



ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
Y SOLAR FOTOVOLTAICA DEL
PROTOTIPO SOLAR DECATHLON EUROPE
2014 DE LA UNIVERSITAT JAUME I**

TRABAJO FINAL DE GRADO

AUTOR: Carlos Cherta Cucala

DIRECTOR: Enrique Belenguer

Dedique aquest projecte a la
meua família i a la meua parella
per estar sempre que ho
necessite.

ÍNDICE:

1.-MEMORIA.....	4
1.1.- INTRODUCCIÓN	5
1.2.- OBJETIVOS	8
1.2.1.- OBJETIVO GENERAL.....	8
1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.3.- ENTIDAD.....	9
1.4.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	9
1.5.- REQUISITOS DE DISEÑO	10
1.5.1.- GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	10
1.5.2.- GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	11
1.6.- ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES	12
1.6.1.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	13
1.6.2.- INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	19
1.7.- RESULTADOS FINALES	26
1.7.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	26
1.7.1.1.- ORIGEN DE LA INSTALACIÓN.....	26
1.7.1.2.- CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM)	26
1.7.1.3.- DERIVACIÓN INDIVIDUAL (DI)	27
1.7.1.4.- INSTALACIÓN INTERIOR.....	27
1.7.2.-CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	30
1.7.2.1.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	30
1.7.2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES.....	34
1.7.2.2.1.- PANELES SOLARES	34
1.7.2.2.2.- SEGUIDORES SOLARES DE UN EJE	35
1.7.2.2.3.- INVERSOR	36

1.7.2.2.4.- CABLEADO.....	37
1.7.2.2.5.- PROTECCIONES.....	38
1.7.2.2.6.- CUADRO ELÉCTRICO.....	38
1.7.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	39
1.8.- NORMATIVA Y REFERENCIAS.....	40
1.9.- JUSTIFICACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL.....	42
2.-ANEXOS.	44
2.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA CURVA DE POTENCIA DEMANDADA.....	45
2.2.- JUSTIFICACIÓN DE LA CURVA DE POTENCIA GENERADA.....	54
2.2.1.- CURVA POTENCIA Y ENERGÍA GENERADA DÍA SOLEADO.....	57
2.2.2.- CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA GENERADA DÍA NUBLADO.....	60
2.3.- CÁLCULOS INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	63
2.3.1.- CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA.....	63
2.3.2.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE INTERIOR.....	68
2.3.2.1.- CAJA PARA ICP.....	69
2.3.2.2.- CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN (CGMP).....	69
2.3.2.3.- CONDUCTORES DE FASE Y PROTECCIÓN.....	84
2.4.- CÁLCULOS INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	85
2.4.1.- CONDUCTORES DE FASE Y PROTECCIÓN.....	85
2.4.2.- CAÍDAS DE TENSIÓN.....	86
2.4.3.- PROTECCIONES.....	87
2.4.4.- PUESTA A TIERRA.....	92
2.5.- DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	93
2.6.- PRODUCCIÓN ANUAL DE ELECTRICIDAD.....	99
3.- PLANOS.....	101

4.- PLIEGO DE CONDICIONES	103
4.1.- NORMATIVA APLICABLE	104
4.2.- CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	104
4.3.- NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	110
4.4.- PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....	118
4.5.- CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD	119
4.6.- CERTIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN.....	119
4.7.- LIBRO DE ÓRDENES.....	119
5.- ESTUDIO ECONÓMICO	120
5.1.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	121
5.2.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	122
5.3.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)	123
5.4.- PERIODO DE RETORNO (PR)	124

1.-MEMORIA.

1.1.- INTRODUCCIÓN

Solar Decathlon es una competición internacional de ingeniería y arquitectura entre universidades de todo el mundo por la que estudiantes, profesores y colaboradores deben diseñar y construir una casa eficiente, que utilizará la energía solar como única fuente de energía. Así pues, promueve la investigación en el desarrollo de casas eficientes. El principal objetivo de los equipos participantes, entre 20 y 25 de diferentes países en los que se incluyen equipos de competición y de exhibición, es el diseño y construcción de casas que consuman la menor cantidad posible de recursos naturales y produzcan los mínimos residuos durante su ciclo de vida. Se hace especial énfasis en la reducción del consumo de energía y en la obtención de toda la energía necesaria a partir del Sol.

Solar Decathlon Europe 2014 tiene lugar en Francia, más concretamente en Versailles en *La Cité du Soleil*, situada enfrente de los Jardines del Palacio de Versailles. En la siguiente imagen se puede observar el lugar en el que se realiza la competición [figura1]:



figura1

Durante la fase final de la competición cada equipo construye su proyecto en un periodo de 10 a 12 días en el lugar establecido, para posteriormente ser sometido a unas pruebas que determinan el ganador. Las pruebas que se llevan a cabo son las siguientes:

- 1.- Arquitectura: Evaluación de la casa y de los diseños: 200 puntos.
- 2.- Ingeniería: Evaluación de los sistemas y análisis energético: 150 puntos.
- 3.- Comercio: Evaluación de la capacidad comercial y análisis económico: 150 puntos.
- 4.- Comunicación: Evaluación de la página web del equipo y de las visitas a la casa: 100 puntos.
- 5.- Confort: Evaluación objetiva y subjetiva de la temperatura (entre 22 y 24 °C) y de la humedad (40 y 55% de humedad relativa): 100 puntos.
- 6.- Funcionamiento de electrodomésticos: Evaluación objetiva de lavado de ropa (llegando a 43.3 °C), secado de ropa, temperatura del frigorífico (entre 1.1 y 4.4 °C) y congelador (entre -29 y -15 °C), funcionamiento de la TV y ordenador 8 horas al día y preparación de comidas: 100 puntos.
- 7.- Agua caliente: Calentamiento de agua por la mañana y por la tarde: 100 puntos.
- 8.- Iluminación: Evaluación de la iluminación eléctrica y natural de la casa, incluyendo la medida de iluminación en la mesa de trabajo: 100 puntos.
- 9.- Balance energético: Medida de la producción eléctrica neta de la casa (debe ser superior a 10 kWh/día para obtener puntuación): 100 puntos.
- 10.- Movilidad: Se trata de hacer la máxima cantidad de kilómetros con un coche eléctrico cuyas baterías se cargan con el sistema fotovoltaico: 100 puntos.

El total de puntos máximos obtenibles asciende a 1200. Por tanto, el equipo que mayor puntuación obtenga en las diferentes pruebas se proclama campeón.

La Universitat Jaume I participa en esta edición de 2014. Forma parte de un equipo europeo compuesto por estudiantes y profesores de VIA University College (Dinamarca) y Universitat Jaume I (España). El nombre del equipo es *équipe VIA-UJI*, a través del cual ambas universidades presentan su proyecto *éBRICKhouse*. Se trata de un modelo de casa capaz de adaptarse a la economía actual, a la sociedad y a las necesidades medioambientales de la sociedad europea; es una nueva tipología de vivienda desmontable y prefabricada desarrollada por *équipe VIA-UJI*, formada por módulos, denominados BRICKs. El prototipo sigue los siguientes principios:

- Desarrollo de la filosofía *Do it Yourself* (hazlo tú mismo), aplicado a la construcción.
- Uso de materiales y sistemas *Cradle to Cradle* (de la cuna a la cuna), con el objetivo de cuidar la procedencia y la reutilización de los mismos.
- Permacultura*. Incorporar la agricultura como una forma de vida en un entorno urbano.

La siguiente imagen [figura2] ilustra el proyecto a realizar en Versalles (*éBRICKhouse*) para la participación en el concurso Solar Decathlon Europe 2014:



figura2

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la realización de este proyecto es el diseño de la instalación eléctrica del prototipo *éBRICKhouse*, destinado a viviendas, que cuenta con un salón-comedor, un dormitorio, un cuarto de baño, la cocina, un pequeño cuarto de instalaciones interior y otro exterior y un invernadero, así como la caracterización y diseño de la instalación solar fotovoltaica y sus componentes.

La presentación global de dicha instalación supone la realización del Trabajo Final de Grado de la titulación Grado en Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales de la Universitat Jaume I de Castellón.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El proyecto sobre toda la instalación eléctrica y solar fotovoltaica del prototipo *éBRRICKhouse* cuenta con numerosos objetivos específicos para un buen dimensionamiento y aprovechamiento de la energía procedente del Sol, requisito indispensable en un concurso en el que se premia la autosuficiencia energética:

- 1.- Estudiar las curvas de radiación solar en el emplazamiento en el que se va a exhibir el prototipo durante la competición.
- 2.- Determinar qué orientación e inclinación son las más idóneas para obtener la mayor cantidad posible de energía a la largo del día con la posibilidad de instalación de orientadores solares de un eje.
- 3.- Diseñar un sistema totalmente confiable que permita mantener a la vivienda funcionando las veinticuatro horas del día los siete días de la semana, con la mínima necesidad de obtener energía de la red.

4.- Realizar un balance de energía neta, a partir de la energía consumida y la energía generada en el emplazamiento de la competición.

5- Realizar un estudio de las cargas del prototipo para obtener la curva de demanda diaria.

6.- Ofrecer la alternativa de diseño económicamente más viable siempre intentando respetar el objetivo específico 3.

7.- Estudiar el periodo de retorno de toda la instalación eléctrica para su emplazamiento en España (Castellón de la Plana).

Con todo ello, quedan definidos el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir en la realización del proyecto para optimizar tanto la instalación eléctrica de interior como la solar fotovoltaica.

1.3.- ENTIDAD

-Datos de la entidad:

Grupo Solar Decathlon 2014 VIA-UJI (EQUIPE VIA-UJI)

Avinguda Vicent Sos Baynat nº s/n - Castelló de la Plana - CP 12071

1.4.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

-Ubicación de la instalación en Francia (Versalles):

20 - 40 Allé des Matelots - 78000 Versailles, Francia. Coordenadas:

Latitud (Norte): 48.800483. Longitud (Este): 2.104742

-Ubicación de la instalación en España (Castellón de la Plana):

Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.

1.5.- REQUISITOS DE DISEÑO

1.5.1.- GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La potencia eléctrica de la vivienda viene determinada por la normativa establecida en el concurso; esta potencia queda limitada a 5 kW.

Respecto a las generalidades del diseño eléctrico a realizar se trata del dimensionamiento de la instalación eléctrica de una vivienda con una superficie habitable de 55 m²; además ésta cuenta con un balcón de 7.71 m², un invernadero llamado zona jardín con una superficie de 25.7 m² y un cuarto de instalaciones exterior para albergar todos los dispositivos de protección, así como los elementos necesarios de la instalación solar fotovoltaica (7.55 m²). El conjunto de la vivienda tiene una superficie total proyectada de A = 122 m² para llevar a cabo en una parcela de 150 m². A continuación se detallan las superficies por zonas:

Lugar		Superficie [m ²]
Vivienda	Cocina	10.01
	Salón-comedor	18.36
	Dormitorio	19.77
	Baño	5.51
	Cuarto instalaciones interior	1.35
	Balcón	7.71
	Invernadero	25.7
Cuarto instalaciones exterior		7.55
Planta Cubierta		64

1.5.2.- GENERALIDADES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Como se ha mencionado en el apartado 1.5.1. la potencia eléctrica queda limitada a 5kW; de este modo, la potencia de la instalación solar no puede sobrepasar los 5 kW instalados.

Por lo que respecta a las características de la planta cubierta, ésta tiene una superficie $A_{\text{CUBIERTA}} = 64 \text{ m}^2$ que será la superficie en la que irán ubicadas las placas solares para el aprovechamiento de la energía solar (esta área comprende la cocina, el salón-comedor, el baño, el dormitorio y el cuarto de instalación interior); toda la cubierta está rodeada por antepechos de altura 40 cm, no tiene acceso interior, ya que la vivienda es de una sola planta y no dispone de escalera interior, ni tampoco acceso exterior. Para acceder a la cubierta se deberá disponer de los mecanismos reglamentarios así como de la maquinaria adecuada para la carga y descarga de material.

Para garantizar la seguridad de las personas, la separación entre las estructuras que alberguen los paneles solares y el borde de la cubierta debe ser lo suficientemente considerable para realizar las tareas de instalación y mantenimiento de forma segura.

1.6.- ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES

La realización de este proyecto consta de dos partes de diseño claramente diferenciadas: la instalación eléctrica y la instalación solar fotovoltaica.

Los objetivos de cada instalación son distintos: consumo en el caso de la instalación eléctrica de la vivienda y generación en el caso de la instalación solar fotovoltaica. Sin embargo, ambas forman parte de la instalación global de la vivienda.

El dimensionamiento de la instalación eléctrica de interior, se ha realizado atendiendo a las exigencias establecidas por la normativa del concurso por lo que respecta a los consumos. En el siguiente apartado se detallará la evolución de la potencia consumida por la vivienda a lo largo de un día, tomando esa jornada como la estándar para el resto de días. El punto de partida en este caso se toma desde la acometida que llega a la Caja de Protección y Medida (CPM) situada en el cuarto de instalaciones exterior.

Respecto a la instalación solar fotovoltaica, estará alojada en la planta cubierta de la vivienda con la distribución idónea. Los estudios de radiación se realizarán sobre las coordenadas: Latitud (Norte): 48.800483. Longitud (Este): 2.104742 que corresponden con la ubicación en la parcela correspondiente en la *Cité du Soleil* (Versalles) para los días de la competición (Julio).

Aunque la vivienda es de una sola planta y la altura es relativamente baja respecto de las viviendas de otros equipos, la separación entre parcelas evita el sombreado entre viviendas durante la competición; de esta manera se previene la aparición de sombras en la instalación solar, pudiendo ésta cumplir con su objetivo: generación.

La superficie de la cubierta se debe aprovechar al máximo y de forma óptima para poder alojar todos los paneles solares con sus respectivas estructuras siempre cumpliendo con un margen suficiente entre el borde de la cubierta y los paneles para que se puedan desempeñar los trabajos de instalación y mantenimiento de forma segura y que éstos queden resguardados en cierta medida de la cornisa.

1.6.1.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El cálculo de consumos del prototipo centralizados en la competición se ha realizado teniendo en cuenta los consumos reales de los distintos electrodomésticos y de los distintos sistemas. Se han tomado una serie de curvas características aportadas por un estudio realizado por la empresa Red Eléctrica de España (REE), la cual se encarga de la distribución energética de la red. Dicho estudio se realiza en varios ámbitos de la demanda española, entre ellos la residencial, de donde se extraen los datos de las curvas típicas de los electrodomésticos.

A continuación se detallan los consumos de los electrodomésticos elegidos para la competición, a partir de los cuales se podrá obtener la potencia consumida durante toda una jornada:

Electrodoméstico	Potencia Nominal (W)	Potencia Pico (W)
LAVADORA BALAY 3TS74120A (A+++)	2300	2400
SECADORA BOSCH WTY88710EE (A+++)	1000	1000
NEVERA Y FRIGORÍFICO BALAY 3KSL5655 (A+++)	160	160
COCINA INDUCCIÓN SIMENS EH975SZ11E	2900	10800
HORNO BALAY 3HB508XF	2800	3535
LAVAVAJILLAS FAGOR LVF27X-LVF27 (A+++)	2000	2300
PC	50	100
SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN-TERMO ELÉCTRICO	2000	2100
ILUMINACIÓN	200 - 400	400
TV	200	200

Para calcular las curvas características de cada uno de estos sistemas o electrodomésticos del prototipo se han seguido los datos proporcionados por el estudio anteriormente comentado y se han adaptado a la potencia nominal de cada uno de los electrodomésticos o sistemas seleccionados. De esta forma se ha obtenido la evolución de los consumos en un ámbito doméstico normal.

Los datos obtenidos de potencia instantánea para los usos corrientes y en algunos casos los más eficientes son los siguientes:

-Lavadora: realiza un lavado en frío o con agua caliente. Demanda energía reactiva. Tiene una potencia nominal de 2300 W, pero la mayoría están dedicados a las resistencias para calentar el agua; el resto está dedicado al movimiento del tambor.

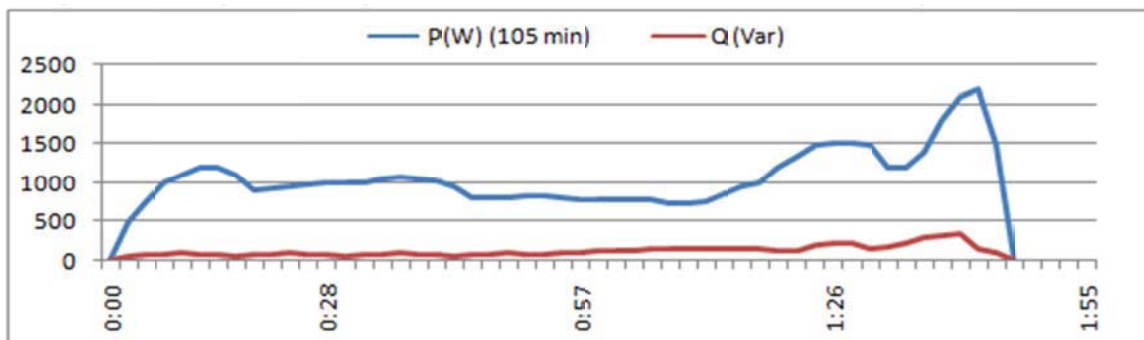


figura3

-Secadora: consume mucho menos energía que sus predecesoras (más eficiente) debido a que utiliza un ciclo de compresión para crear el calor. Consume poca reactiva.

