eléctrica de 2 KW.
- Grupo hidráulico (incorporado en el depósito solar).
- 3 sondas de temperatura.
- Válvula de seguridad solar y ACS.
- Llave de llenado.
- Llave de vaciado.
- Líquido solar.
- Accesorios de montaje.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

En el TFG se ha podido diferenciar dos partes principales: Instalación Fotovoltaica en una vivienda unifamiliar e Instalación eléctrica de una vivienda unifamiliar.

En la instalación fotovoltaica se ha supuesto dos casos totalmente diferentes para la misma vivienda de estudio o diseño. Las condiciones de diseño, la normativa a cumplir y los requisitos de las instalaciones son diferentes. En el primer caso, la vivienda contaba con el apoyo de la red eléctrica de distribución y, en el segundo caso la vivienda se ha supuesto aislada de la red. Este hecho ha supuesto una diferencia económica importante en el diseño de la instalación, siendo la presencia de acumuladores plomo-ácido, la principal causa del aumento considerable del presupuesto. Además, de los aparatos eléctricos que hacen falta para el funcionamiento de la parte de la instalación de los acumuladores, siendo estos de un coste elevado.

El otro hecho que encarece la instalación fotovoltaica aislada de la red, ha sido las condiciones del cálculo para el generador solar, puesto que se ha dimensionado para el caso más desfavorable, asegurándonos suficiente producción de energía para cualquier época del año. Si lo comparamos con la vivienda conectada a red, no se ha dimensionado el generador solar para el caso más desfavorable, puesto que contamos con la red eléctrica, que nos suministrará en los momentos más desfavorables. De esta forma, tendremos momentos de exceso de energía (que se vendería a la compañía eléctrica), y momentos en los que se consumiría de la red, siendo el balance del año positivo, produciendo la misma cantidad de energía que la consumida, siendo el número necesario de módulos fotovoltaicos, menor que los necesarios para la vivienda aislada de la red.

Como posible mejora para la instalación fotovoltaica conectada a la red, se hubiera podido instalar un nuevo tipo de inversor: un *microinversor*. Este tipo de inversor se instala por cada módulo fotovoltaico, estando limitado el número total de microinversores, siendo muy rentable para instalaciones fotovoltaicas pequeñas. Con la placa adecuada para el microinversor, se puede conseguir un importante rendimiento de la instalación, con el mismo coste que utilizando un inversor. Este tipo de instalaciones se está popularizando por Europa, por la sencillez y el bajo precio de instalación.

En el diseño de la instalación eléctrica de la vivienda, no se ha podido variar mucho respecto a otra vivienda. En este tipo de instalación, al ser tan sencilla, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión es muy claro y específico. Se ha realizado un diseño teniendo en cuenta posibles aumentos en la potencia de los electrodomésticos, no limitando la instalación a los electrodomésticos utilizados para el cálculo del consumo.

Respecto a las otras partes del TFG, se ha podido experimentar como sería una simulación lumínica con un programa de cálculo específico como el 'Dialux', para poder alcanzar el nivel de luminosidad necesaria. Siendo esta parte, un trabajo muy tedioso.

A lo largo del TFG se han adquirido conocimientos de la energía solar, y el dimensionado de generadores fotovoltaicos, tanto en sistema de acumulación como conectados a red. También se ha reforzado los conocimientos de instalaciones eléctricas y de cálculo lumínico adquiridos en la asignatura 'Tecnología Eléctrica'.

CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del proyecto se han utilizado las siguientes fuentes:

- Libro: “**Tecnología eléctrica**”. Editorial ‘Sintesis’, de José Roldán Vilorio.
- Libro: “**Instalaciones eléctricas para la vivienda**”. Paraninfo Thomson, de José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán Porta.
- Libro: “**Electricidad Solar. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos**”. Progensa, 1994. De Eduardo Lorenzo
- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.:*
http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_itcs.aspx
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- <http://www.miguelez.es/index.php/Productos>
- www.idae.es
- <http://www.dial.de/DIAL/es/dialux.html>
- Catálogos comerciales de SMA: <http://www.sma-iberica.com/es.html>
- Documento de HE4 del Código Técnico de la Edificación
- Catálogos comerciales de Saunier Duval: http://www.saunierduval.es/para-el-usuario/index.es_es.html
- Catálogos comerciales de SCHNEIDER ELECTRIC ESPAÑA.
- Catálogos comerciales de ABB GROUP.
- http://rimaluz.com/niv_vivienda.html
- Generador de precios CYPE: <http://www.generadordeprecios.info/>

DOCUMENTO N°2: ANEJOS

ANEJO I: CÁLCULOS

1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Fórmulas

Emplearemos las siguientes:

Sistema Monofásico:

$$I = \frac{Pc}{U \cdot \cos\varphi \cdot R} \text{ (A)}$$

Ecuación 7

$$e = \left(\frac{2 \cdot L \cdot Pc}{k \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} \right) + \left(\frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \operatorname{sen}\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos\varphi} \right) \text{ (V)}$$

Ecuación 8

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Watios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia.

R = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = N° de conductores por fase.

Xu = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = \frac{1}{\rho}$$

Ecuación 9

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)]$$

Ecuación 10

$$T = T_0 + \left[(T_{max} - T_0) \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2 \right]$$

Ecuación 11

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T .

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T .

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1.45 I_Z$$

Donde:

I_b : intensidad utilizada en el circuito.

I_z : intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.

I_n : intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.

I_2 : intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I_2 se toma igual:

- a la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores

automáticos (1,45 In como máximo).

- a la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 In).

Fórmulas Cortocircuito

$$I_{pccI} = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Ecuación 12

Siendo,

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U : Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en $m\Omega$, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{pccF} = \frac{C_t \cdot U_F}{2 \cdot Z_t}$$

Ecuación 13

Siendo,

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en $m\Omega$, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

* La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Ecuación 14

Siendo,

R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n \quad (m\Omega)$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (m\Omega)$$

R : Resistencia de la línea en $m\Omega$.

X: Reactancia de la línea en $m\Omega$.

L: Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en mm^2 .

X_u : Reactancia de la línea, en $m\Omega$ por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$t_{mcc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pcc} F^2}$$

Ecuación 15

Siendo,

t_{mcc} : Tiempo máximo en segundos que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S: Sección de la línea en mm^2 .