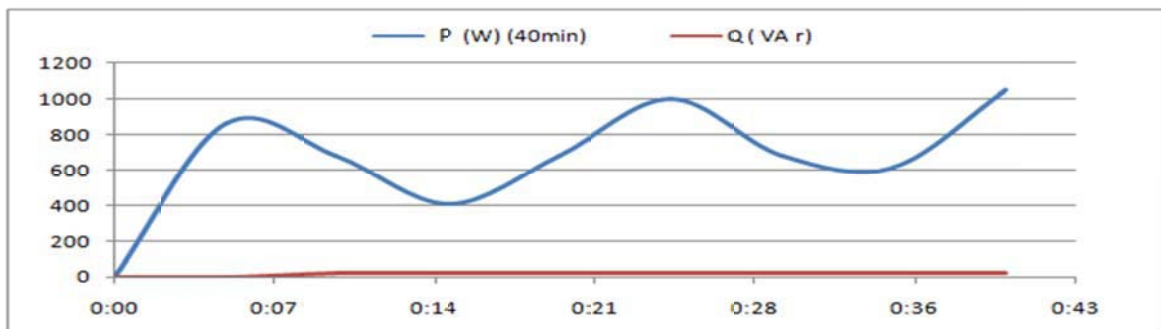


figura4

-Nevera y frigorífico: es un consumo constante durante 24 h/día. Tiene el mayor consumo de reactiva de toda la casa.

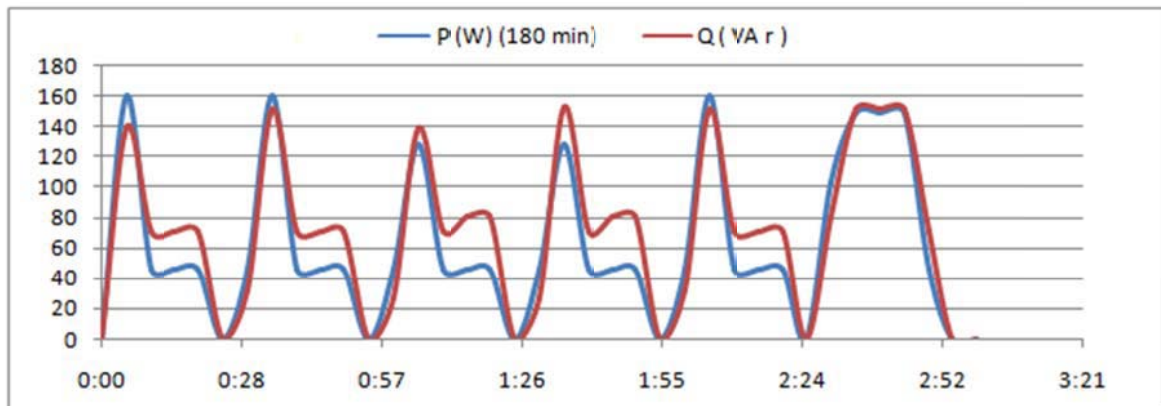


figura5

-Cocina inducción: es la carga de mayor consumo junto con el horno. Induce picos enormes al principio y después se mantiene a niveles más bajos. Es una carga muy aleatoria ya que depende del usuario. No consume reactiva.

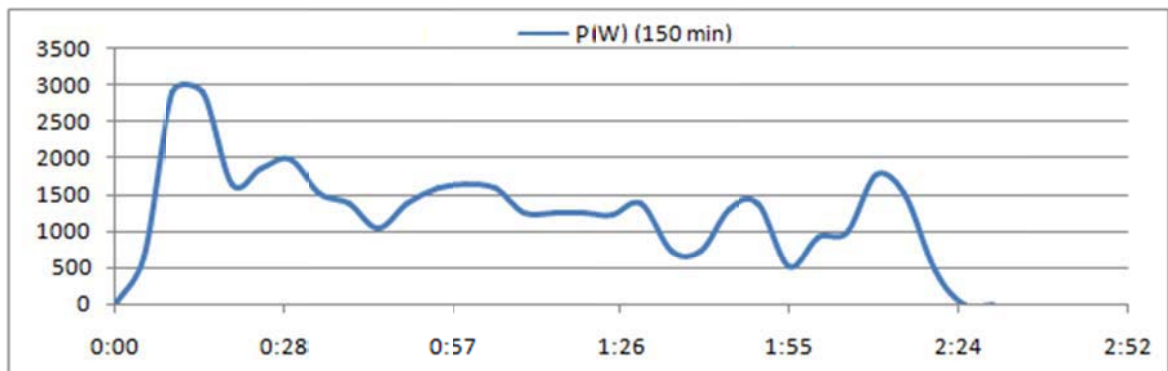


figura6

-Horno: para 50 minutos de encendido; si se prolonga su duración, los picos finales se repiten para mantener la temperatura. Solo consume activa.

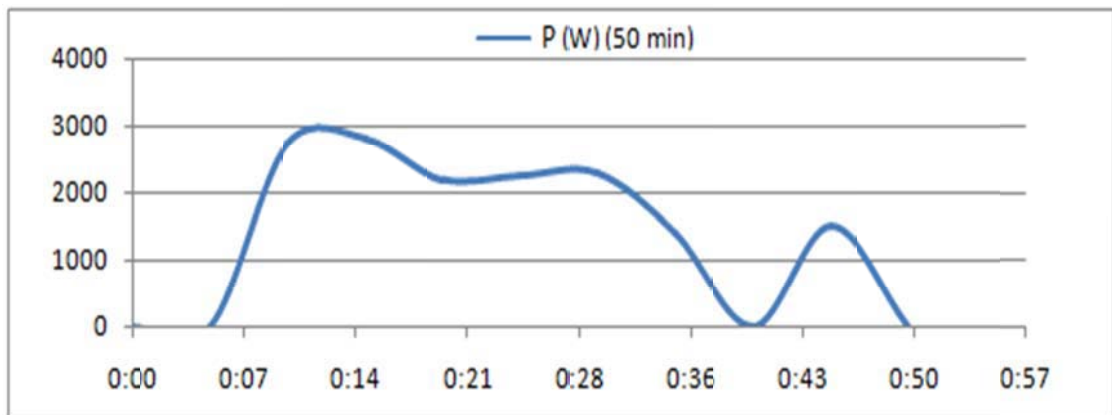


figura7

-Lavavajillas: igual que en la lavadora, utiliza la mayor parte de la energía en calentar el agua; se puede observar en el pico de 2000 W que utiliza al principio. Consume reactiva.

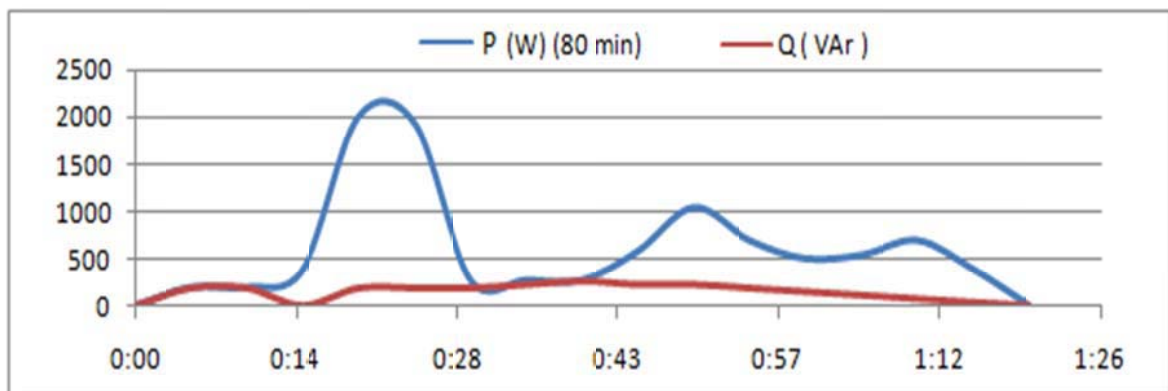


figura8

-Sistema de climatización-Termo eléctrico: se conecta proporcionalmente a la cantidad de energía requerida por el acondicionamiento. Se ha considerado encenderla durante dos horas y apagarla una, de forma repetitiva. Esta máquina puede trabajar a plena carga, a media carga o a un tercio de su potencia. El compresor consume reactiva.

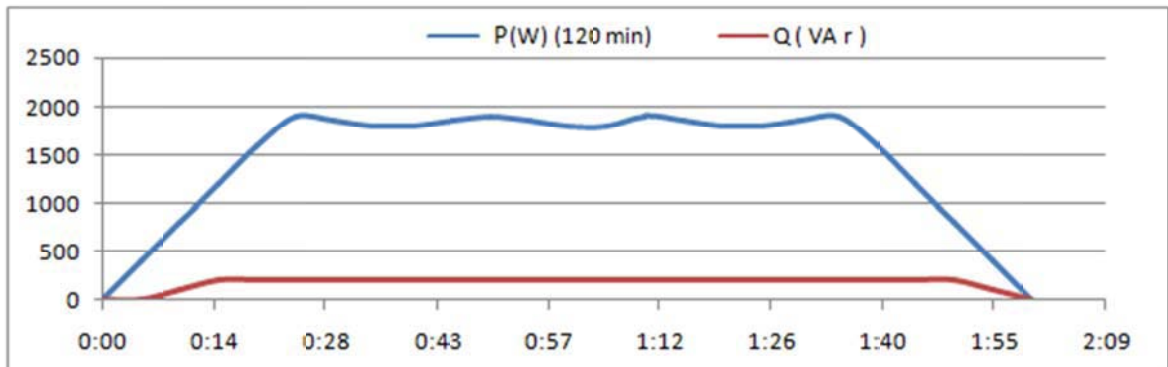


figura9

-Alumbrado: es un consumo difícil de predecir, depende mucho de los usuarios. Utilizando LEDs se evita el consumo de reactiva y es más eficiente.

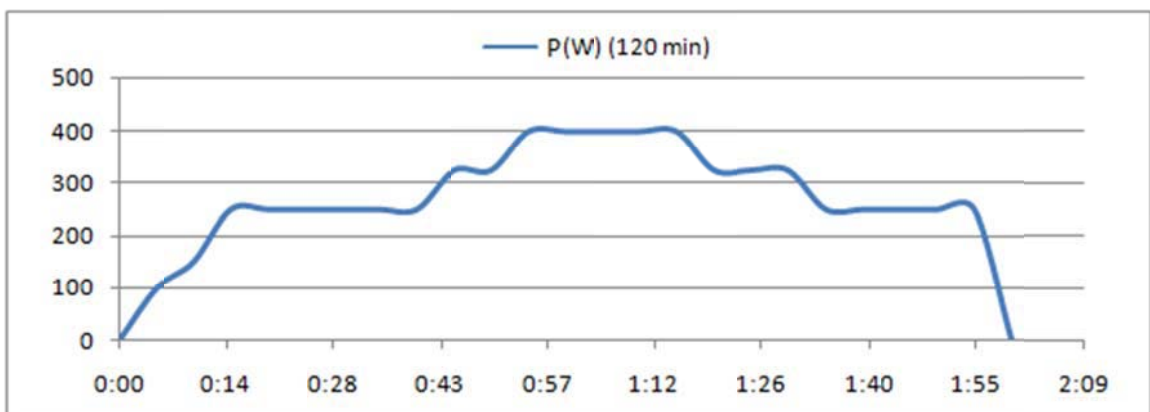


figura10

-TV y PC: ambas cargas se mantienen prácticamente constantes con pequeñas variaciones durante su funcionamiento debido a su bajo consumo.

Una vez realizado el estudio sobre las diferentes cargas del prototipo y conocido sus consumos, se puede obtener la curva de demanda diaria estándar. Se ha realizado en periodos de 5 min durante 24 h (ver apartado 2.-ANEXOS, punto 2.1), obteniéndose la siguiente gráfica:

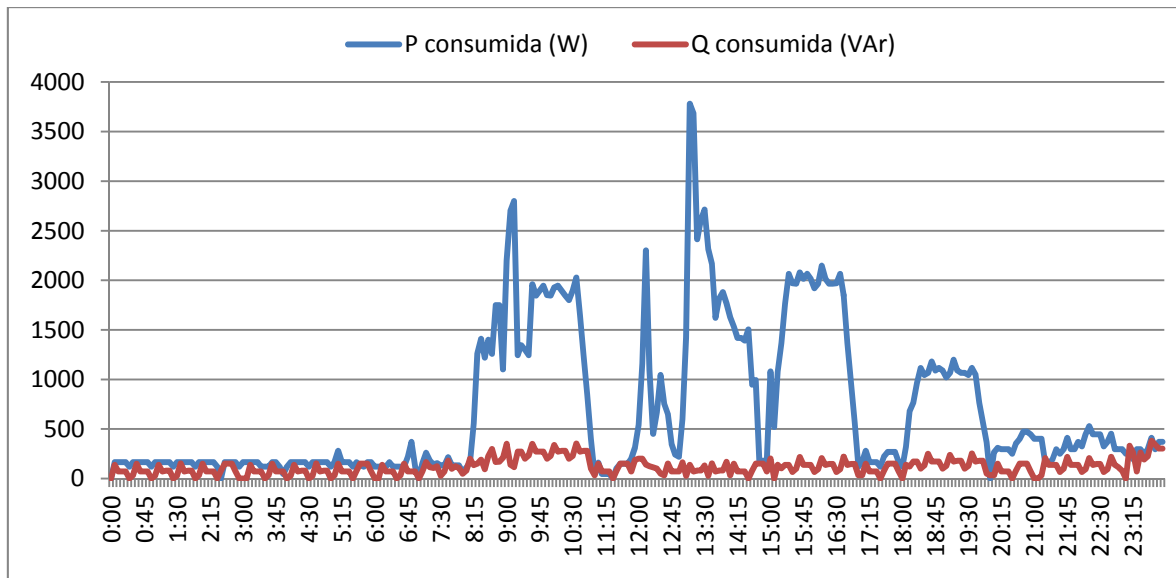


figura11

El mayor pico de demanda se produce a la hora de la comida, llegándose a 3800 W; esto es debido a la puesta en marcha de la cocina de inducción y aire acondicionado (sistema de climatización); se puede observar como durante la noche, la nevera y frigorífico, consumen tanto potencia activa como reactiva, ya que es el único consumo de la vivienda que se encuentra activo las 24 horas del día. La curva de consumo puede variar en función del usuario, dependiendo de la época del año, si es día festivo, con picos mayores que pueden alcanzar la potencia máxima instalada (4.9 kW); en este caso se ha realizado para un día entre semana en el mes de Julio que corresponde con la competición, para adaptarla al concurso. Por tanto, como era de predecir, la potencia total demandada por la instalación no supera los 5 kW, siendo la potencia instalada de 4.9 kW. Se trata de un nivel de electrificación básica:

Concepto	P Unitaria (kW)	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
Vivienda de electrificación básica	5.75	4.9	4.5

A partir de la curva de potencia consumida se puede obtener la curva de energía consumida a lo largo de un día de competición (figura12):

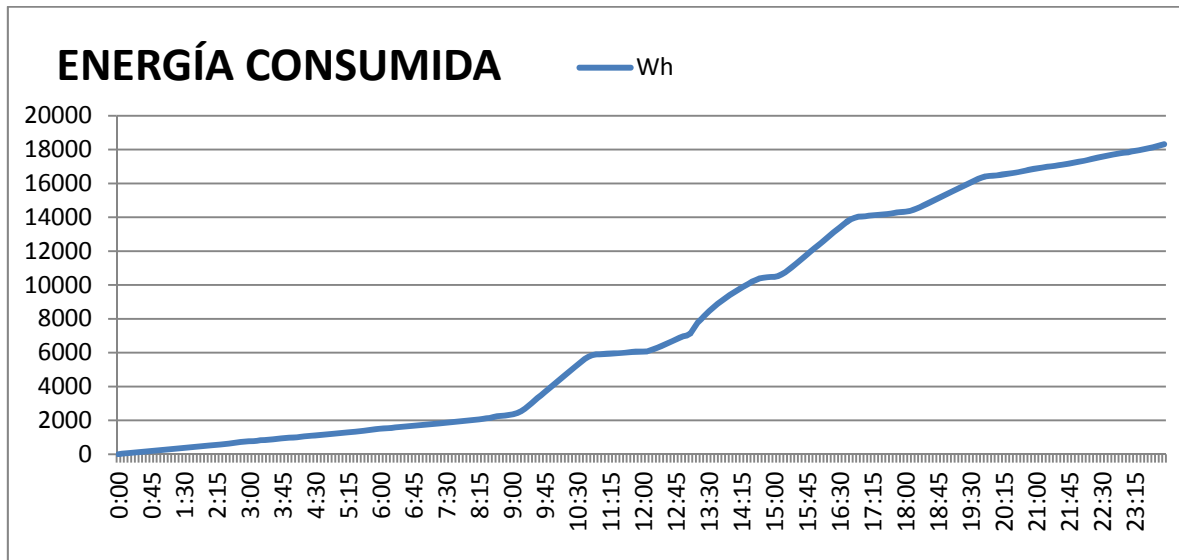


figura12

Se puede observar que la energía total consumida en una jornada asciende a 18.3 kWh/día.