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$t_{ficc} = \frac{cte. fusible}{I_{pcc} F^2}$$

Ecuación 16

Siendo,

t_{ficc} : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = \frac{0.8 \cdot U_F}{2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{\left(\frac{1.5}{K \cdot S \cdot n}\right)^2 + \left(\frac{X_u}{n \cdot 1000}\right)^2}}$$

Ecuación 17

Siendo,

L_{max} : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm^2)

X_u : Reactancia por unidad de longitud ($m\Omega/m$). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

* Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B	IMAG = 5 I_n
CURVA C	IMAG = 10 I_n
CURVA D Y MA	IMAG = 20 I_n

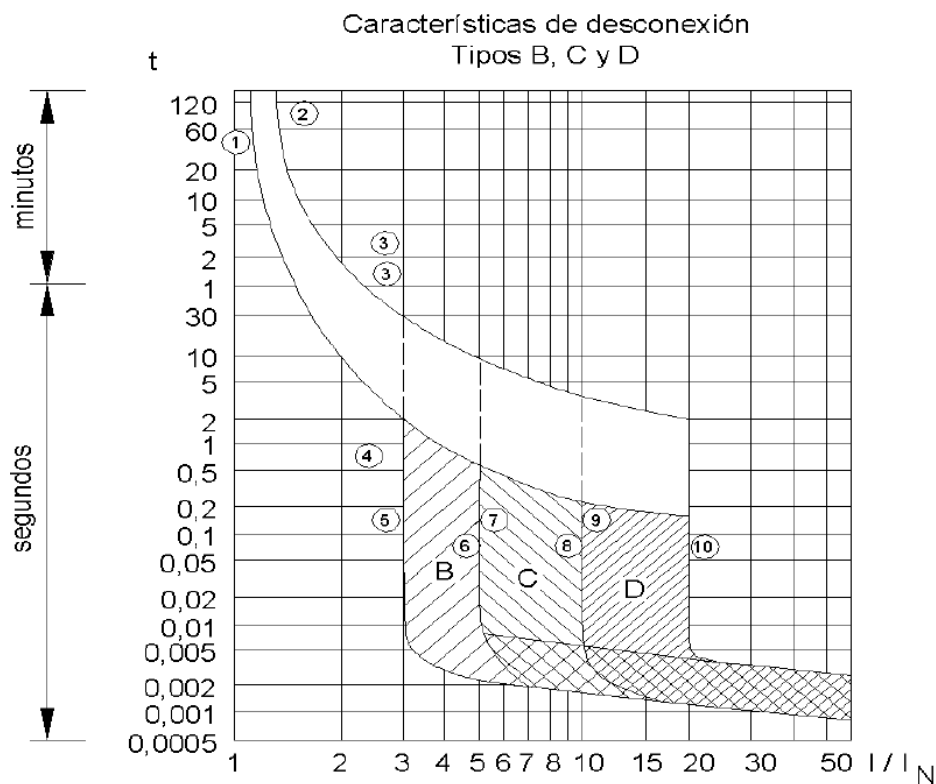


Ilustración 23: Curvas características de disparo de IA.

A continuación se desarrolla la justificación de cálculos referente a los circuitos de las instalaciones interiores, para cada uno de los cuadros de mando y protección:

CUADRO DE MANDO Y PROTECCION.

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia máxima admisible: 9200 W.
- Potencia de cálculo: 5500 W.

$$I=5500/230 \times 1=23.91 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 50 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.86

$$e(\text{parcial})=2 \times 5 \times 5500 / 50.26 \times 230 \times 10=0.48 \text{ V.}=0.21 \%$$

$$e(\text{total})=0.21\% \text{ ADMIS (1\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

Fusibles de Seguridad Centralización: 40 A.

I. Mag. Bipolar Int. 40 A.

Cálculo de la Línea: Agrup. 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 9579 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
4267.21 W.(Coef. de Simult.: 0.44)

$$I=4267.21/230 \times 1=18.55 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 46.45

$$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 4267.21 / 50.34 \times 230 \times 6 = 0.04 \text{ V.} = 0.02 \%$$

$$e(\text{total})=0.02\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: C1 Alumbrado

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 101.58 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8
Longitud(m)	2.5	3.8	3.8	3.9	5.3	7.2	4.4	6.66
P.des.nu.(W)	10	10	18	7	12	10	7	7
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0	0

Tramo	9	10	11	12	13	14	15
Longitud(m)	6.1	7	7	6	10	13.66	14.26
P.des.nu.(W)	7	7	7	10	10	20	7
P.inc.nu.(W)	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 31: Consumo en ruta C1 Alumbrado.

- Potencia a instalar: 149 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$149 \times 1.8 = 268.2 \text{ W.}$$

$$I = 268.2 / 230 \times 1 = 1.17 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (F_c=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 40.09

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 41.87 \times 2300 / 51.5 \times 230 \times 2.5 = 6.5 \text{ V.} = 2.83 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.84\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: C9 Aire Acondic

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 25 m; $\cos \varphi$:1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 5750 W.
- Potencia de cálculo:
5750 W.

$$I=5750/230 \times 1=25 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 36 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 54.47

$$e(\text{parcial})=2 \times 25 \times 5750 / 48.94 \times 230 \times 6 = 4.26 \text{ V.} = 1.85 \%$$

$$e(\text{total})=1.87\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 25 A.

Cálculo de la Línea: C5 TC Baño, Cocina

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3680 W.
- Potencia de cálculo: 3680 W.

$$I=3680/230 \times 1=16 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 57.41

$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 3680 / 48.45 \times 230 \times 2.5 = 5.28 \text{ V.} = 2.3 \%$

$e(\text{total})=2.31\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: Agrup. 2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$: 0;

- Potencia a instalar: 12100 W.

- Potencia de cálculo:

5324 W.(Coef. de Simult.: 0.44)

$I=5324/230 \times 1=23.15 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 40 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 50.05

$e(\text{parcial})=2 \times 0.3 \times 5324 / 49.7 \times 230 \times 6 = 0.05 \text{ V.} = 0.02 \%$

$e(\text{total})=0.02\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: C2 TC Generales

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 20 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 3450 W.
- Potencia de cálculo: 3450 W.

$$I=3450/230 \times 1=15 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 55.31

$$e(\text{parcial})=2 \times 20 \times 3680 / 48.8 \times 230 \times 2.5=5.25 \text{ V.}=2.28 \%$$

$$e(\text{total})=2.3\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: C4 Lavad,Lavav,Term

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 25 m; $\cos \varphi$: 1; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 4600 W.
- Potencia de cálculo:
4600 W.

$$I=4600/230 \times 1=20 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C (Fc=1) 27 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 56.46

$e(\text{parcial})=2 \times 25 \times 4600 / 48.61 \times 230 \times 4 = 5.14 \text{ V.} = 2.24 \%$

$e(\text{total})=2.26\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

Cálculo de la Línea: C3 Cocina, Horno

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 25 m; $\cos \varphi: 1$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}): 0$;
- Potencia a instalar: 4050 W.
- Potencia de cálculo:
4050 W.

$I=4050/230 \times 1=17.61 \text{ A.}$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K

I.ad. a 40°C ($F_c=1$) 36 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 47.18

$e(\text{parcial})=2 \times 25 \times 5750 / 50.21 \times 230 \times 6 = 4.15 \text{ V.} = 1.8 \%$

$e(\text{total})=1.82\% \text{ ADMIS (3\% MAX.)}$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 25 A.

CALCULO DE LA PUESTA A TIERRA

- La resistividad del terreno es $300 \Omega\text{m}$.
- El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

M. conductor de Cu desnudo	35 mm ²	30 m.
M. conductor de Acero galvanizado	95 mm ²	

Picas verticales de Cobre	14 mm	
de Acero recubierto Cu	14 mm	1 picas de 2m.
de Acero galvanizado	25 mm	

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17.65 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

En el presente documento se va a detallar el presupuesto de las instalaciones descritas en la 'Memoria'. Para la realización del mismo, se ha utilizado como herramienta de apoyo el generador de precios online CYPE para ingenieros.

1. PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

1.1. PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
m ²	Módulo solar fotovoltaico IBC PolySol 250 VM de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 250 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 30.4 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8.23 A, intensidad de cortocircuito (Isc) 8.81 A, tensión en circuito abierto (Voc) 37.6 V, eficiencia 15.3%,	7.000	160.00	1120.00
Ud	Repercusión por W instalado de accesorios de montaje de marco de módulo fotovoltaico	1750.000	0.75	1312.50
Ud	Repercusión por m ² de material eléctrico para conexión de módulo fotovoltaico.	1.000	38.00	38.00
h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0.401	17.82	7.15
h	Ayudante instalador de captadores solares.	0.401	16.10	6.46
%	Medios auxiliares	2.000	2484.11	49.68
%	Costes indirectos	3.000	2533.79	76.01
Coste de mantenimiento decenal: 69,54€ en los primeros 10 años.			Total:	2609.80

1.2. PRESUPUESTO PARCIAL INVERSOR

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
Ud	Inversor monofásico para conexión a red, SB 1300TL-10, potencia máxima de entrada 1400 W, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, potencia nominal de salida 1300 W, potencia máxima de salida 1300 VA, eficiencia máxima 96%, rango de voltaje de entrada de 115 a 480 Vcc, dimensiones 440x339x214 mm, interruptor de corriente continua, pantalla gráfica LCD, puertos RS-485 y Ethernet, regulador digital de corriente sinusoidal, preparado para instalación en carril.	1.000	1456.30	1456.30
Ud	Descargador de sobretensiones modelo 2 - VAL-MS 600DC-PV/2+V-FM – 2800641	1.000	856.00	856.00
Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 10 A, poder de corte 10 kA, según UNE-EN 60269-1.	2.000	4.20	8.40
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, según UNE-EN 60898-1	1.000	38.00	38.00
h	Oficial 1ª electricista.	0.603	17.82	10.75
h	Ayudante electricista.	0.603	16.10	9.71
%	Medios auxiliares	2.000	58.46	1.17
%	Costes indirectos	3.000	59.63	1.79
Coste de mantenimiento decenal: 309,06€ en los primeros 10 años.			Total:	2382.12

1.3. PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL

- PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: 2609.8 €
- PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN INVERSOR: 2382.12 €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL: 4991.92 €

2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED

2.1 PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
m ²	Módulo solar fotovoltaico IBC PolySol 250 VM de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 250 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 30.4 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8.23 A, intensidad de cortocircuito (Isc) 8.81 A, tensión en circuito abierto (Voc) 37.6 V, eficiencia 15.3%,	11.000	160.00	1760.00
Ud	Repercusión por W instalado de accesorios de montaje de marco de módulo fotovoltaico	2750.000	0.75	2062.50
Ud	Repercusión por m ² de material eléctrico para conexión de módulo fotovoltaico.	1.000	38.00	38.00
h	Oficial 1 ^a instalador de captadores solares.	0.401	17.82	7.15
h	Ayudante instalador de captadores solares.	0.401	16.10	6.46
%	Medios auxiliares	2.000	3874.11	77.48
%	Costes indirectos	3.000	3951.59	118.55
Coste de mantenimiento decenal: 69,54€ en los primeros 10 años.			Total:	4070.14

2.2 PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN INVERSOR. INVERSOR- CARGADOR. BATERIAS

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
Ud	Inversor monofásico SB 2500TLST-21, potencia máxima de entrada 2650 W, voltaje de entrada máximo 750 Vcc, potencia nominal de salida 2500 W, potencia máxima de salida 2500 VA, eficiencia máxima 97%, rango de voltaje de entrada de 180 a 500 Vcc, dimensiones 490x519x185 mm, interruptor de corriente continua, pantalla gráfica LCD, puertos RS-485 y Ethernet, regulador digital de corriente sinusoidal, preparado para instalación en carril.	1.000	1310.67	1310.67
Ud	Inversor-Cargador monofásico, SI3.0M-11.	1.000	2704.10	2704.10
Ud	Batería 12V Solar Estacionaria OPzS 765A, 6 vasos de 2 V.	4.000	1508.22	6032.88
Ud	Descargador de sobretensiones modelo 2 - VAL-MS 600DC-PV/2+V-FM – 2800641	1.000	856.00	856.00
Ud	Fusible cilíndrico, curva gG, intensidad nominal 16 A, poder de corte 10 kA, según UNE-EN 60269-1.	2.000	5.60	11.20
Ud	Fusible, tipo gG, intensidad nominal 200 A, poder de corte 120 kA, según UNE-EN 60269-1.	2.000	49.80	99.60
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP 20, según UNE-EN 60898-1	2.000	38.00	76.00
h	Oficial 1ª electricista.	1.400	17.82	24.95
h	Ayudante electricista.	1.400	16.10	22.54
%	Medios auxiliares	2.000	123.49	2.47
%	Costes indirectos	3.000	125.96	3.78
Coste de mantenimiento decenal: 309,06€ en los primeros 10 años.			Total:	11144.19