1.6.2.- INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

La instalación de energía solar fotovoltaica se sitúa en la cubierta, para aprovechar y optimizar la superficie útil de esta planta, colocando el número de paneles correspondientes hasta que la potencia instalada sea igual o aproximadamente 5 kW, sin sobrepasar dicho valor.

Dado que Solar Decathlon Europe es el concurso de viviendas solares sostenibles más importantes del mundo, se ha considerado indispensable y necesaria la instalación de seguidores solares. La razón de esta decisión reside en que la producción de energía diaria aumenta entorno un 25% respecto de un sistema solar fijo.

La disposición de las filas de paneles estará totalmente alineada con la de la vivienda ya que está orientada a sur sin desviaciones, es decir, con Azimut 0°; respecto la inclinación de los paneles, éstos se hallan a 0° debido a que la cubierta tiene pendiente 0° en dirección

norte-sur y el sistema de seguimiento elegido se adapta a la inclinación de la cubierta (0°). Por tanto, el sistema solar elegido es el siguiente: seguidor solar de un eje azimutal con ángulo de giro de $\pm 45^\circ$ de este a oeste con una inclinación fija de 0° al sur.

A continuación se muestran las curvas de potencia obtenida por la instalación solar durante los días de la competición sabiendo que se van a instalar un total de 28 paneles de 175 Wp, alcanzando una potencia instalada de 4.9 kWp. El estudio de radiación se ha realizado sobre las coordenadas:

Latitud (Norte): 48.800483

Longitud (Este): 2.104742

La información de dicho estudio se ha extraído de la base de datos de radiación solar PVGIS. Sobre los datos extraídos de radiación, se han aplicado coeficientes de pérdidas, ya que no toda la radiación que alcanza los paneles se transforma en energía eléctrica. Los coeficientes de pérdidas que se han considerado son los siguientes:

1.- Rendimiento del inversor: como todo dispositivo electrónico, los inversores al convertir la corriente continua en corriente alterna tienen pérdidas, que dependen de la calidad del inversor; de igual modo, no ofrecen el mismo rendimiento cuando trabajan a plena o baja carga. Por tanto, se debe considerar tal rendimiento.

2.- Pérdidas por temperatura: las células fotovoltaicas van perdiendo rendimiento a medida que su temperatura aumenta. Considerando que la competición se realiza en Julio y que las temperaturas van a ser relativamente altas respecto de otras épocas del año es importante considerar el rendimiento de los paneles en función de la temperatura que puedan alcanzar las células solares.

3.- Pérdidas por caída de tensión (pérdidas por cableado): estas pérdidas hacen referencia a la resistencia que ofrecen los conductores eléctricos. A lo largo de la trayectoria del cableado, la tensión irá disminuyendo debido a la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica.

4.- Pérdidas por orientación: a pesar de que la vivienda está orientada a sur, durante la instalación de la planta solar, ésta puede no estar con una orientación perfecta. Estas pérdidas se consideran mínimas (1%).

5.- Pérdidas por radiación: los paneles solares no ofrecen el mismo rendimiento cuando la radiación solar es alta o cuando ésta es mínima. Considerar este coeficiente es importante para determinar en qué momentos del día se podrá disponer de la mayor cantidad de energía para su consumo.

En el apartado 2.-ANEXOS, punto 2.2, se pueden encontrar los valores de los coeficientes de pérdidas utilizados y su variación en función de la temperatura y de la radiación solar.

Las curvas de potencia generada para día soleado [figura13] y día nublado [figura14] se muestran a continuación:

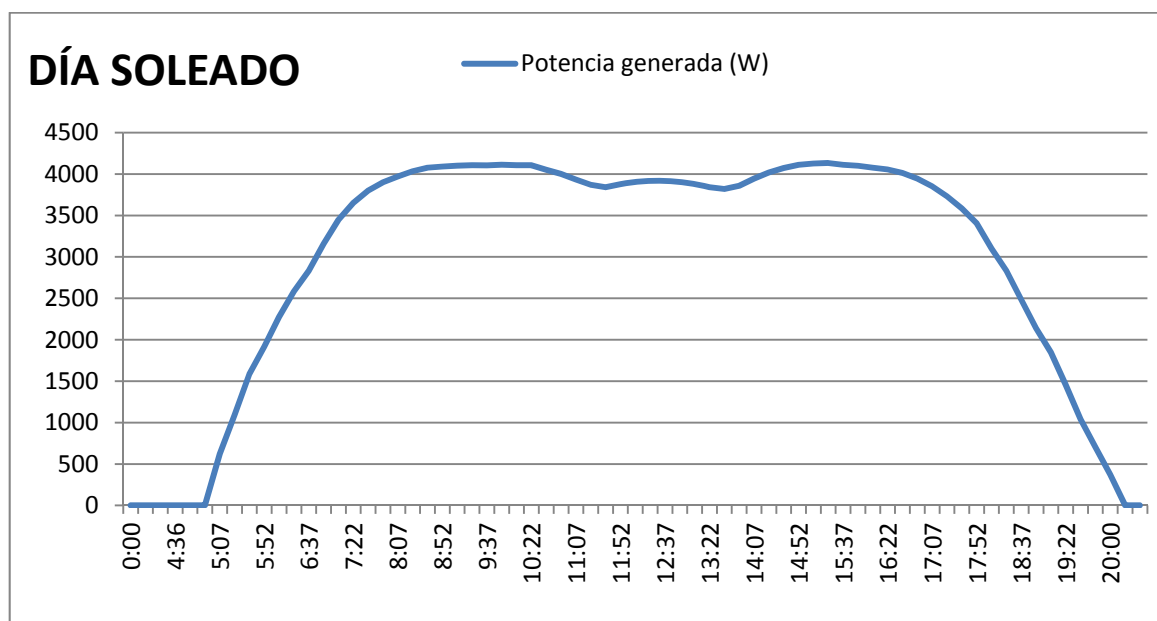


figura13

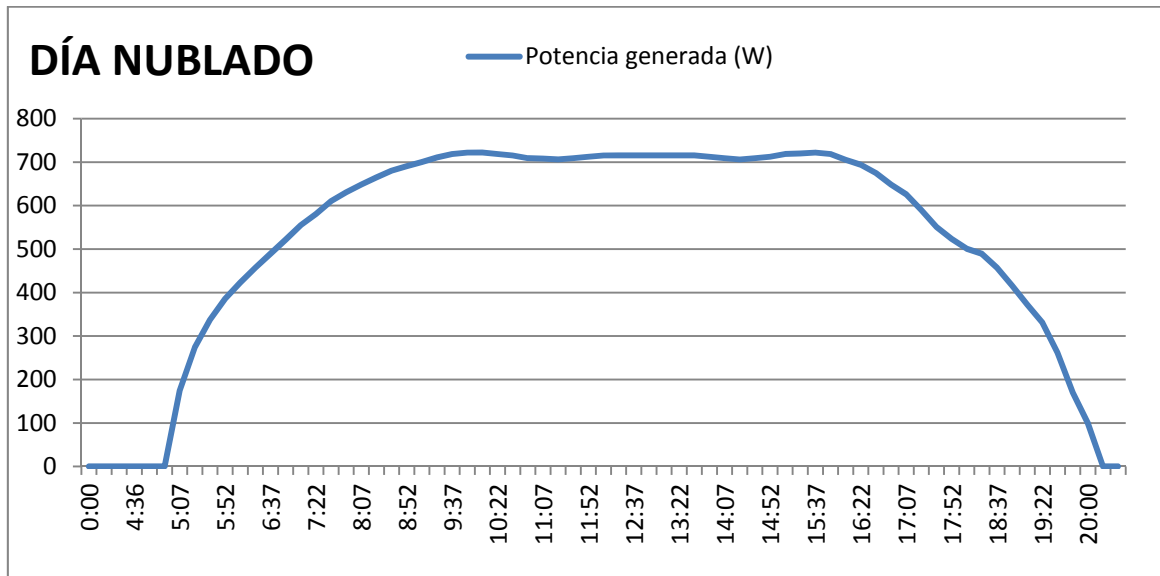


figura14

A partir de las curvas de potencia generada, correspondiente con un día de Julio (la competición abarca del 28 de Junio al 14 de Julio), se obtiene la energía generada a lo largo de un día (figura15 y figura16):

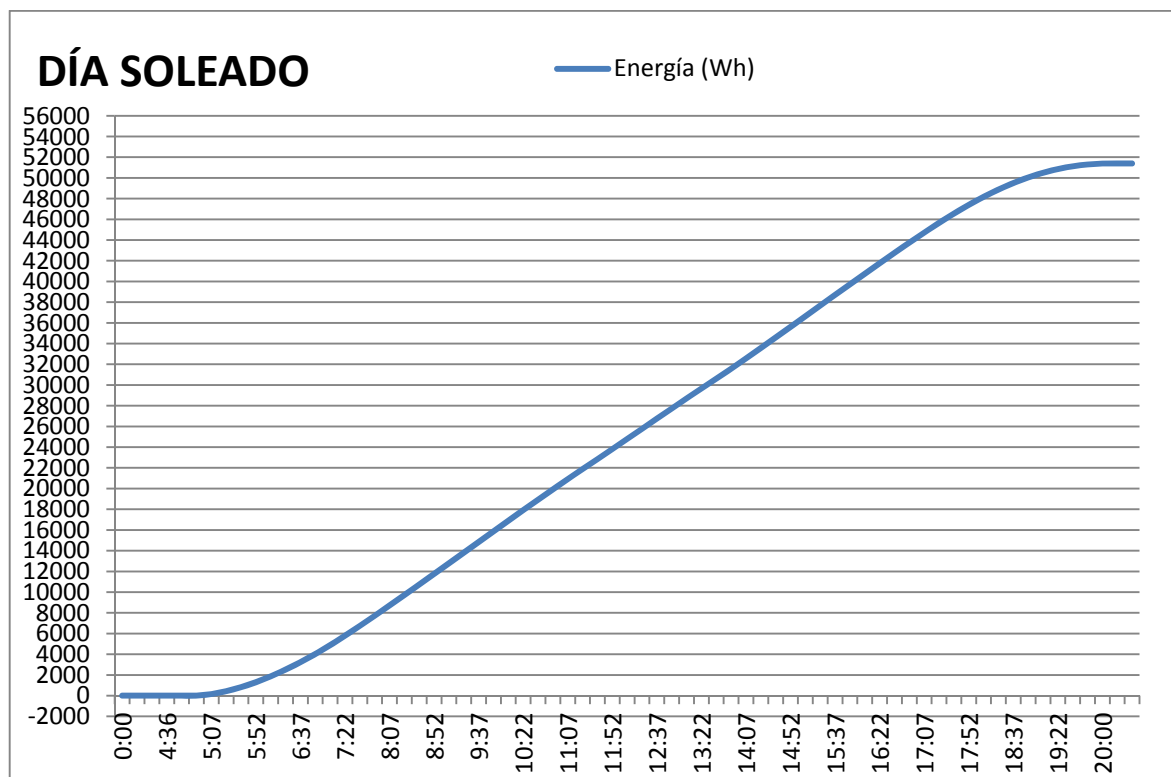
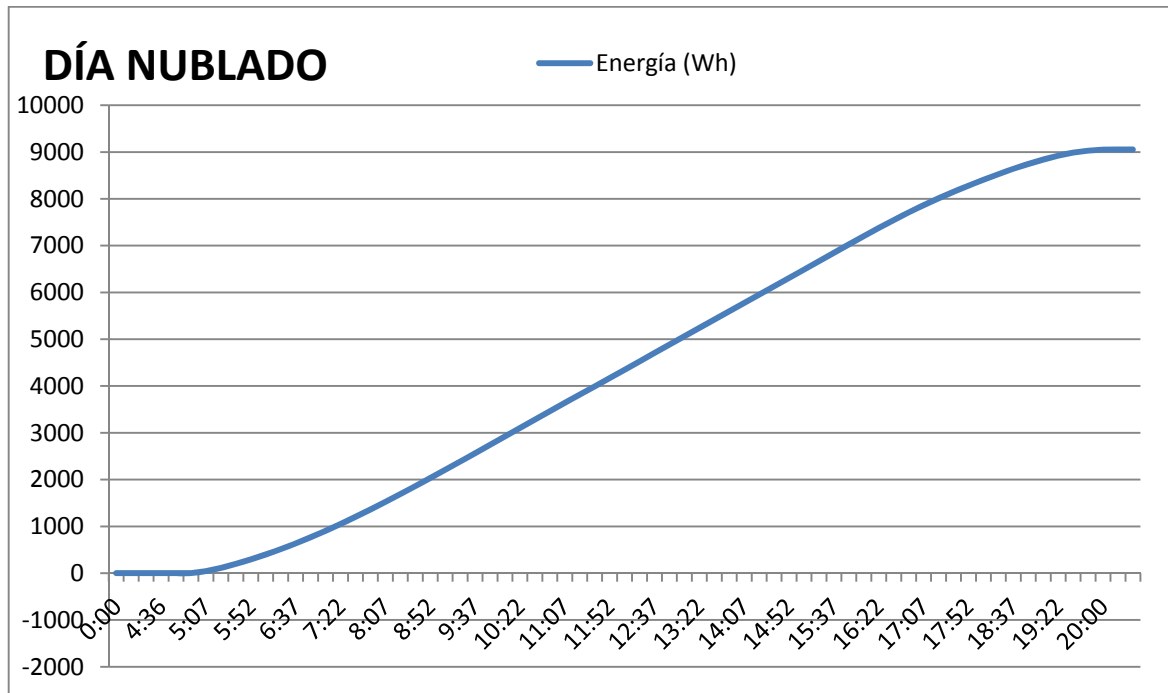


figura15

**figura16**

Con las gráficas de potencia y energía consumida por la vivienda y la potencia y energía generada por la instalación solar, ya se puede obtener la potencia y energía neta que se podrá verter a la red en los días de competición. Como requisito de la competición dicha energía debe ser superior a 10 kWh/día para obtener puntuación. Las figuras 18 y 20 muestran este balance para día soleado y nublado:

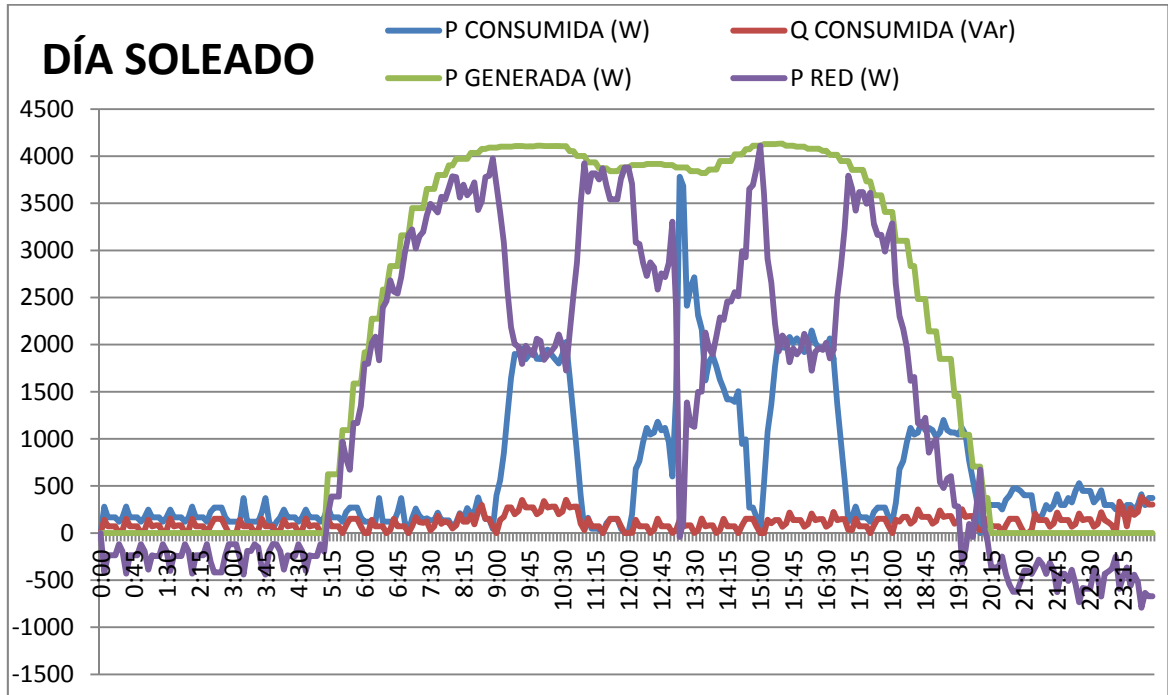


figura17

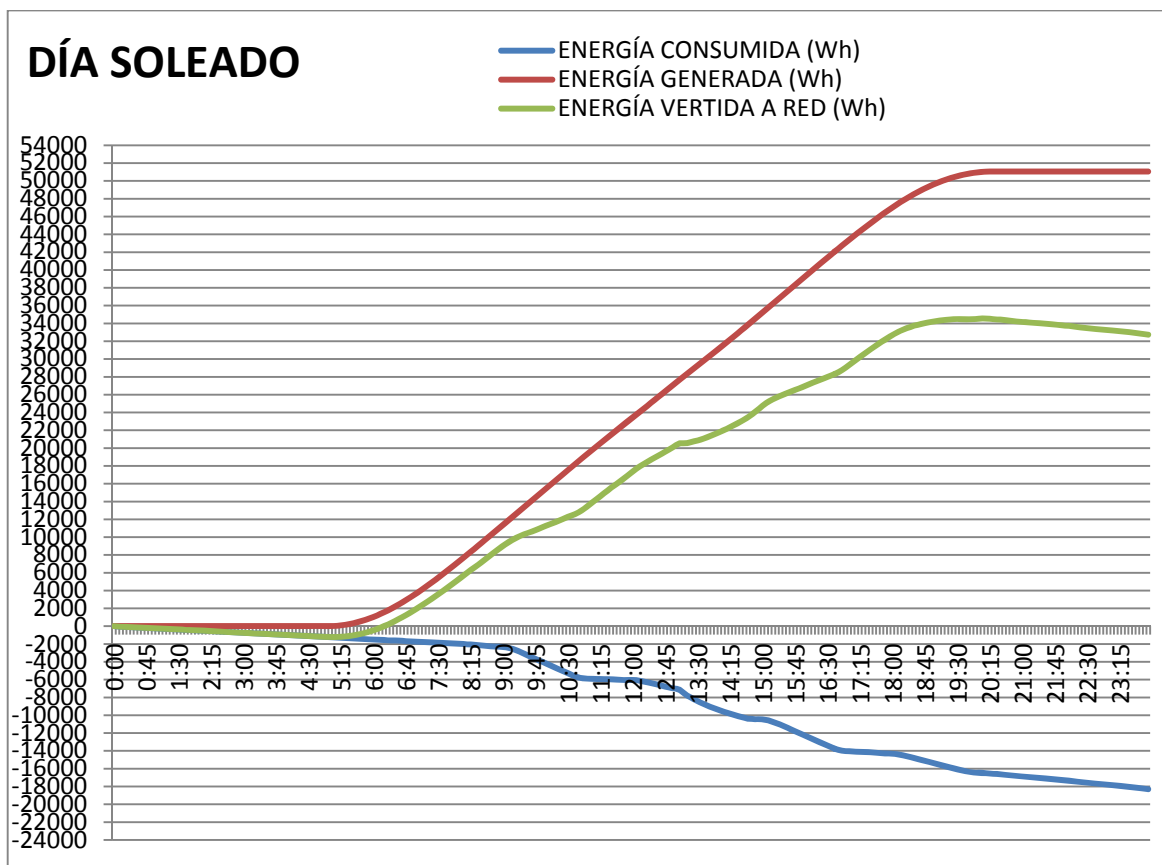


figura18

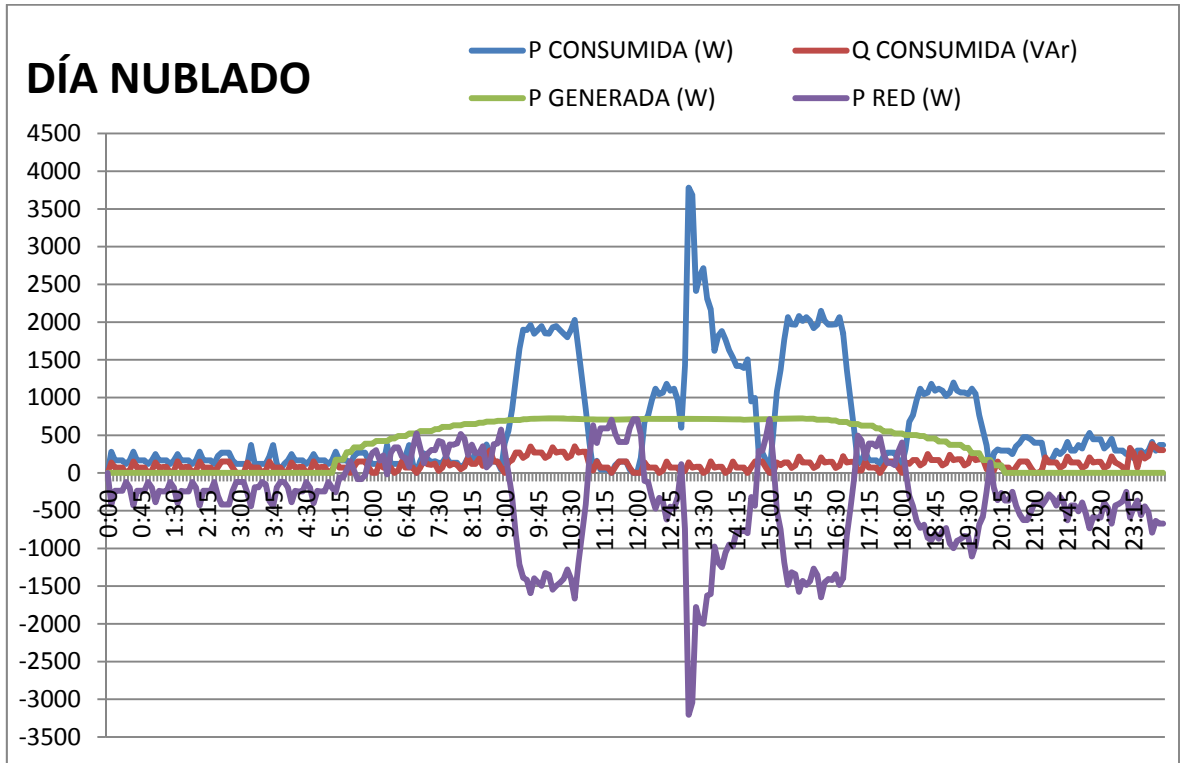


figura19

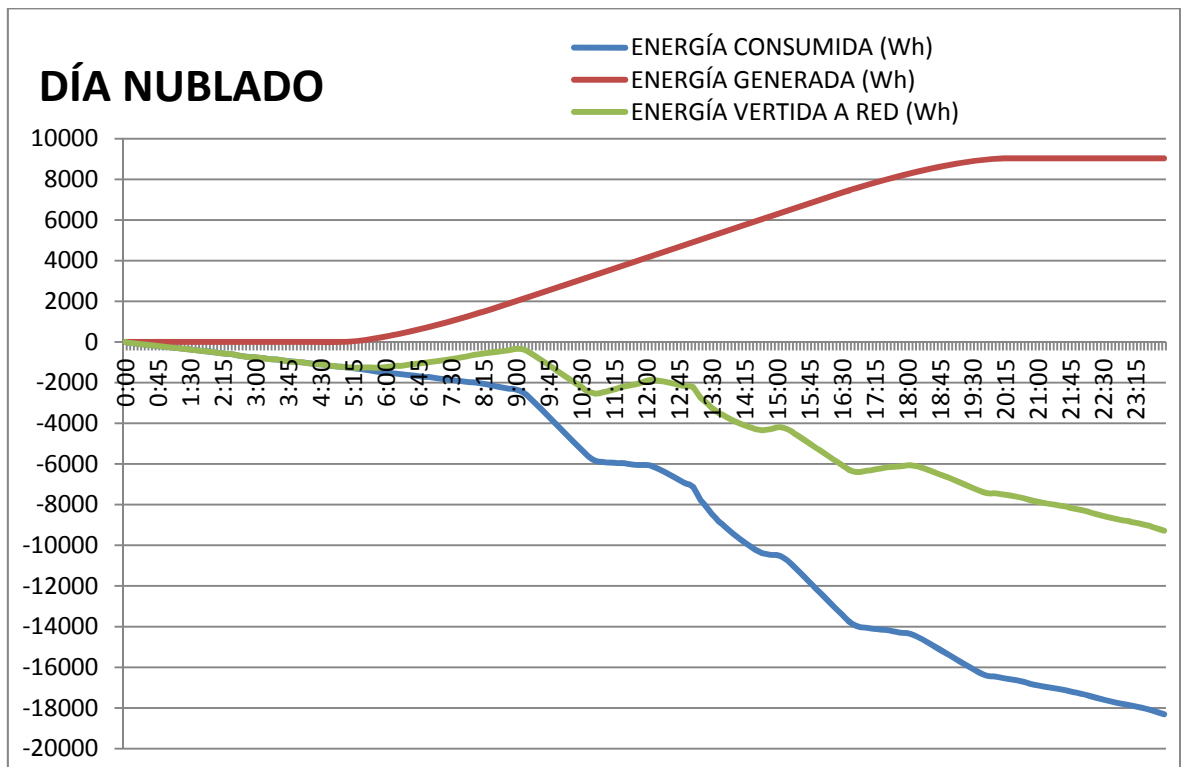


figura20

1.7.- RESULTADOS FINALES

1.7.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.7.1.1- ORIGEN DE LA INSTALACIÓN

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de 6 kA.

El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K(AS). RZ1 0.6/1 kV 2 x 16 mm de Cu.

1.7.1.2.- CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM)

Dado que se trata de un solo usuario (vivienda independiente), se simplifican las instalaciones de enlace al coincidir en el mismo lugar la Caja General de Protección (CGP) y la situación del equipo de medida y no existir, por tanto, la Línea General de Alimentación (LGA). En consecuencia, el fusible de seguridad exigido coincide con el de la CGP. De esta manera, la caja general de protección que incluye un contador, fusibles de protección y demás medidas de protección, se denomina Caja de Protección y Medida (CPM). Se instalará una CPM.

La ubicación de la caja de protección y medida se situará en el cuarto de instalaciones exterior. Si la puerta de esta caja es metálica, deberá conectarse a tierra mediante un conductor de cobre.

Las protecciones y aparatos de medidas correspondientes a la CPM se encuentran en el apartado 2.- ANEXOS, 2.3.- CÁLCULOS INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

1.7.1.3.- DERIVACIÓN INDIVIDUAL (DI)

La derivación individual enlaza la caja de protección y medida con los dispositivos generales de mando y protección, pasando por la caja para interruptor de control de potencia. A continuación se halla la instalación de interior.

Al tratarse de un suministro monofásico, la DI estará formada por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección. El conductor de protección estará integrado en la derivación individual y conectado al embarrado correspondiente de puesta a tierra. Desde éste, a través del punto de puesta a tierra, quedará conectado a la red de tierra de la vivienda.

El tipo de derivación individual será: RZ1-K(AS). RZ1 0.6/1 kV 3 x 6 mm de Cu.

Respecto la canalización de la derivación individual, ésta irá dentro de tubo de 32 mm² no propagador de llama en falso techo hasta el cuarto de instalaciones de interior para realizar la conexión con el Cuadro General de Mando y Protección.

1.7.1.4.- INSTALACIÓN INTERIOR

En el cuarto de instalaciones de interior se instalará el cuadro general de distribución o Cuadro General de Mando y Protección (CGMP). Éste contará con los siguientes dispositivos de protección:

-Protección contra contactos indirectos: esta protección se garantiza mediante un interruptor diferencial.

-Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: Se lleva a cabo mediante un interruptor general automático de corte bipolar con suficiente capacidad de corte para la protección de la derivación individual, y con interruptores automáticos para cada uno de los circuitos interiores.

La composición del Cuadro General de Mando y Protección es la siguiente:

Protección	Intensidad nominal(A)	Tensión (V)	Poder de corte (kA)	Línea
ICP	25	230	6; Tipo C	RZ1 0.6/1 kV Cobre rígido 2 x 6 mm ² ; EN/IEC60898-1
IG	32	230	6; Tipo C	RZ1 0.6/1 kV Cobre rígido 2 x 6 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
ID	40	230	Sensibilidad 30 mA; Tipo AC	RZ1 0.6/1 kV Cobre rígido 2 x 6 mm ² ; IEC61008-1 Instantáneos; IEC 60947
IA	10	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 1,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	16	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 2,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	25	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 6 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 6 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	16	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 2,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	16	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 2,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	16	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 2,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529
IA	16	230	4.5; Tipo C	H07V 450/750 V Cobre rígido 2 x 2,5 mm ² ; CP: H07V 450/750 V Cobre rígido 2,5 mm ² ; EN/IEC60898-1; EN/IEC 60529

Respecto a las canalizaciones de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda, se resumen en la siguiente tabla:

Circuito	Tipo de instalación
Alumbrado (C1)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 16 mm ² no propagador de llama
Tomas de uso general (C2)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 20 mm ² no propagador de llama
Horno y cocina de inducción (C3)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 25 mm ² no propagador de llama
Lavadora-Secadora (C4)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 20 mm ² no propagador de llama
Lavavajillas (C4)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 20 mm ² no propagador de llama
Termo eléctrico y climatización (C4)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 20 mm ² no propagador de llama
Cuarto de baño (C5)	Dentro de tubo en falso techo: Sección de tubo 20 mm ² no propagador de llama

Todos los cálculos correspondientes a esta sección se justifican en el apartado 2.- ANEXOS, 2.3.- CÁLCULOS INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

1.7.2- CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

1.7.2.1.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Descrito ya en el apartado 1.5.2 de este proyecto, la instalación solar fotovoltaica se situará en la planta cubierta de la vivienda, teniendo ésta una superficie: $A_{\text{CUBIERTA}} = 64 \text{ m}^2$ sin inclinación. El número total de paneles solares a instalar asciende a 28 siendo la disposición de los mismos la siguiente (figura21):

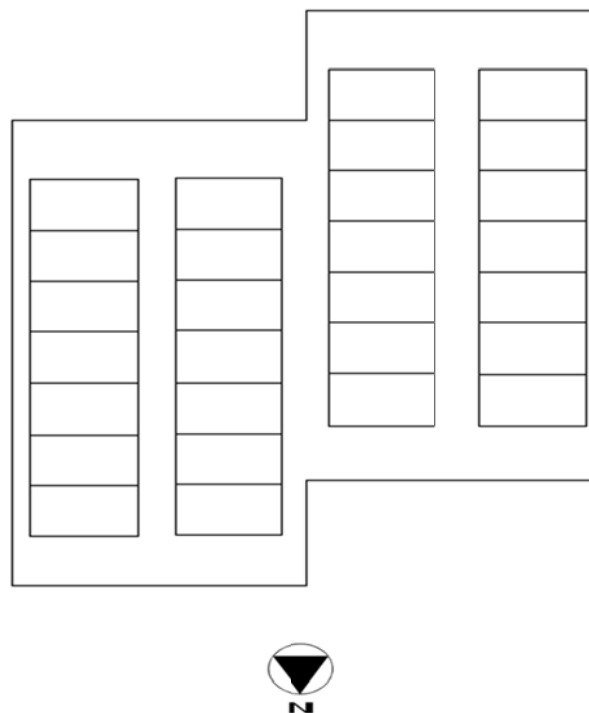


figura21

Por lo que respecta a la agrupación de los módulos en serie/paralelo, éstos se van a distribuir de la manera más adecuada posible atendiendo a sus características y a las del inversor.

Principales características del inversor:

-Rango de tensiones de continua a la entrada del inversor: $V_{cc} = 180-550 \text{ V}$.

-Intensidad máxima de salida del inversor: $I_{m\acute{a}x} = 23.2 \text{ A}$.

-Curva de eficiencia máxima.

-8 entradas de continua agrupadas en 2 independientes (4 entradas cada una de ellas). Este inversor ofrece la posibilidad de conectar 2 matrices independientes de paneles solares.

Principales características de los módulos:

-Tensión de circuito abierto: $V_{oc} (T = 25^\circ \text{ C}) = 44.8 \text{ V}$.

-Intensidad de cortocircuito: $I_{sc} = 5.17 \text{ A}$.

-Potencia pico módulos: $P_{p_panel} = 175 \text{ Wp}$.

Una vez conocidas las principales características tanto del inversor como de los paneles solares, la solución propuesta que mejor se adapta para que el rango de tensiones e intensidades esté dentro de los límites del inversor y conociendo que el inversor proporciona un mayor rendimiento a tensiones próximas a 360 V, es la siguiente:

-2 matrices iguales independientes, cada una de ellas conectada a una entrada diferente del inversor. Cada matriz formada por 2 ramas en paralelo con 7 módulos por rama, con un total de 14 módulos por matriz. Las dos matrices suman los 28 módulos a instalar. De esta forma se garantiza que la tensión mínima y máxima del punto de máxima potencia de cada rama esté dentro del rango de tensiones de entrada al inversor.