2.3 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE RED

- PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: 4070.4 €
- PRESUPUESTO PARCIAL INSTALACIÓN INVERSOR. INVERSOR-CARGADOR. BATERIAS: 11144.19 €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL: 15214.59 €

3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
Ud	Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 2 filas de 24 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP 40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010. Según UNE-EN 60670-1.	1.000	27.98	27.98
Ud	Interruptor general automático (IGA), de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 40 A de intensidad nominal, curva C, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1.000	38.00	38.00
Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/30mA, de 2 módulos, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1.	2.000	52.00	104.00
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1.000	12.43	12.43
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2.000	12.66	25.32
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 20 A de intensidad nominal, curva C, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1.000	13.59	13.59

Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, incluso p/p de accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2.000	14.08	28.16
m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	159.360	0.26	41.43
m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	154.380	0.29	44.77
m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 25 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	12.450	0.39	4.86
m	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP 549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	8.300	1.30	10.79
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	8.000	1.79	14.32
Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	3.000	2.29	6.87
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados.	41.000	0.25	10.25
Ud	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados.	17.000	0.47	7.99
Ud	Caja de empotrar para toma de 25 A (especial para toma de corriente en cocinas).	1.000	2.01	2.01
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C1, iluminación. Según UNE 21031-3.	450.000	0.25	112.50

m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C2, tomas de corriente de uso general y frigorífico. Según UNE 21031-3.	189.000	0.40	75.60
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C3, cocina y horno. Según UNE 21031-3.	30.000	0.93	27.90
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C4, lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Según UNE 21031-3.	54.000	0.63	34.02
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C5, tomas de corriente de los cuartos de baño y de cocina. Según UNE 21031-3.	63.000	0.40	25.20
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V, para circuito C9, instalación de aire acondicionado. Según UNE 21031-3.	15.000	0.93	13.95
m	Cable unipolar H07V-K con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V), siendo su tensión asignada de 450/750 V. Según UNE 21031-3.	126.000	0.25	31.50
Ud	Interruptor unipolar, gama básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	7.000	5.84	40.88
Ud	Doble interruptor, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	2.000	8.98	17.96
Ud	Conmutador, serie básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	10.000	6.22	62.20
Ud	Conmutador de cruce, gama básica, con tecla simple y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	11.44	11.44
Ud	Pulsador, gama básica, con tecla con símbolo de timbre y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	6.58	6.58
Ud	Zumbador 230 V, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	20.71	20.71
Ud	Base de enchufe de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	28.000	6.22	174.16
Ud	Base de enchufe de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa de color blanco.	3.000	3.41	10.23

Ud	Marco horizontal de 3 elementos, gama básica, de color blanco.	1.000	6.63	6.63
Ud	Base de enchufe de 25 A 2P+T y 250 V para cocina, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	1.000	11.75	11.75
Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	4.000	1.48	5.92
h	Oficial 1ª electricista.	20.267	17.82	361.16
h	Ayudante electricista.	20.267	16.10	326.30
%	Medios auxiliares	2.000	1769.3	35.39
%	Costes indirectos	3.000	1804.7	54.14
			Total:	1858.89

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL: 1858.89 €

4. PRESUPUESTO INSTALACIÓN CAPTADORES SOLARES (ACS)

Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
Ud	HELIOSET 250 PF (2). Incluye: · Acumulador solar de 250 L (1 serpentín) Captador/es solar/es de alto rendimiento SRD 2.3 H (horizontal) o SRD 2.3 V (vertical) · Doble bomba de circulación de bajo consumo (hasta 12 m de altura) · Centralita solar programable · Conexiones tubería-depósito · Válvula seguridad circuito solar · Llaves de llenado y vaciado · Sondas de temperatura · Grupo de seguridad ACS · Conexiones tubería-captado	1.000	3140.00	3140.00
Ud	Montaje Anclajes. Tejas planas	2.000	80.00	160.00
h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	3.000	17.82	53.46
h	Ayudante instalador de captadores solares.	3.000	16.10	48.30
%	Medios auxiliares	2.000	261.76	5.24
%	Costes indirectos	3.000	267.00	8.01
Coste de mantenimiento decenal: 1.738,05€ en los primeros 10 años.			Total:	3415.01

PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIAL: 3415.01 €

5. RESUMEN PRESUPUESTOS DE LAS INSTALACIONES

A continuación se hace un resumen de los anteriores presupuestos.