El valor máximo de la tensión de entrada al inversor corresponde al valor de tensión a circuito abierto del panel cuando la temperatura del módulo es mínima:

$$V_{ocm\acute{a}x} = k_u \times U_{ocSTC}$$

$$k_u = 1 + \frac{\alpha U_{oc}}{100} \times (T_{m\acute{i}n} - 25) = 1 + \frac{-0.37}{100} \times (15 - 25) = 1.04$$

$$\alpha U_{oc} = -0.37\%/^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{mín}} = 15^{\circ}\text{C}, \text{ en verano}$$

$$U_{\text{ocmáx}} = k_u \times U_{\text{ocSTC}} = 1.04 \times 44.8 = 46.6 \text{ V} \rightarrow U_{\text{ocmáx}} = 46.6 \text{ V}$$

Los cálculos para determinar la intensidad máxima se detallan a continuación:

$$I_{\text{scmáx}} = k_i \times I_{\text{scSTC}}$$

$$I_{\text{scSTC}} = 5.17 \text{ A}$$

$$K_i \geq 1.25$$

$$I_{\text{scmáx}} = k_i \times I_{\text{scSTC}} = 1.25 \times 5.17 = 6.46 \text{ A} \rightarrow I_{\text{scmáx}} = 6.46 \text{ A}$$

Se observa como los niveles de tensión que se pueden alcanzar por rama están dentro de los límites del inversor:

-MATRIZ 1 (DC1):

$$V_{\text{oc}} = N^{\circ} \text{ paneles serie} \times V_{\text{oc}} = 7 \times 44.8 = 313.6 \text{ V}$$

$$I_{\text{sc}} = N^{\circ} \text{ ramas paralelo} \times I_{\text{sc}} = 2 \times 5.17 = 10.34 \text{ A}$$

$$V_{\text{ocmáx}} = N^{\circ} \text{ paneles serie} \times V_{\text{ocmáx}} = 7 \times 46.6 = 326.2 \text{ V}$$

$$I_{\text{scmáx}} = N^{\circ} \text{ ramas paralelo} \times I_{\text{scmáx}} = 2 \times 6.46 = 12.92 \text{ A}$$

-MATRIZ 2 (DC2):

$$V_{\text{oc}} = N^{\circ} \text{ paneles serie} \times V_{\text{oc}} = 7 \times 44.8 = 313.6 \text{ V}$$

$$I_{\text{sc}} = N^{\circ} \text{ ramas paralelo} \times I_{\text{sc}} = 2 \times 5.17 = 10.34 \text{ A}$$

$$V_{\text{ocmáx}} = N^{\circ} \text{ paneles serie} \times V_{\text{ocmáx}} = 7 \times 46.6 = 326.2 \text{ V}$$

$$I_{\text{scmáx}} = N^{\circ} \text{ ramas paralelo} \times I_{\text{scmáx}} = 2 \times 6.46 = 12.92 \text{ A}$$

De esta forma, la potencia pico de cada rama sería:

$$P_{p_{rama}} = N^{\circ} \frac{\text{módulos}}{\text{rama}} \times P_{p_{panel}} = \frac{7}{1} \times 175 = 1225 \text{ Wp}$$

Como hay 2 ramas por matriz:

$$P_{p_{matriz}} = 2 \times P_{p_{rama}} = 2 \times 1225 = 2250 \text{ Wp}$$

La potencia pico total, $P_{p_{total}}$, dado que la instalación consta de 2 matrices iguales, será el doble que la $P_{p_{matriz}}$.

$$P_{p_{total}} = 2 \times P_{p_{matriz}} = 2 \times 2250 = 4900 \text{ Wp}$$

Resumen:

Matrices	Módulos/Matriz	Ramas/Matriz	Módulos/Rama	Total paneles	$P_{p_{total}}$
2	14	2	7	28	4.9 kW _p

La distancia entre placas para que éstas cumplan con su función sin que las ramas de módulos se hagan sombras entre sí, debe cumplir la siguiente ecuación:

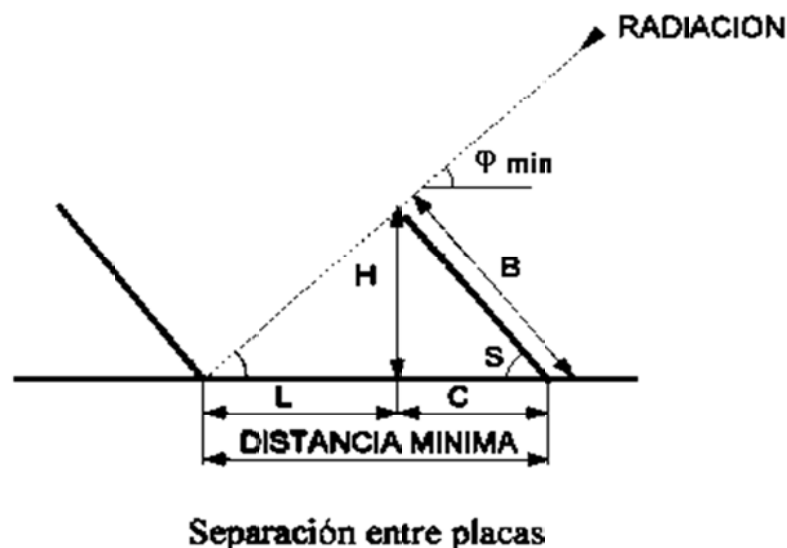


figura22

$$D_{\text{mín}} = B \times \text{Cos}(S) + \frac{B \times \text{Sen}(S)}{\text{Tg}(\varphi_{\text{mín}})}$$

$\varphi_{\text{mín}}$ = Altura solar mínima al mediodía solar. En Francia $\varphi_{\text{mín}} = 23^\circ$.

$\varphi_{\text{mín}} = (90^\circ - \varphi)$, donde φ es la latitud del emplazamiento en $^\circ \rightarrow \varphi = 48.800483^\circ$.

S = inclinación máxima de los orientadores = 45° .

B = Longitud en metros de las placas solares = 1.580 m.

Aplicando la expresión:

$$D_{\text{mín}} = B \times \text{Cos}(S) + \frac{B \times \text{Sen}(S)}{\text{Tg}(\varphi_{\text{mín}})} = 1.580 \times \text{Cos}(45) + \frac{1.58 \times \text{Sen}(45)}{\text{Tg}(90 - 48.8)} = 2.39 \text{ m}$$

1.7.2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

1.7.2.2.1.- PANELES SOLARES

La siguiente tabla muestra un resumen de las principales características técnicas de los paneles solares escogidos: RISEN SYP 175S-M:

Potencia máxima (W_p)	175
Tensión punto de máxima potencia (V)	36
Corriente punto máxima potencia (A)	4.86
Tensión de circuito abierto (V)	44.8
Corriente de cortocircuito (A)	5.17

Datos sujetos a condiciones estándar de ensayo (STC): Radiación 1000 W/m^2 y $T^{\text{a}} \text{ célula} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperatura normal de operación	$45 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Coefficiente de temperatura de potencia	$-0,5 \text{ \% / }^{\circ}\text{C}$
Coefficiente de temperatura de circuito abierto	$-0,37 \text{ \% / }^{\circ}\text{C}$
Coefficiente de temperatura de corriente de cortocircuito	$+0,034 \text{ \% / }^{\circ}\text{C}$

Todos los datos técnicos de los generadores se pueden comprobar en el punto 2.- ANEXOS, 2.5.- DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

1.7.2.2.2.- SEGUIDORES SOLARES DE UN EJE

Los seguidores solares serán los encargados de variar la posición de los paneles solares de este a oeste a lo largo del día. Se trata de seguidores solares de un eje que serán los componentes donde irán colocados los paneles solares. La distribución se hará de acuerdo a lo dispuesto en los puntos anteriores.

Como todos los seguidores solares, al disponer de algún tipo de accionamiento para la rotación de las estructuras, consumen energía. Estos seguidores disponen de un motor de corriente continua que trabaja a 24 V . Se dispondrá de 4 motores, uno para cada rama de módulos. El consumo de estos motores se considera despreciable respecto de las demás cargas de la vivienda.

Se trata de seguidores solares de un eje de la marca DuraTrack HZLAA de Array Technologies, fabricante líder de sistemas de seguimiento solar, con productos fabricados en U.S.A. Las características técnicas de estas estructuras solares se encuentran en el punto 2.- ANEXOS, 2.5.- DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

1.7.2.2.3.- INVERSOR

El inversor es el encargado de transformar la corriente continua procedente de la instalación solar fotovoltaica en corriente alterna. Además, cuenta con las siguientes funciones:

-Seguimiento del punto de máxima potencia de la instalación fotovoltaica. El conjunto de módulos conectado a la entrada del inversor tiene una curva de trabajo V-I que varía en función de la radiación solar incidente y de la temperatura de las células. Este inversor es capaz, en cada una de sus dos entradas independientes para cada matriz, de adaptar en cada instante el punto de trabajo V-I del subcampo fotovoltaico con el objetivo de extraer siempre la máxima potencia de los módulos.

-Bajo condiciones de sombras trata de obtener la máxima potencia.

-El inversor permanece en estado activo de espera, hasta que las condiciones de radiación sean idóneas para iniciar la conexión.

-El inversor incorpora protecciones de tensión de salida, de forma que éste se desconectará automáticamente de la red en el caso en que la tensión de salida esté fuera de rango (desconexión automática frente a máxima-mínima tensión $1.1 \times U_{nom}$ y $0.85 \times U_{nom}$, respectivamente).

-El inversor se desconectará de forma automática cuando se detecte un fallo en la red, para impedir su trabajo en modo isla. Automáticamente se conectará cuando se restablezca el servicio en la red. Sistema anti-isla.

-Frente a variaciones de frecuencia, actuará de forma automática desconectándose de la red cuando las variaciones de frecuencia varíen en 1 punto respecto de la frecuencia de la red (50 Hz). La conexión será automática una vez restablecido el valor de la frecuencia nominal.

-El inversor no dispone de aislamiento galvánico pero para cumplimiento de normativa y con certificado oficial del fabricante, se garantiza que la máxima corriente DC inyectada a la red es menor o igual al 0.5 % de la corriente nominal del dispositivo.

-El inversor elegido tiene un seccionador manual propio integrado para la desconexión de la parte DC de la parte de AC.

-El inversor lleva integrado un dispositivo de protección diferencial electrónico que actúa si la corriente de fuga supera los 300 mA o si se producen corrientes de fuga sucesivas de 30 mA.

-El inversor dispondrá en su entrada de un cuadro de protección en CC que cumplirá las funciones de conexión-desconexión del subcampo fotovoltaico, detección de derivación en el circuito de CC y posibilidad de cortocircuitar y conectar a tierra el subcampo frente a fallos de aislamiento en CC.

-También incorporará protecciones contra sobretensiones en CC y contra sobretensiones en CA.

Se trata de un inversor de SCHNEIDER ELECTRIC, modelo CONEXT RL 5000 E-S. Los datos técnicos se pueden encontrar en el punto 2.- ANEXOS, 2.5.- DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.

1.7.2.2.4.- CABLEADO

En el apartado 2.-ANEXOS, se encuentra el dimensionamiento de los conductores de la instalación solar fotovoltaica. Estos serán doblemente aislados con una sección de 2.5 mm² hasta el punto de conexión con el inversor.

1.7.2.2.5.- PROTECCIONES

Las protecciones correspondientes a la instalación solar, a parte de las propias del inversor, son las siguientes:

Parte de corriente continua:

-Protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos en cada rama de módulos. Esta protección consta de fusibles de 16 A tipo gG.

-Protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos en cada matriz. Esta protección consta de fusibles de 32 A tipo gG.

-Protección frente sobretensiones. Esta protección se realiza con varistores.

-Seccionadores.

Parte de corriente alterna:

-Dispositivo de protección diferencial de sensibilidad 30 mA e intensidad nominal 40 A Tipo B.

-Protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos. Esta protección se garantiza con un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 32 A.

Todos los cálculos en el apartado correspondiente de los ANEXOS.

1.7.2.2.6.- CUADRO ELÉCTRICO

En el cuarto de instalaciones de exterior se centralizará toda la aparamenta de la instalación: inversor, protecciones tanto de la parte de continua así como de la parte de alterna y las protecciones de la Caja de Protección y Medida (CPM), contador correspondiente para contabilizar tanto la energía generada vendida a la compañía distribuidora como los posibles consumos debidos a momentos en que no esté generando energía la instalación.

1.7.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

En este proyecto, al tratarse de una competición, en el lugar en el que se realiza el montaje de la vivienda, ya se dispone de la puesta a tierra; tanto la instalación del conductor de protección de la parte de corriente alterna como de la parte de corriente continua, se van a conectar a la piqueta correspondiente, cumpliendo ésta la normativa. En el caso que no se disponga de la puesta a tierra realizada, ésta se efectuaría de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente con lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en sus Instrucciones 18 y 26, quedando sujetas a las mismas las tomas de tierra, las líneas principales de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección.

La toma de tierra está formada por cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 mm^2 , pudiendo ser éste también de acero galvanizado de 95 mm^2 .

Se conectara a tierra, toda la instalación solar, las cajas de protección, el inversor, y la instalación eléctrica de interior.

En el apartado 2.-ANEXOS, 2.5.- CÁLCULOS INSTALACIÓN FOTOVOLTIACA, se pueden encontrar los cálculos de los conductores de protección.

1.8.- NORMATIVA Y REFERENCIAS

La normativa y reglamento en la que se ha basado la realización de este proyecto es la siguiente:

REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.

UNE-EN 50086-2-1 y UNE-EN 50085: Sistemas de canalización (calidad mínima).

UNE 21.123-4: Características mínimas para los cables. Sistema de designación de cables.

UNE 20451: Requisitos generales para envolventes de accesorios para instalaciones eléctricas fijas de usos domésticos y análogos.

UNE 60439-3: Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

UNE-EN 50525-2-31:2012. Parte 2-31: Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V. Cables de utilización general. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico (PVC).

UNE-EN 20460-4-41: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos.

UNE-EN 61643-11:2013: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias de baja tensión. Parte 11: Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias conectados a sistemas eléctricos de baja tensión.

UNE 20317: Interruptores automáticos magnetotérmicos para control de potencia de 1.5 A a 63 A.

UNE-EN 60269: Fusibles de baja tensión. Fusibles con curva de fusión tipo g.

UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades.

UNE-EN 61009: Interruptores diferenciales con dispositivo de protección contra sobrecorrientes incorporado.

La normativa seguida en lo que respecta a la instalación solar fotovoltaica es la siguiente:

IEC 61727: Sistemas fotovoltaicos (PV)- Especificaciones de la interfaz de conexión a red.

UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.

IEC 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de edificios.

IEC 60269-6: 2012: Fusibles de baja tensión. Parte 6: requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica.

Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

Ley del sector eléctrico 24/2013.

Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Actualización 2013 Orden IET/221/2013, de 14 de febrero.

Real Decreto Ley 9/2013 de 13 de Julio.

RD 661/2007: Regulación para la producción de energía eléctrica en régimen especial.

1.9.- JUSTIFICACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL

La instalación eléctrica y solar fotovoltaica del prototipo Solar Decathlon Europe 2014 de la Universitat Jaume I, cumple con lo dispuesto a la normativa expuesta en el punto 1.8 de la memoria. El proyecto cumplirá con las directrices de los órganos competentes para asegurar su correcto funcionamiento, y cumplir con todos los puntos marcados, tanto técnica como legalmente.

En cuanto a la viabilidad económica, la instalación eléctrica es un proyecto básico dentro de la edificación y no posee ninguna característica excepcional que haga imposible sufragar los gastos derivados del proyecto y de la posterior instalación. En el punto 5.- PRESUPUESTO, se encuentra desglosado tanto el presupuesto de la instalación eléctrica como el de la instalación fotovoltaica.

En instalaciones solares fotovoltaicas con conexión a red, la energía excedente que se vierte a red es comprada por la empresa distribuidora. Las nuevas tarifas que se siguen para el año 2014, según el artículo 2 Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo a aplicar desde el 1 de Enero de 2013 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, y que afecta a esta instalación, se resumen en la siguiente tabla:

Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh
b.1.1	P < 100 kW	Primeros 30 años	48,8606
	100 kW < P < 10 MW	Primeros 30 años	46,3218
	10 MW < P < 50 MW	Primeros 30 años	25,4926

Se establece en 0 c€/kWh el valor de la prima de referencia de los diferentes grupos y subgrupos de las diferente categorías de instalaciones y, asimismo, se suprimen los valores de los límites superiores e inferiores. Ello conlleva que, de los dos mecanismos de retribución que establece el artículo 24 (tarifa regulada o, alternativamente, valor de mercado más prima), las instalaciones deberán elegir entre tarifa regulada o valor de la electricidad de mercado pero sin la prima de referencia.

Esta instalación se engloba dentro de la categoría b (instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no fósiles), grupo b.1 (instalaciones que utilicen como energía primaria la energía solar), subgrupo b.1.1 (instalaciones que utilicen únicamente la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica) con potencia instalada menor de 100 kW.

2.-ANEXOS.

2.1.- JUSTIFICACIÓN DE LA CURVA DE POTENCIA DEMANDADA

A continuación se justifica la obtención de la curva de potencia demandada por la vivienda. El método para obtener dicha curva se basa en suponer periodos de funcionamiento de los electrodomésticos típicos del sector residencial a lo largo de un día, extrayendo datos cada 5 min durante las 24 horas del día.