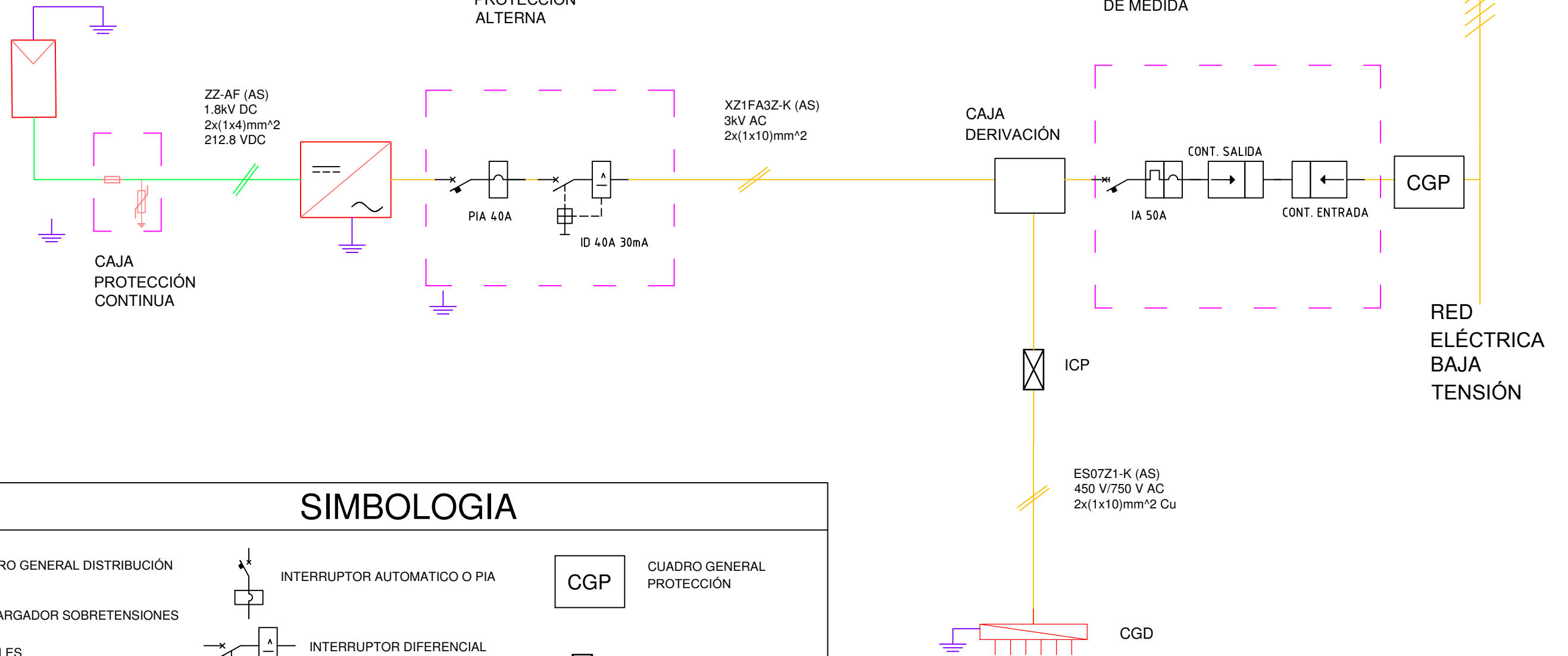
- **PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED: 4991.92 €**
- **PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED: 15214.59 €**
- **PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA: 1858.89 €**
- **PRESUPUESTO INSTALACIÓN CAPTADORES SOLARES (ACS): 3415.01 €**

DOCUMENTO N°4: PLANOS

En el presente documento se encuentran los planos realizados y necesarios de las instalaciones descritas durante la memoria del proyecto. Los podemos numerar de la siguiente forma.

- PLANO 1: Esquema Instalación fotovoltaica conectada a red.
- PLANO 2: Esquema Instalación fotovoltaica aislada de la red.
- PLANO 3: Distribución Inversor. Inversor-Cargador. Baterías.
- PLANO 4: Instalación eléctrica de la vivienda.
- PLANO 5: Esquema unifilar instalación eléctrica de la vivienda.

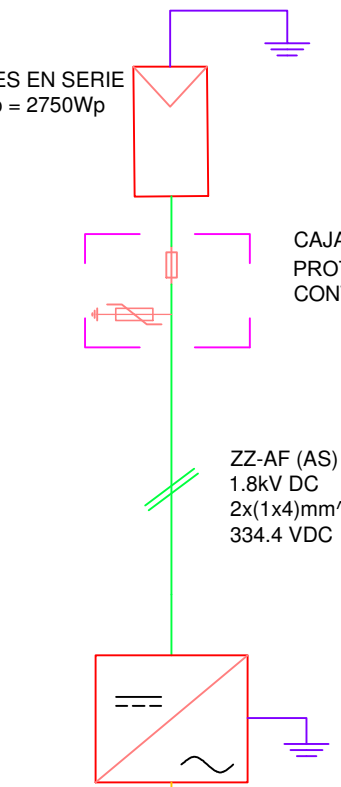
7 PANELES EN SERIE DE 250 Wp = 1750Wp



SIMBOLOGIA

	CUADRO GENERAL DISTRIBUCIÓN		INTERRUPTOR AUTOMÁTICO O PIA		CUADRO GENERAL PROTECCIÓN
	DESCARGADOR SOBRETENSIONES		INTERRUPTOR DIFERENCIAL		INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA
	FUSIBLES		CONTADOR UNIDIRECCIONAL		INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
	CABLE DE PROTECCIÓN A TIERRA		INVERSOR SUNNY BOY		

11 PANELES EN SERIE
DE 250 Wp = 2750Wp

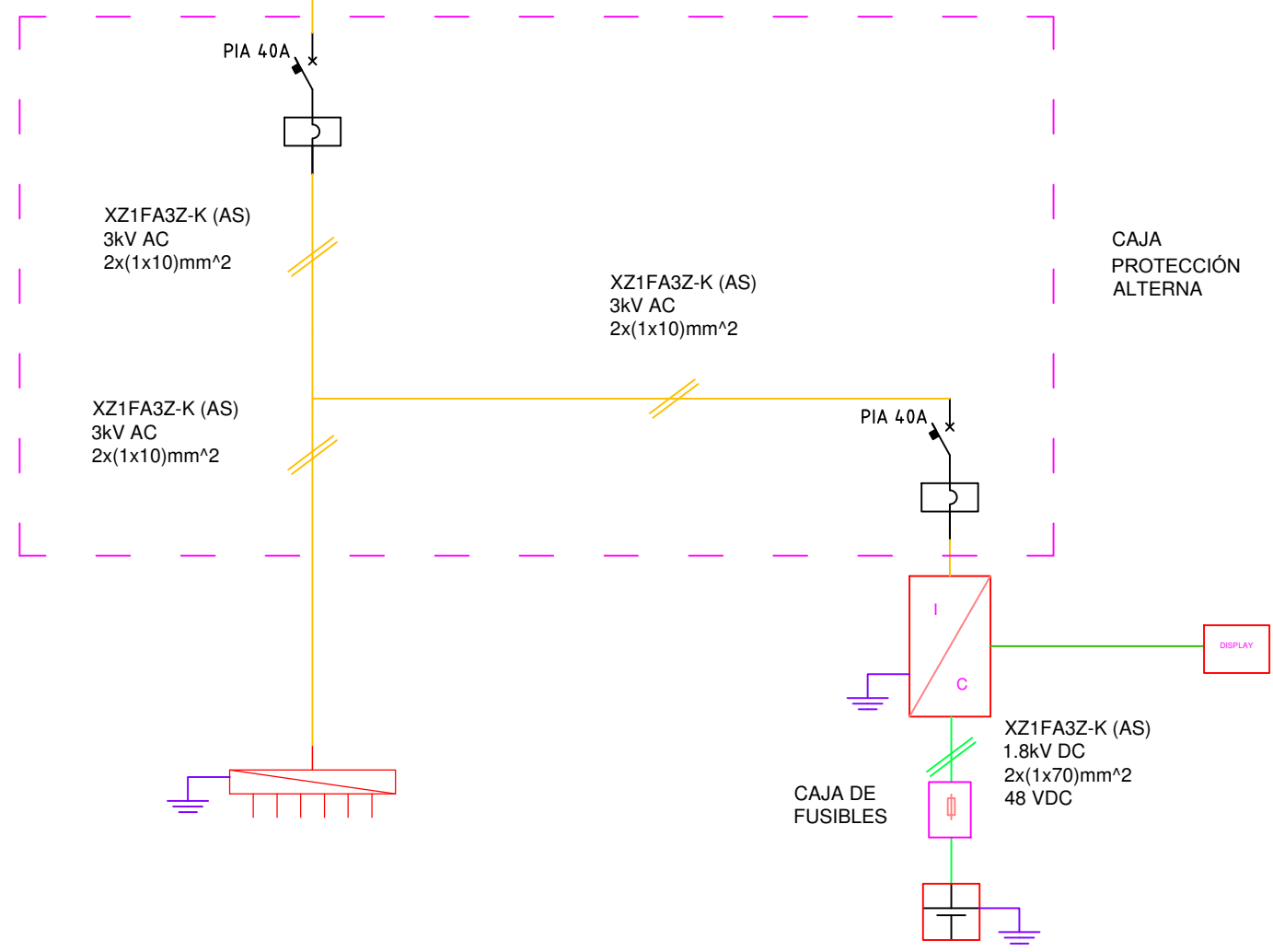


CAJA
PROTECCIÓN
CONTINUA

ZZ-AF (AS)
1.8kV DC
2x(1x4)mm²
334.4 VDC

SIMBOLOGIA

	CUADRO GENERAL DISTRIBUCIÓN		INTERRUPTOR AUTOMÁTICO O PIA
	DESCARGADOR SOBRETENSIONES		DISPLAY DEL SUNNY ISLAND
	FUSIBLES		INVERSOR-CARGADOR SUNNY ISLAND
	CABLE DE PROTECCIÓN A TIERRA		INVERSOR SUNNY BOY
	INVERSOR SUNNY BOY		BANCADA DE BATERIAS

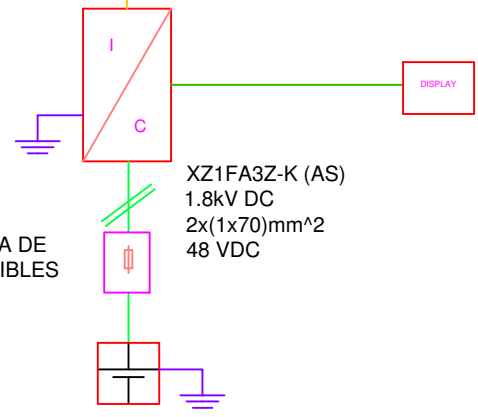


CAJA
PROTECCIÓN
ALTERNA

XZ1FA3Z-K (AS)
3kV AC
2x(1x10)mm²

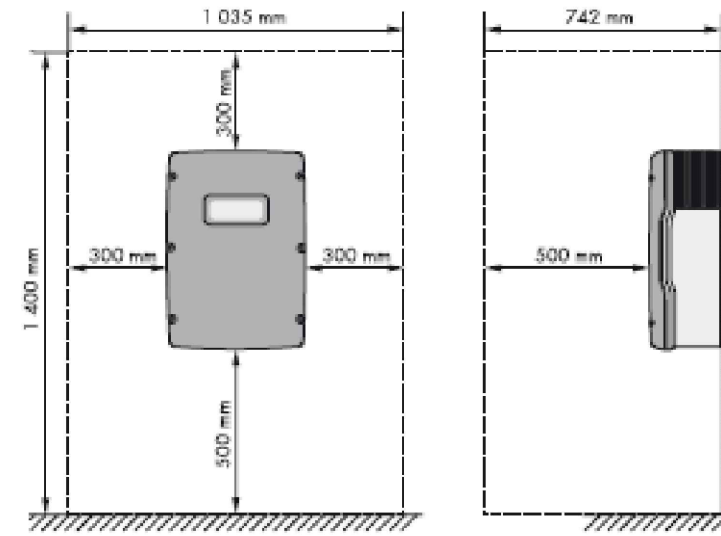
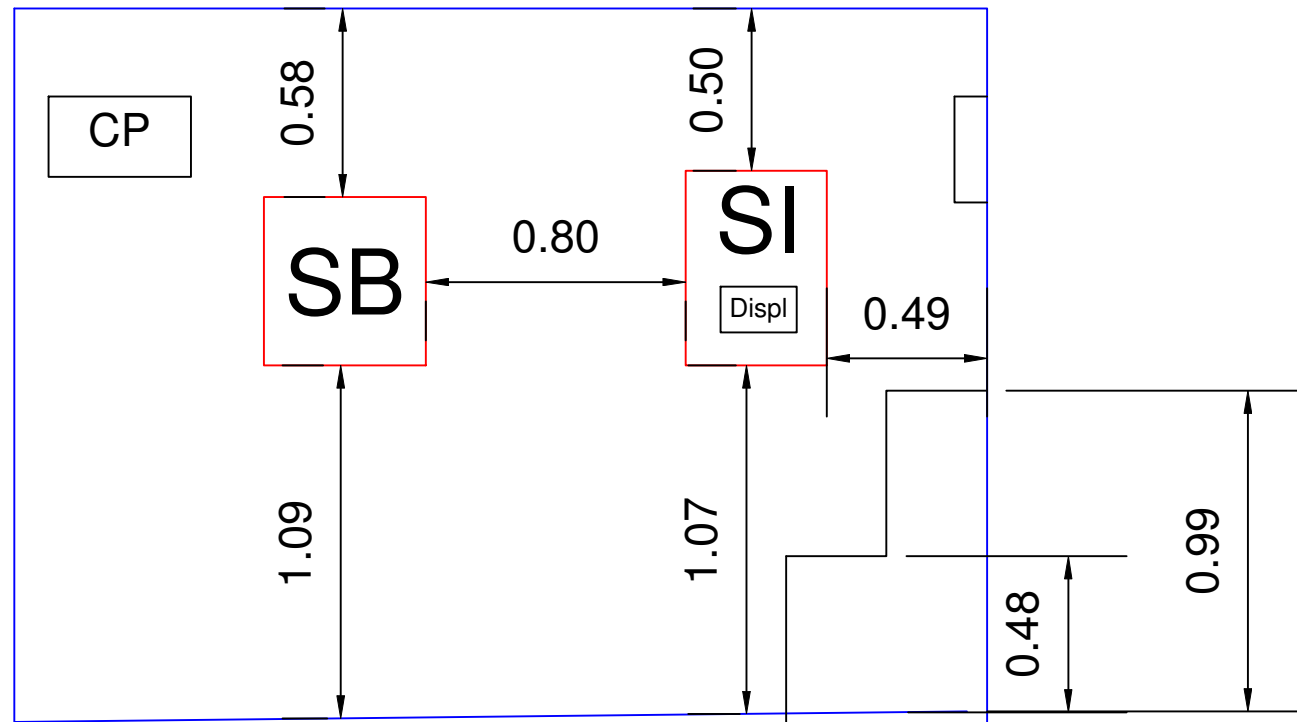
XZ1FA3Z-K (AS)
3kV AC
2x(1x10)mm²