Hora	Electrodomésticos y sistemas de trabajo	P consumida (W)	Q consumida (VAr)
0:00	nevera y frigorífico	0	0
0:05	nevera y frigorífico	165.71	139.43
0:10	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:25	nevera y frigorífico	120	0
0:30	nevera y frigorífico	165.71	32
0:35	nevera y frigorífico	165.71	150.86
0:40	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:45	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:50	nevera y frigorífico	165.71	70.86
0:55	nevera y frigorífico	120	0
1:00	nevera y frigorífico	165.71	27.43
1:05	nevera y frigorífico	165.71	139.43
1:10	nevera y frigorífico	165.71	70.86
1:15	nevera y frigorífico	165,71	80
1:20	nevera y frigorífico	165.71	80
1:25	nevera y frigorífico	120	0
1:30	nevera y frigorífico	165.71	27.43
1:35	nevera y frigorífico	165.71	153.14
1:40	nevera y frigorífico	165.71	70.86
1:45	nevera y frigorífico	165.71	80
1:50	nevera y frigorífico	165.71	80
1:55	nevera y frigorífico	120	0
2:00	nevera y frigorífico	165.71	32
2:05	nevera y frigorífico	165.71	150.86
2:10	nevera y frigorífico	165.71	70.86
2:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
2:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86

2:25	nevera y frigorífico	120	0
2:30	nevera y frigorífico	0	80
2:35	nevera y frigorífico	165.71	150.86
2:40	nevera y frigorífico	165.71	150.86
2:45	nevera y frigorífico	165.71	150.86
2:50	nevera y frigorífico	165.71	70.86
2:55	nevera y frigorífico	120	0
3:00	nevera y frigorífico	165.71	0
3:05	nevera y frigorífico	165.71	0
3:10	nevera y frigorífico	165.71	139.43
3:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
3:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86
3:25	nevera y frigorífico	120	70.86
3:30	nevera y frigorífico	120	0
3:35	nevera y frigorífico	120	32
3:40	nevera y frigorífico	165.71	150.86
3:45	nevera y frigorífico	165.71	70.86
3:50	nevera y frigorífico	120	70.86
3:55	nevera y frigorífico	45.71	70.86
4:00	nevera y frigorífico	120	0
4:05	nevera y frigorífico	165.71	27.43
4:10	nevera y frigorífico	165.71	139.43
4:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
4:20	nevera y frigorífico	165.71	80
4:25	nevera y frigorífico	165.71	80
4:30	nevera y frigorífico	120	0
4:35	nevera y frigorífico	165.71	27,43
4:40	nevera y frigorífico	165.71	153.14
4:45	nevera y frigorífico	165.71	70.86
4:50	nevera y frigorífico	165.71	80
4:55	nevera y frigorífico	165.71	80
5:00	nevera y frigorífico	120	0
5:05	nevera y frigorífico	165.71	32
5:10	nevera y frigorífico	280	150.86
5:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
5:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86
5:25	nevera y frigorífico	165.71	70.86
5:30	nevera y frigorífico	120	0

5:35	nevera y frigorífico	165.71	80
5:40	nevera y frigorífico	135	150.86
5:45	nevera y frigorífico	120	150.86
5:50	nevera y frigorífico	165.71	150.86
5:55	nevera y frigorífico	165.71	70.86
6:00	nevera y frigorífico	120	0
6:05	nevera y frigorífico	120	0
6:10	nevera y frigorífico	120	139.43
6:15	nevera y frigorífico	120	70.86
6:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86
6:25	nevera y frigorífico	120	70.86
6:30	nevera y frigorífico	120	0
6:35	nevera y frigorífico	120	32
6:40	nevera y frigorífico	120	150.86
6:45	nevera y frigorífico	220	70.86
6:50	nevera y frigorífico	370	70.86
6:55	nevera y frigorífico	120	70.86
7:00	nevera, frigorífico	0	0
7:05	nevera, frigorífico	155.24	71.24
7:10	nevera, frigorífico	259.43	166.81
7:15	nevera, frigorífico	182.62	114.67
7:20	nevera, frigorífico	144.29	107.38
7:25	nevera, frigorífico	155.24	123.81
7:30	nevera, frigorífico	131.43	27.38
7:35	nevera, frigorífico	133.33	71.24
7:40	nevera, frigorífico	215.62	180.52
7:45	nevera, frigorífico	133.33	98.24
7:50	nevera, frigorífico	133.33	123.81
7:55	nevera, frigorífico	133.33	107.38
8:00	nevera, frigorífico	65.71	49.29
8:05	nevera, frigorífico	111.43	81.29
8:10	nevera, frigorífico	165.71	200.14
8:15	nevera, frigorífico y lavadora	555.24	135.14
8:20	nevera, frigorífico y lavadora	1264.76	150.14
8:25	nevera, frigorífico y lavadora	1410	191.33
8:30	nevera, frigorífico y lavadora	1219.05	93.1
8:35	nevera, frigorífico y lavadora	1399.67	227.86
8:40	nevera, frigorífico y lavadora	1258.1	298.71

8:45	nevera, frigorífico y lavadora	1748.57	165.86
8:50	nevera, frigorífico y lavadora	1748.57	170
8:55	nevera, frigorífico y lavadora	1100.54	210.75
9:00	nevera, frigorífico, lavadora y climatización	2200.87	350
9:05	nevera, frigorífico, lavadora y climatización	2700.87	139.43
9:10	nevera, frigorífico, lavadora y climatización	2800	114.71
9:15	nevera, frigorífico y climatización	1245.71	270.86
9:20	nevera, frigorífico y climatización	1345.71	270.86
9:25	nevera, frigorífico y climatización	1300	200
9:30	nevera, frigorífico y climatización	1245.71	232
9:35	nevera, frigorífico y climatización	1960	350.86
9:40	nevera, frigorífico y climatización	1845.71	270.86
9:45	nevera, frigorífico y climatización	1895.71	270.86
9:50	nevera, frigorífico y climatización	1945.71	270.86
9:55	nevera, frigorífico y climatización	1850	200
10:00	nevera, frigorífico y climatización	1845.71	227.43
10:05	nevera, frigorífico y climatización	1928	339.43
10:10	nevera, frigorífico y climatización	1945.71	270.86
10:15	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1895.71	280
10:20	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1845.71	280
10:25	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1800	200
10:30	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1895.71	227.43
10:35	nevera, frigorífico, climatización y secadora	2028	353.14
10:40	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1645.71	270.86
10:45	nevera, frigorífico, climatización y secadora	1245.71	280
10:50	nevera, frigorífico, climatización y secadora	845.71	280
10:55	nevera, frigorífico, climatización y secadora	400	100
11:00	nevera, frigorífico y climatización	45.71	32
11:05	nevera, frigorífico	160	150.86
11:10	nevera, frigorífico	45.71	70.86
11:15	nevera, frigorífico	45.71	70.86
11:20	nevera, frigorífico	45.71	70.86
11:25	nevera, frigorífico	0	0
11:30	nevera, frigorífico	102.86	80
11:35	nevera, frigorífico	148.57	150.86
11:40	nevera, frigorífico	148.57	150.86
11:45	nevera, frigorífico	148.57	150.86
11:50	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	200.71	70.86

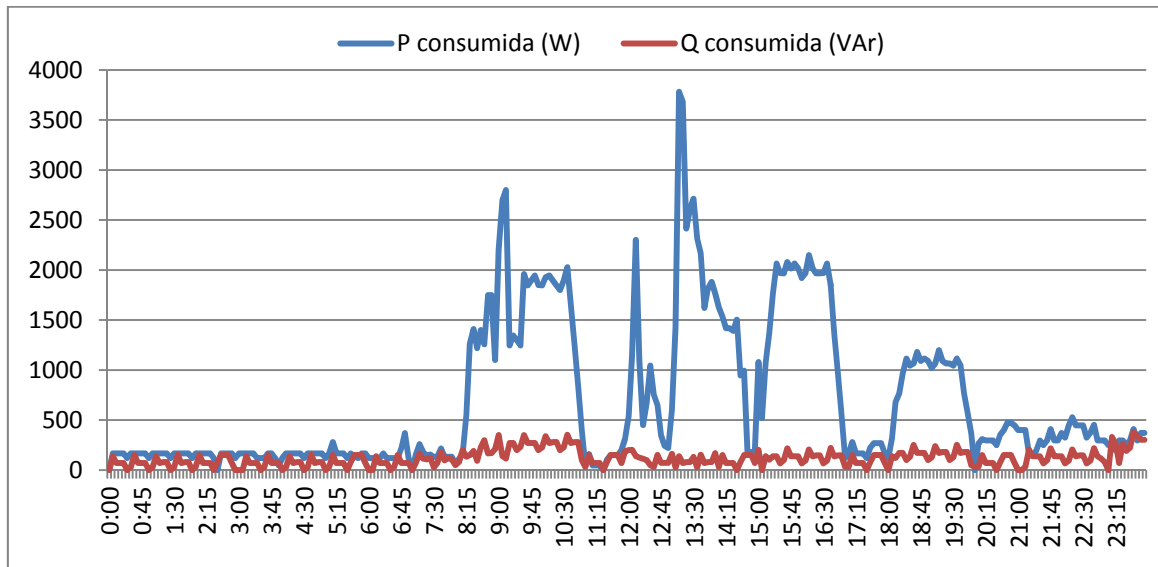
11:55	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	312.49	187
12:00	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	541	200
12:05	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	1160.28	201
12:10	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	2300	139.93
12:15	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	1097.65	125
12:20	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	450.12	112.89
12:25	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	668.74	100.01
12:30	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	1045	50
12:35	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	754.1	32.5
12:40	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	650	151.36
12:45	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	350	71.36
12:50	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	241.47	71.36
12:55	nevera, frigorífico, lavavajillas y TV	220.22	71.36
13:00	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	600	163
13:05	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	1424.81	27.76
13:10	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	3781.33	139.76
13:15	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	3682.38	71.19
13:20	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	2413.44	80.33
13:25	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	2611.17	80.33
13:30	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	2713.94	133
13:35	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	2314.96	27.76
13:40	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	2165.42	153.48
13:45	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	1620.26	71.19
13:50	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	1816.47	80.33
13:55	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	1880.87	80.33
14:00	nevera, frigorífico, climatización /3 y cocina inducción	1767.73	169
14:05	nevera, frigorífico y cocina inducción	1627.53	32
14:10	nevera, frigorífico y cocina inducción	1532.27	150.86
14:15	nevera, frigorífico y cocina inducción	1417.99	70.86
14:20	nevera, frigorífico y cocina inducción	1417.99	70.86
14:25	nevera, frigorífico y cocina inducción	1391.62	70.86
14:30	nevera, frigorífico y cocina inducción	1504.09	0
14:35	nevera, frigorífico y cocina inducción	947.86	80
14:40	nevera, frigorífico y cocina inducción	993.57	150.86
14:45	nevera y frigorífico	165.57	150.86
14:50	nevera y frigorífico	180.57	150.86
14:55	nevera y frigorífico	165.71	70.86
15:00	nevera, frigorífico, horno y TV	1080	201.85

15:05	nevera, frigorífico, horno y TV	520	0
15:10	nevera, frigorífico, horno y TV	1080	139.43
15:15	nevera, frigorífico, horno y TV	1365.71	104.19
15:20	nevera, frigorífico, horno y TV	1765.71	137.52
15:25	nevera, frigorífico, horno y TV	2065.71	137.52
15:30	nevera, frigorífico, horno y TV	1970	66.67
15:35	nevera, frigorífico, horno y TV	1965.71	98.67
15:40	nevera, frigorífico, horno y TV	2080	217.52
15:45	nevera, frigorífico, horno y TV	2015.71	137.52
15:50	nevera, frigorífico, horno y TV	2065.71	137.52
15:55	nevera, frigorífico y climatización	2015.71	137.52
16:00	nevera, frigorífico y climatización	1920	66.67
16:05	nevera, frigorífico y climatización	1965.71	94.1
16:10	nevera, frigorífico y climatización	2148	206.1
16:15	nevera, frigorífico y climatización	2015.71	137.52
16:20	nevera, frigorífico y climatización	1965.71	146.67
16:25	nevera, frigorífico y climatización	1965.71	146.67
16:30	nevera, frigorífico y climatización	1970	66.67
16:35	nevera, frigorífico y climatización	2065.71	94.1
16:40	nevera, frigorífico y climatización	1848	219.81
16:45	nevera, frigorífico y climatización	1365.71	137.52
16:50	nevera, frigorífico y climatización	965.71	146.67
16:55	nevera, frigorífico y climatización	565.71	146.67
17:00	nevera, frigorífico y climatización	120	33.33
17:05	nevera y frigorífico	165.71	32
17:10	nevera y frigorífico	280	150.86
17:15	nevera y frigorífico	165.71	70.86
17:20	nevera y frigorífico	165.71	70.86
17:25	nevera y frigorífico	165.71	70.86
17:30	nevera y frigorífico	120	0
17:35	nevera y frigorífico	222.86	80
17:40	nevera y frigorífico	268.57	150.86
17:45	nevera y frigorífico	268.57	150.86
17:50	nevera y frigorífico	268.57	150.86
17:55	nevera y frigorífico	165.71	70.86
18:00	nevera, frigorífico y climatización	120	0
18:05	nevera, frigorífico y climatización	320	139.43
18:10	nevera, frigorífico y climatización	680	120.86

18:15	nevera, frigorífico y climatización	765.71	170.86
18:20	nevera, frigorífico y climatización	965.71	170.86
18:25	nevera, frigorífico y climatización	1115.71	100
18:30	nevera, frigorífico y climatización	1045	132
18:35	nevera, frigorífico y climatización	1065.71	250.86
18:40	nevera, frigorífico y climatización	1180	170.86
18:45	nevera, frigorífico y climatización	1090.71	170.86
18:50	nevera, frigorífico y climatización	1115.71	170.86
18:55	nevera, frigorífico y climatización	1090.71	100
19:00	nevera, frigorífico y climatización	1020	127.43
19:05	nevera, frigorífico y climatización	1065.71	239.43
19:10	nevera, frigorífico y climatización	1198	170.86
19:15	nevera, frigorífico y climatización	1090.71	180
19:20	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	1065.71	180
19:25	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	1065.71	100
19:30	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	1045	127.43
19:35	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	1115.71	253.14
19:40	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	1048	170.86
19:45	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	765.71	180
19:50	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	565.71	180
19:55	nevera, frigorífico y climatización/termo eléctrico	365.71	50
20:00	nevera, frigorífico , alumbrado	320	32
20:05	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	265.71	32
20:10	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	310	150.86
20:15	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	295.78	70.86
20:20	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	295.85	70.86
20:25	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	295.91	70.86
20:30	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	250.27	0
20:35	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	353.17	80
20:40	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	398.88	150.86
20:45	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	473.87	150.86
20:50	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	473.87	150.86
20:55	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	446.02	70.86
21:00	nevera, frigorífico, alumbrado y TV	400	0
21:05	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	400	0
21:10	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	400	33.33
21:15	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	160	206.1
21:20	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	145.71	137.52

21:25	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	195.71	137.52
21:30	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	137.52
21:35	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	250	66.67
21:40	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	98.67
21:45	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	410	217.52
21:50	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	137.52
21:55	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	137.52
22:00	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	370.71	137.52
22:05	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	325	6667
22:10	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	445.71	94.1
22:15	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	528	206.1
22:20	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	445.71	137.52
22:25	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	445.71	146.67
22:30	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	445.71	146.67
22:35	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	325	66.67
22:40	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	370.71	94.1
22:45	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	453	219.81
22:50	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	137.52
22:55	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	113.33
23:00	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	80
23:05	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	250	0
23:10	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	260	331.74
23:15	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	195.71	263.16
23:20	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	70.86
23:25	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	263.16
23:30	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	250	192.31
23:35	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	224.31
23:40	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	410	381.63
23:45	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	295.71	340.09
23:50	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	370.71	301.63
23:55	nevera, frigorífico, alumbrado, TV y PC	370.71	301.63