XZ1FA3Z-K (AS)
3kV AC
2x(1x10)mm²



XZ1FA3Z-K (AS)
1.8kV DC
2x(1x70)mm²
48 VDC

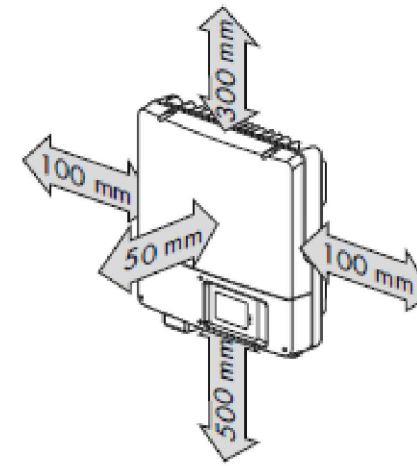
CAJA DE
FUSIBLES



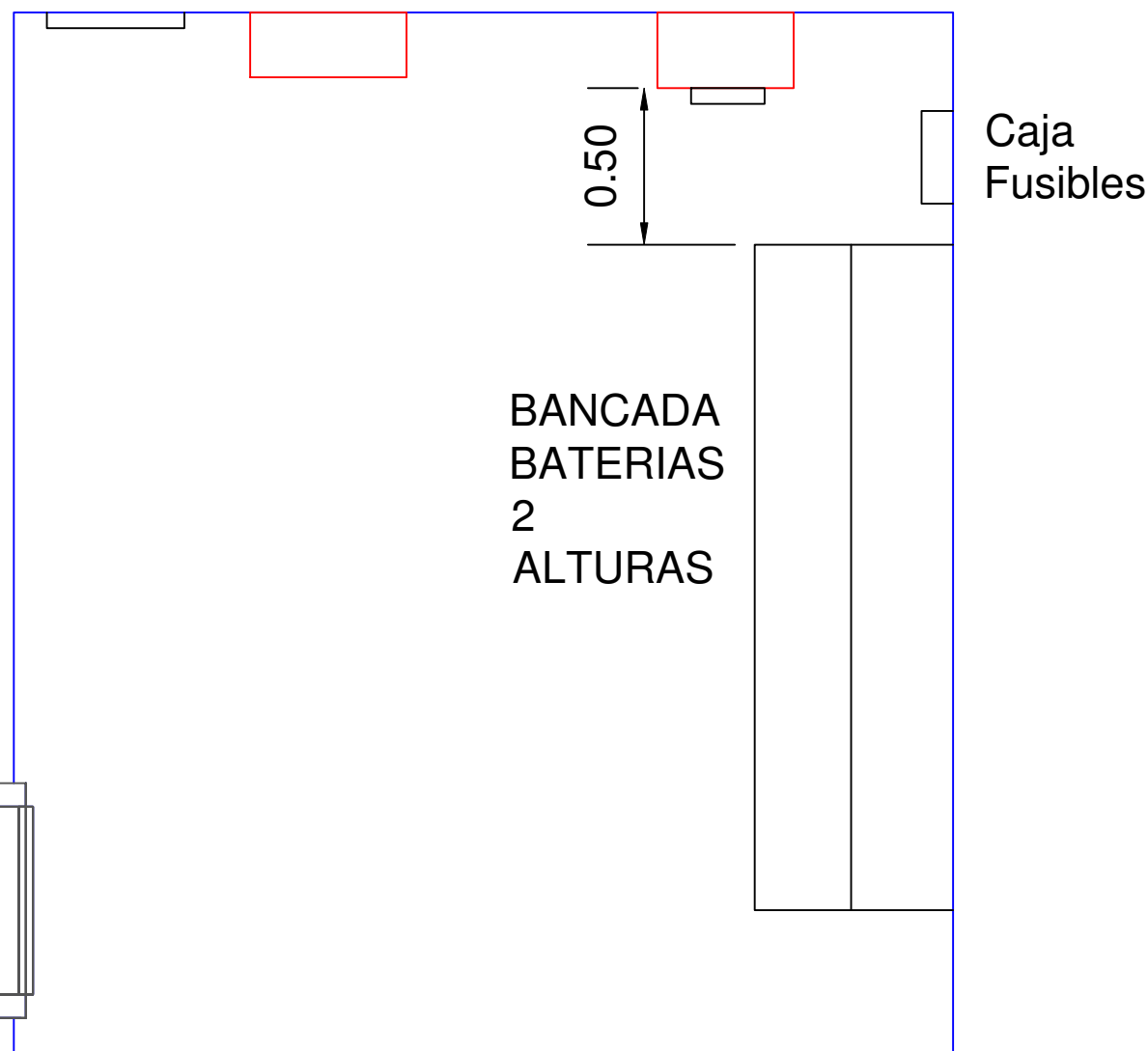
DISTANCIAS MÍNIMAS PARA ASEGURAR LA REFRIGERACIÓN

Sunny Island 3.0

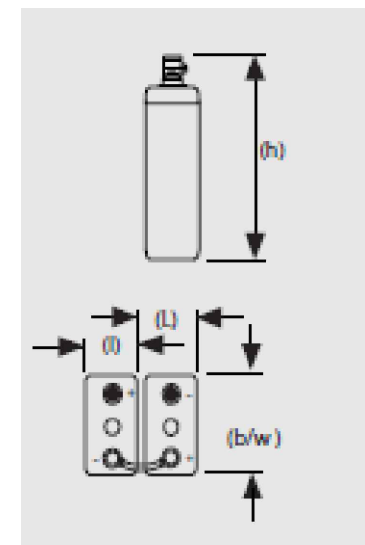
DISTANCIAS MÍNIMAS PARA ASEGURAR LA REFRIGERACIÓN



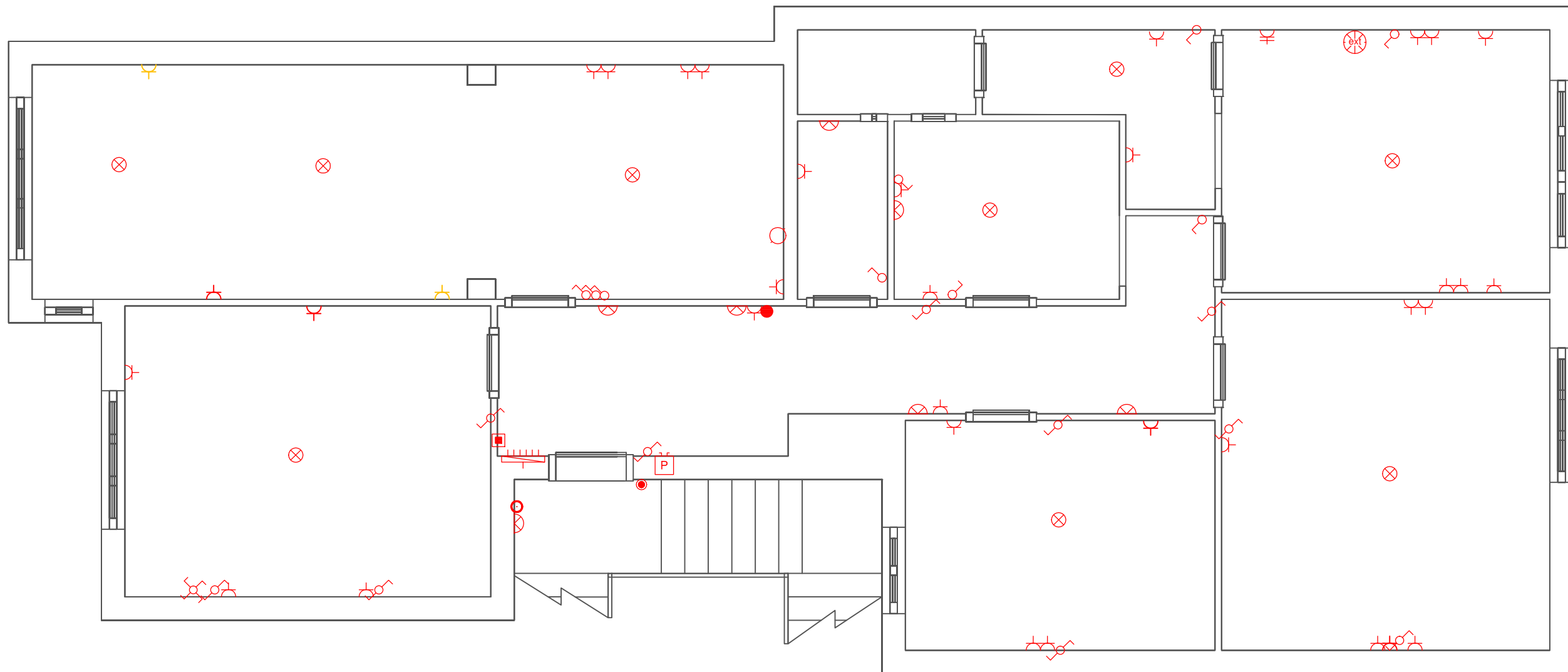
Sunny Boy 2500TL-1300TL



Baterias



Length (l)	Width (b/w)	Height* (h)	Installed length (L)
max. mm	max. mm	max. mm	max. mm
168	208	511	178



SIMBOLOGIA

	CUADRO GENERAL DISTRIBUCIÓN		BASE DE ENCHUFE 16 A
	VIDEOPORTERO		BASE DE ENCHUFE 25 A
	TIMBRE		INTERRUPTOR UNIPOLAR
	PULSADOR		INTERRUPTOR CONMUTADO
	PUNTO DE LUZ PARED		INTERRUPTOR DE CRUCE
	EXTRACTOR DE HUMOS		PUNTO DE LUZ
	TOMA DE TV		TOMA DE AIRE ACONDICIONADO
	TOMA DE TELEFONO		

ZONAS	MECANISMOS	ALTURA DESDE PAVIMENTO A BASE DE LA CAJA	ZONAS	MECANISMOS	ALTURA DESDE PAVIMENTO A BASE DE LA CAJA	ZONAS	MECANISMOS	ALTURA DESDE PAVIMENTO A BASE DE LA CAJA			