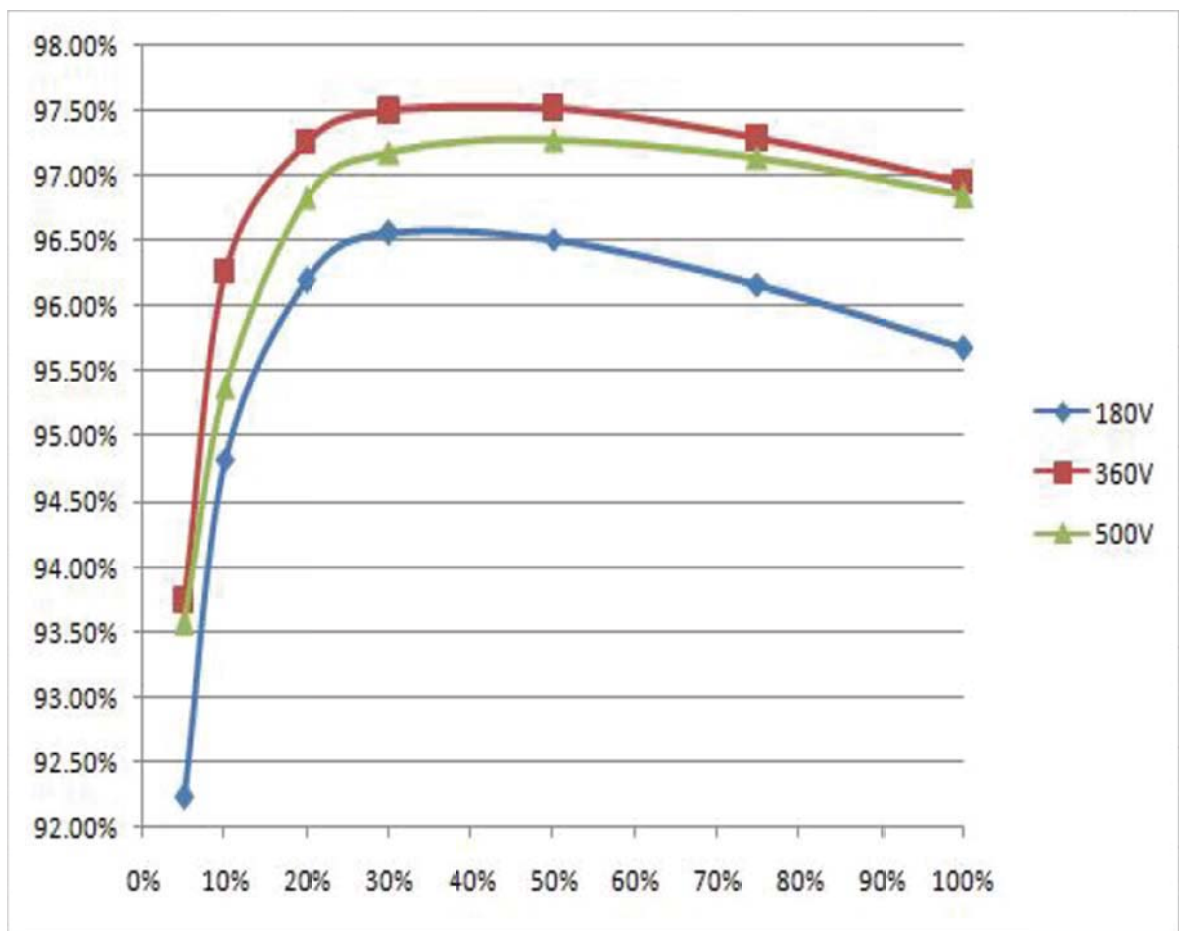
Finalmente, a partir de todos estos datos, se obtiene la curva de potencia demandada por la vivienda durante un día del mes de Julio, correspondiente con la competición:



2.2.- JUSTIFICACIÓN DE LA CURVA DE POTENCIA GENERADA

Para la obtención de la curva de potencia generada por la instalación solar se han considerado diversos factores de pérdidas:

1.-Rendimiento del inversor: para el inversor seleccionado y a partir de las curvas de rendimiento en función de la carga y tensión alcanzada, se ha considerado que éste tendrá un rendimiento de 0.9681 (para llegar a este valor se han determinado diferentes puntos de una curva proporcional a la curva de 360 V, ya que la tensión máxima que puede alcanzar la instalación solar no sobrepasa los 326.2 V, y se ha realizado la media aritmética).



2.-Pérdidas por temperatura: en función de la temperatura que alcanzan las células fotovoltaicas, éstas van a tener un rendimiento u otro. Dicho rendimiento depende de la temperatura exterior, de la cantidad de radiación solar que alcanza las células y de la Temperatura de Operación Nominal de la Células (TONC). La expresión que determina la temperatura de las células solares es la siguiente:

$$T_c = T_a + G \times \frac{TONC - 20}{0.8}$$

T_c → Temperatura de las células solares (°C)

T_a → Temperatura ambiente (°C)

G → Irradiancia (kW/m^2)

TONC → depende del tipo de células solar. En este caso $TONC = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

La Temperatura de Operación Nominal de las Células, extraída de catálogo, está calculada para una irradiancia de 0.8 kW/m^2 , una temperatura ambiente de 20°C y una velocidad del viento de 1 m/s .

Una vez hallada la T_c ya se puede determinar el rendimiento de las células solares:

T_c (°C)	Pérdidas (%)	Rendimiento (%)
<25	0	100
25-30	2.5	97.5
30-35	3.75	96.25
35-45	5	95
45-55	7.5	92.5
55-65	14	86
65-75	18	82
>75	20	80

3.-Pérdidas por caída de tensión: en este proyecto, al seleccionar un inversor que trabaja a tensiones más elevadas con intensidades relativamente bajas y donde las distancias de los conductores son reducidas, la caída de tensión existente a lo largo de toda la línea (hasta embarrado de conexión con la red) es reducida; de este modo, se ha considerado, tras calcular la caída de tensión, que las pérdidas sean del 0.7047%, equivalente a $\Delta V=2.21$ V.

4.-Pérdidas por orientación: las pérdidas consideradas por error de orientación son del 1%.

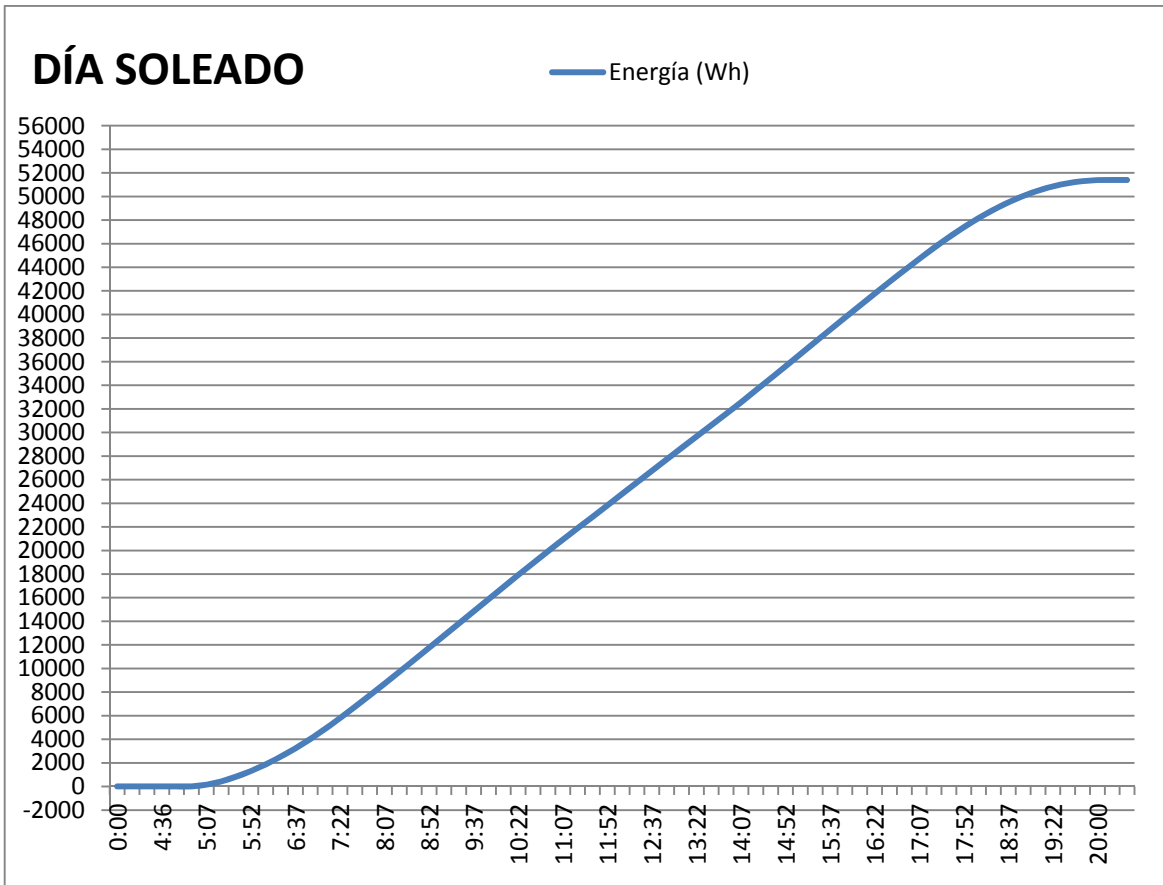
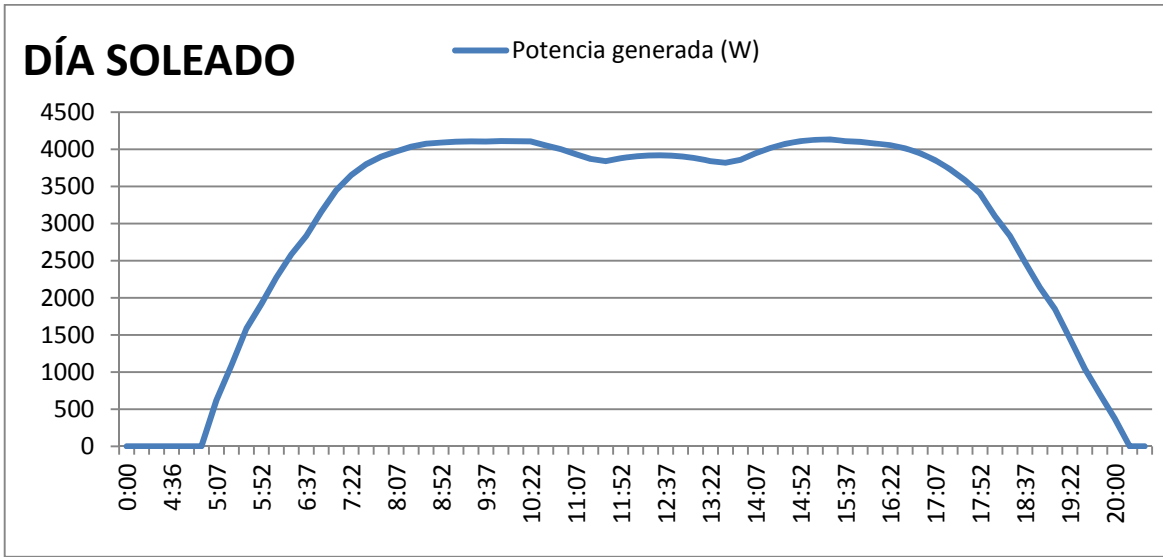
5.-Pérdidas por radiación: dependiendo de la cantidad de radiación solar que llega a los paneles solares, éstos van a tener mayor o menor rendimiento. A mayor cantidad de radiación mayor rendimiento, mientras que a menor cantidad de radiación menor rendimiento:

G(W/m2)	Rendimiento paneles (%)
<200	10.4
200-400	11.7
400-600	13.3
600-800	14.3
800-1000	15.6

2.2.1.- CURVA POTENCIA Y ENERGÍA GENERADA DÍA SOLEADO

Tiempo	Irradiancia (W/m ²)	Potencia generada (W)	Energía (Wh)
0:00	0	0	0
2:24	0	0	0
4:00	0	0	0
4:36	0	0	0
4:37	0	0	0
4:52	0	0	0
5:07	206	622.5551387	155.6387847
5:22	311	1090.847806	428.3507363
5:37	408	1586.113756	824.8791752
5:52	493	1916.554122	1304.017706
6:07	571	2274.247767	1872.579647
6:22	641	2583.091751	2518.352585
6:37	703	2832.938379	3226.58718
6:52	759	3158.606301	4016.238755
7:07	807	3447.67558	4878.15765
7:22	849	3652.312971	5791.235893
7:37	884	3800.177463	6741.280258
7:52	913	3900.545563	7716.416649
8:07	935	3970.402083	8709.01717
8:22	951	4033.934097	9717.500694
8:37	961	4076.141606	10736.5361
8:52	966	4090.245361	11759.09744
9:07	964	4100.803859	12784.2984
9:22	961	4106.141606	13810.8338
9:37	970	4104.128364	14836.86589
9:52	974	4111.011368	15864.61874
10:07	973	4106.790617	16891.31639
10:22	969	4105.907613	17917.79329
10:37	960	4051.920855	18930.77351
10:52	948	4001.271845	19931.09147
11:07	932	3933.73983	20914.52643
11:22	912	3870.324813	21882.10763
11:37	910	3840.883311	22842.32846
11:52	919	3878.870069	23812.04597
12:07	925	3904.194574	24788.09462
12:22	928	3916.856827	25767.30882
12:37	928	3916.856827	26746.52303

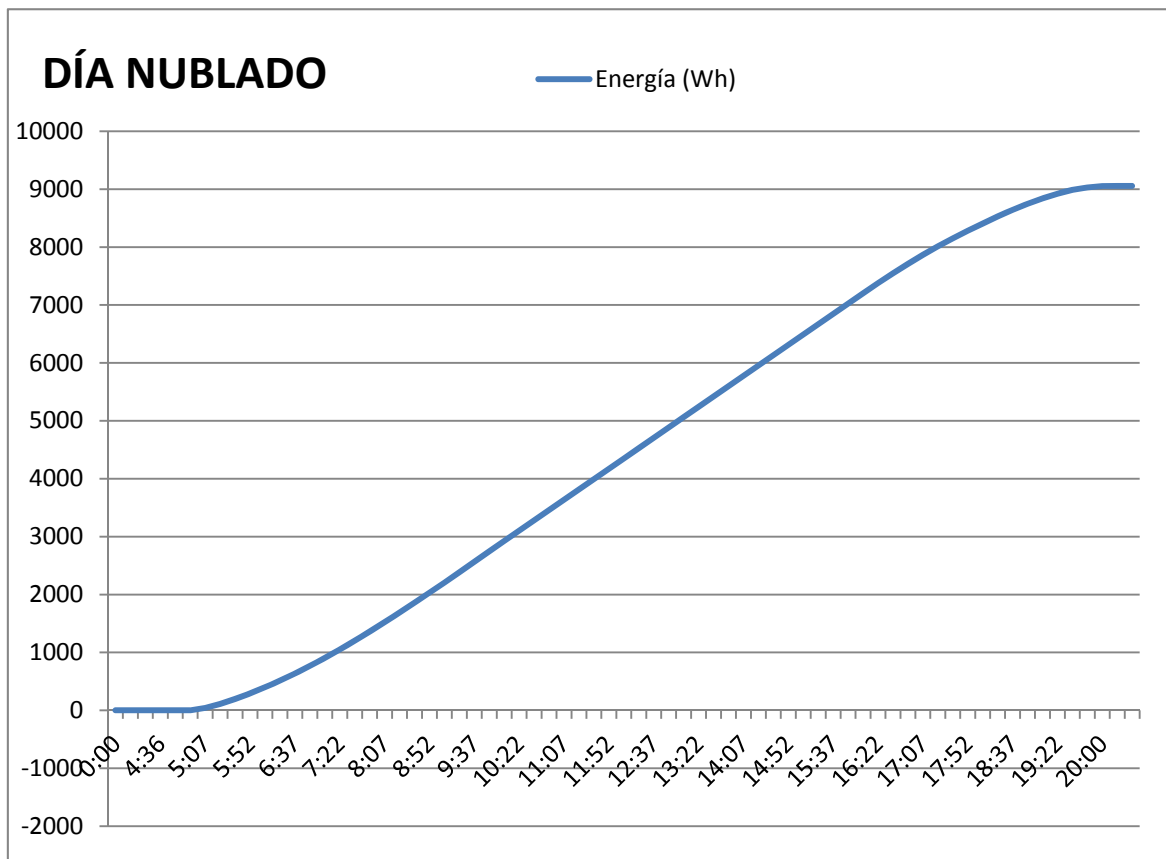
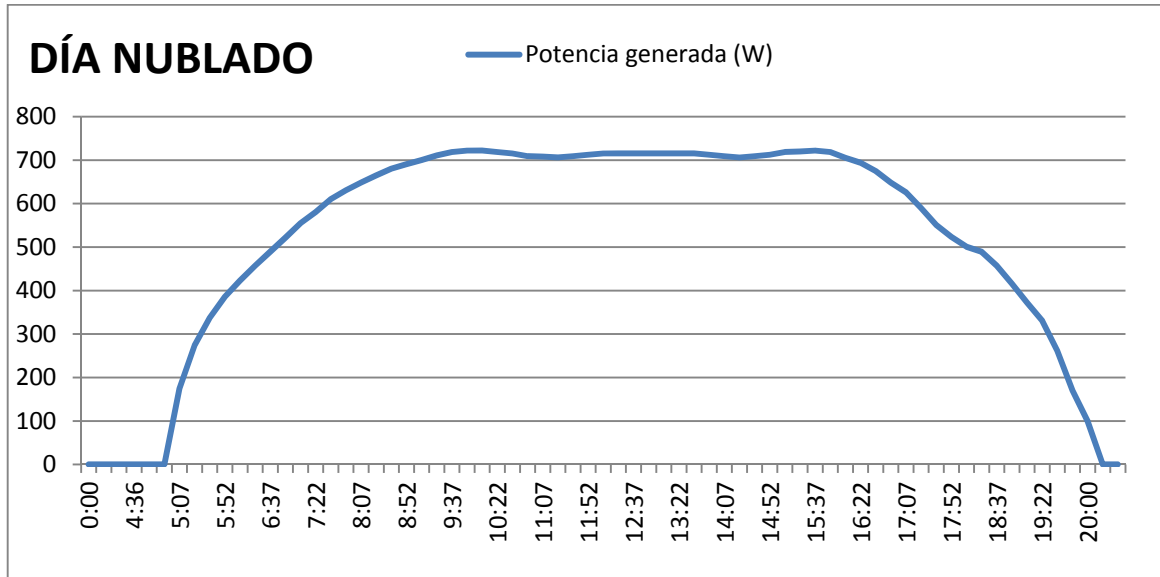
12:52	925	3904.194574	27722.57167
13:07	919	3878.870069	28692.28919
13:22	910	3840.883311	29652.51002
13:37	897	3820.013549	30607.51341
13:52	914	3857.766314	31571.95498
14:07	935	3946.402083	32558.55551
14:22	952	4018.154848	33563.09422
14:37	965	4073.02461	34581.35037
14:52	974	4111.011368	35609.10321
15:07	978	4127.894371	36641.0768
15:22	979	4132.115122	37674.10559
15:37	974	4111.011368	38701.85843
15:52	965	4100.02461	39726.86458
16:07	966	4077.245361	40746.17592
16:22	961	4056.141606	41760.21132
16:37	951	4013.934097	42763.69485
16:52	935	3946.402083	43750.29537
17:07	913	3853.545563	44713.68176
17:22	884	3731.143788	45646.4677
17:37	849	3583.417506	46542.32208
17:52	807	3406.145969	47393.85857
18:07	759	3101.587432	48169.25543
18:22	703	2832.938379	48877.49003
18:37	641	2483.091751	49498.26296
18:52	571	2140.097278	50033.28728
19:07	493	1847.754743	50495.22597
19:22	408	1453.578089	50858.62049
19:37	311	1041.759655	51119.06041
19:40	206	704.4912602	51295.18322
20:00	119	371.0207616	51387.93841
22:50	0	0	51387.93841
0:00	0	0	51387.93841