VESTIBULO PASILLO		C. GRAL. DISTRIBUCIÓN	1.80 mts.	DORMITORIO		CONMUTADORES ENTRADA	0.90 mts.	COCINA Y DESPENSA		INTERRUPTORES	0.90 mts.
		ZUMBADOR	2.20 mts.			CONMUTADORES MESITAS	0.70 mts.			COCINA, HORNO	0.45 mts.
		CONMUTADORES	0.90 mts.			CRUCE MESITAS	0.70 mts.			LAVAPLATOS	0.45 mts.
		INTERRUPTORES	0.90 mts.			ENCHUFE MESITAS	0.70 mts.			LAVADORA	0.45 mts.
		ENCHUFES OTROS USOS	0.20 mts.			ENCHUFE OTROS USOS	0.20 mts.			FRIGORIFICO	1.20 mts.
BAÑO Y ASEO		VIDEOPORTERO	1.60 mts.	SALA DE ESTAR Y COMEDOR		INTERRUPTORES	0.90 mts.			SOBRE MESETA	1.10 mts.
		ENCHUFES	1.30 mts.			ENCHUFES	0.70 mts.			INTERRUPTOR CAMPANA EXTRC.	1.10 mts.
		INTERRUPTORES	0.90 mts.			ENCHUFES OTROS USOS	0.20 mts.			CAMPANA EXTRACTORA	1.85 mts.
					INTERRUPTORES	0.20 mts.			ENCHUFES OTROS USOS	0.70 mts.	

**Cuadro de Mando
y Protección
VIVIENDA**