2.2.2.- CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA GENERADA DÍA NUBLADO

Tiempo	Irradiancia (W/m ²)	Potencia generada (W)	Energía (Wh)
0:00	0	0	0
2:24	0	0	0
4:00	0	0	0
4:36	0	0	0
4:37	0	0	0
4:52	0	0	0
5:07	56	174.5980055	43.64950137
5:22	88	274.3682943	112.2415749
5:37	111	337.4262347	196.5981336
5:52	127	386.0642505	293.1141962
6:07	142	422.8077772	398.8161405
6:22	156	457.1973486	513.1154777
6:37	167	489.4356232	635.4743835
6:52	178	521.6738977	765.8928579
7:07	186	555.1199156	904.6728368
7:22	194	580.5659335	1049.81432
7:37	199	610.2196947	1202.369244
7:52	204	630.7748863	1360.062965
8:07	208	648.437139	1522.17225
8:22	210	664.7682653	1688.364316
8:37	213	680.2649548	1858.430555
8:52	215	690.5960812	2031.079575
9:07	218	700.0927707	2206.102768
9:22	223	710.9205865	2383.832915
9:37	227	718.5828392	2563.478625
9:52	228	721.7484024	2743.915725
10:07	228	721.7484024	2924.352826
10:22	227	718.5828392	3103.998536
10:37	226	715.417276	3282.852855
10:52	224	709.0861497	3460.124392
11:07	222	707.7550233	3637.063148
11:22	223	705.9205865	3813.543294
11:37	224	709.0861497	3990.814832
11:52	225	712.2517129	4168.87776
12:07	226	715.417276	4347.732079
12:22	226	715.417276	4526.586398
12:37	226	715.417276	4705.440717

12:52	226	715.417276	4884.295036
13:07	226	715.417276	5063.149355
13:22	226	715.417276	5242.003674
13:37	226	715.417276	5420.857993
13:52	225	712.2517129	5598.920921
14:07	224	709.0861497	5776.192459
14:22	223	705.9205865	5952.672605
14:37	224	709.0861497	6129.944143
14:52	225	712.2517129	6308.007071
15:07	227	718.5828392	6487.652781
15:22	228	719.7484024	6667.589881
15:37	228	721.7484024	6848.026982
15:52	227	718.5828392	7027.672692
16:07	220	705.423897	7204.028666
16:22	212	694.0993917	7377.553514
16:37	210	674.7682653	7546.24558
16:52	208	648.437139	7708.354865
17:07	204	625.7748863	7864.798587
17:22	199	589.9529515	8012.286825
17:37	194	550.8837819	8150.00777
17:52	186	523.3731105	8280.851048
18:07	178	500.8624391	8406.066657
18:22	167	489.4356232	8528.425563
18:37	156	457.1973486	8642.7249
18:52	142	416.1668173	8746.766605
19:07	127	372.2055338	8839.817988
19:22	111	330.5046709	8922.444156
19:37	88	262.0217211	8987.949586
19:40	56	170.2330553	9030.50785
20:00	32	99.77028884	9055.450422
22:50	0	0	9055.450422
0:00	0	0	9055.450422



2.3.- CÁLCULOS INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En este apartado se detallan todos los cálculos realizados en la instalación eléctrica de interior, así como la conexión a la red eléctrica (secciones de línea, protecciones...) aplicando la normativa vigente descrita en el apartado 1.8. de la memoria.

2.3.1.- CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

Esta sección incluye todos los cálculos correspondientes desde la acometida hasta el Cuadro General de Mando y Protección (CGMP).

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de 6 kA. La conexión con la red eléctrica se realiza con conductores RZ1-K(AS). RZ1 0.6/1 kV 2 x 16 mm² de Cu dentro de tubo, de forma subterránea hasta la CPM.

Las protecciones que incluye la Caja de Protección y Medida (CPM), es decir, las protecciones de conexión con la red, son las siguientes:

-Parada de emergencia: viene determinada mediante un fusible seccionador unipolar, por el que se hará pasar únicamente la fase. Este fusible seccionador será de 63 A tipo gG con poder de corte de 6 kA a 230 V.

-Protección frente a sobrecargas de corriente y cortocircuitos: el dispositivo de protección contra sobrecargas debe cumplir la siguiente condición:

1.- $I_B \leq I_n \leq I_z$

2. - $I_2 \leq 1.45 I_z$,

I_B es la corriente de funcionamiento del circuito.

I_z corriente admisible del conductor.

I_n corriente asignada al dispositivo de protección, para los dispositivos de protección regulables I_n es la corriente de regulación elegida (I_r).

I_B corresponde con la intensidad que la red es capaz de entregar a la vivienda en las condiciones óptimas de funcionamiento cuando la instalación solar no abastezca a la casa o esté desactivada.

$I_z = 100$ A, con una sección de 16 mm^2 de Cu con aislamiento de PR.

$$1. -I_B \leq I_n \leq I_z \rightarrow 32 \leq I_n \leq 100 \text{ A}$$

Por tanto, $I_n = 63$ A. La elección de este calibre viene orientada por la normativa.

$$2. -I_2 \leq 1.45 I_z \rightarrow I_2 \leq 145 \text{ A}$$

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{17.65}{56 \times 16}} = 5.9 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{34.35}{56 \times 16}} = 3 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 63 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 5.9 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (160 \div 320) \text{ A} \rightarrow I_{ccmin} > 320 \text{ A}$$

-Protección contra contactos indirectos: mediante un dispositivo de protección diferencial. Se instalará un dispositivo de protección diferencial que cumpla con las siguientes condiciones:

El dispositivo de protección diferencial tendrá una sensibilidad de 300 mA, con una tensión nominal mayor o igual a 230 V, intensidad nominal de funcionamiento mayor o igual que el interruptor automático colocado aguas arriba ($I_n \geq 63$ A); en este caso se colocará uno de 63 A tipo A con una sensibilidad de 300 mA.

La protección diferencial garantiza en todo momento la seguridad de las personas frente a posibles contactos directos o indirectos de las partes activas en el caso que se produzca un fallo de aislamiento en la conexión a red. Con ello se garantiza la integridad física de las personas.

Este dispositivo diferencial deberá actuar en un tiempo de corte no superior a 5s.

Cualquier masa no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:

24 V en locales o emplazamientos húmedos o mojados.

50 V en el resto de casos.

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

R es la resistencia de puesta a tierra (Ohm).

V_c : Tensión de contacto.

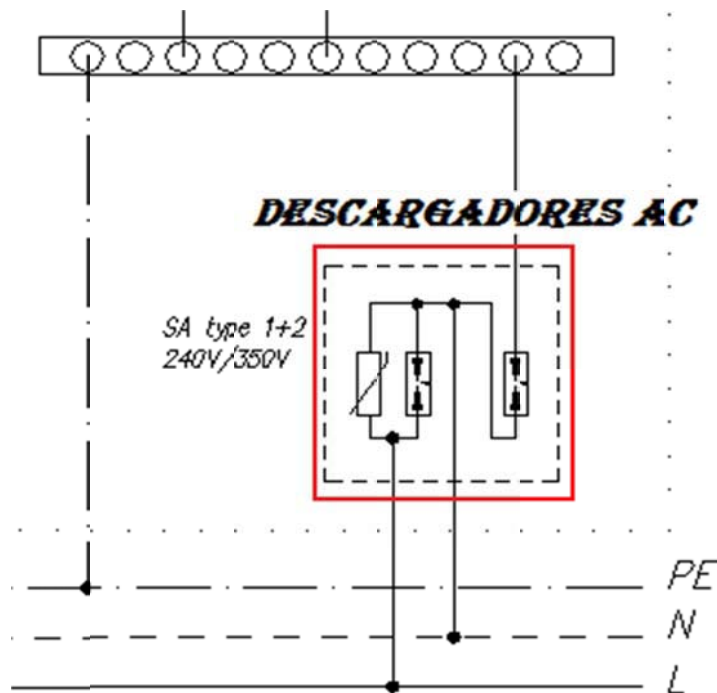
I_s : Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

-Protección frente a sobretensiones: los descargadores (varistores) de la parte AC de la instalación solar fotovoltaica estarán conectados en la Caja de Protección y Medida (CPM), donde se hallan las protecciones para la conexión a red. Los cálculos realizados cumplen con la normativa UNE EN 61643-11. Tienen por objetivo, evitar daño en los equipos causados por sobretensiones debido a rayos, debido a conmutaciones o a fallos de red o de la instalación solar y de la casa.

El valor mínimo de la corriente de descarga nominal I_n debe ser de 5 kA 8/20 para los descargadores de sobretensiones Tipo 2. Los descargadores de Tipo 1 se deben instalar en

el punto de conexión entre el sistema fotovoltaico y la red pública (por lo general en el cuadro principal), y el valor mínimo de la corriente de impulso I_{imp} debe ser de 12,5 kA.

Para el cálculo del nivel de protección U_p , al estar conectado a red, la U_p debe ser menor o igual de 2.5 kV ya que se trata de categoría II, expuesto en la normativa, con una tensión máxima entre bornes mayor de 230 V. Con todo ello y con la siguiente imagen queda definida la protección contra sobretensiones AC:



A parte de las protecciones arriba descritas, la CPM incluirá un contador bidireccional para contabilizar tanto la energía generada vendida a la compañía distribuidora como los posibles consumos debidos a momentos en que no esté generando energía la instalación (periodos nocturnos).

Una vez realizados los cálculos de la línea de conexión con la red y de las protecciones de la CPM, ya se puede dimensionar la Derivación individual (DI) que irá de la CPM hasta el Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) del interior de la vivienda.

La caída máxima de tensión permitida, según ITC-BT-15 para una única centralización de contadores es de 1%.

La intensidad vendrá regulada por el ICP limitado a 5000 W. Por tanto:

$I = P / V = 5000 / 230 = 21.73 \approx 22$ A. Se debe considerar un sobredimensionamiento del 25% para cumplir normativa:

$$I_d = 22 \times I = 27.5 \approx 28 \text{ A}$$

La derivación individual irá por el falso techo dentro de tubo sin ventilación. Corresponde, según la ITC-BT-19 con la referencia B2 (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial). Así pues, se elige conductores de Cu con aislamiento PR. Siguiendo la ITC-BT-19 y para 2 conductores de carga de Cu con aislamiento PR con una $I_d = 28$ A, corresponde a una $I_z = 29$ A. La sección correspondiente a esta intensidad admisible es de 2.5 mm^2 . La normativa establece que la sección mínima de los conductores de derivación individual sea de 6 mm^2 . Por tanto, la derivación individual constará de 2 cables de Cu con aislamiento de PR de $S = 6 \text{ mm}^2$ con una $I_z = 49$ A.

Para el cálculo del conductor de protección, se sigue la ITC-BT-19 y se establece que éste tendrá la misma sección que los conductores de fase y neutro.

Con todo ello, se debe comprobar que la caída de tensión de la DI sea menor o igual al 1%.

La DI tiene una longitud máxima de 10 m. El cable tiene una resistencia de:

$$R = \rho \times L / S = (1/56) \times 10 / 6 = 0.0297 \Omega$$

De esta manera, la caída de tensión en servicio monofásico cumple con la fórmula siguiente:

$$\Delta U = 2 \times R \times I_d \times \cos(\phi) = 2 \times 0.0297 \times 28 \times 1 = 1.6632 \text{ V}$$

El 1% de 230 V corresponde con 2.3 V.

Se puede comprobar que $\Delta U < 2.3$ (1%)

$$\Delta U = 0.7231 \% < 1\%$$

La longitud máxima para que la caída de tensión no supere el 1% de 230 V es:

$$1 \times \frac{230}{100} = 2.3(1\%)$$

$$2.3 = 2 \times \frac{1}{56} \times L \times \frac{1}{6} \times 28 \rightarrow L \leq 13.8 \text{ m.}$$

Si la longitud de la derivación individual es menor de 13.8 m, cumple la condición de caída de tensión. Si la longitud es mayor, la solución a adoptar sería aumentar la sección del conductor.

Los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm².

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V. Los cables serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123 parte 4 ó 5; o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

A modo de resumen de la DI: constará de 3 conductores de Cu con aislamiento de PR de S = 6 mm², F+N+CP, instalados dentro de tubo de 32 mm². Serán tipo RZ1-K (AS) capaces de soportar una tensión de 0.6/1kV. La longitud máxima permitida para que en este caso no supere una caída de tensión a lo largo de la línea del 1% es de 13.8 m.

2.3.2.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE INTERIOR

En este apartado se va a describir y calcular todo lo relacionado con la instalación eléctrica de interior, aplicando la normativa correspondiente y vigente para garantizar un buen dimensionamiento y la integridad física de las personas a través de las correspondientes protecciones.

2.3.2.1.- CAJA PARA ICP

A continuación de la derivación individual se encuentra en primer lugar la caja para albergar el interruptor de control de potencia (ICP), dispositivo que corta el suministro eléctrico cuando la potencia demandada supera la potencia contratada.

Las envolventes de la caja del ICP se ajustarán a las normas UNE 20.317 con un grado de protección IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

Respecto a la intensidad nominal del ICP, será de 25 A, tipo bipolar, para garantizar el corte de suministro a partir de 5000 W. El ICP se ajustará de acuerdo a la norma UNE 20317.

2.3.2.2.- CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN (CGMP)

El Cuadro General de Mando y Protección (CGMP) se halla dentro de la vivienda, en un lugar de fácil acceso (cuadro de instalaciones de interior), para poder cortar el suministro o rearmarlo en caso de la actuación de alguna de las protecciones.

Las envolventes del cuadro general se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3 con un grado de protección IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

El Cuadro General de Mando y Protección, en esta instalación albergará los siguientes dispositivos de protección:

Se instalará junto a la caja para interruptor de control de potencia (ICP).

La altura a la que se van a instalar los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, así como el ICP, medida desde el suelo, estará comprendida entre 1.4 y 2 m.

El CGMP albergará un IA (Interruptor Automático) de corte bipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A, junto con los dispositivos de protección

contra sobrecargas y cortocircuitos; también debe incluir un interruptor diferencial que garantice la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, con una intensidad residual máxima de 30 mA e intensidad asignada superior o igual que la del interruptor general. En instalaciones con un único interruptor diferencial, éste debe ser de disparo instantáneo. El interruptor general es independiente del interruptor para el control de potencia (ICP) y no puede ser sustituido por éste.

A continuación se van a describir los diferentes dispositivos de protección del CGMP, empezando por el IAG, colocado inmediatamente aguas abajo del ICP.

-Interruptor Automático General: será de corte bipolar con accionamiento manual, de intensidad nominal mínima de 25 A.

Según la ITC-BT-25, en función de la previsión de carga, la intensidad nominal del interruptor automático general será de 25 A.

Dado que la potencia de nuestra instalación se va a ajustar a la potencia de la instalación solar: 4.9kW, y como la intensidad nominal mínima del interruptor automático general debe ser de 25 A, se va a colocar un IAG de corte omnipolar de $I_n = 32$ A, con un poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito de 6000 A.

-Protección diferencial: El dispositivo de protección diferencial se colocará aguas abajo del IAG. La protección diferencial garantiza la protección contra contactos directos e indirectos.

El dispositivo de protección diferencial tendrá una sensibilidad de 30 mA, con una tensión nominal mayor o igual a 230 V, intensidad nominal de funcionamiento mayor o igual que el interruptor automático colocado aguas arriba ($I_n \geq 32$ A); en este caso se instalará un ID de 40 A tipo AC de disparo instantáneo bipolar.

La protección diferencial garantiza en todo momento la seguridad de las personas frente a posibles contactos directos o indirectos de las partes activas en el caso que se produzca un fallo de aislamiento. Con ello se garantiza la integridad física de las personas.

-Pequeños Interruptores Automáticos (PIA): interruptores magnetotérmicos o Pequeños Interruptores Automáticos (PIA). Todos ellos serán de corte bipolar, encargándose de proteger frente a posibles sobrecargas de corriente y cortocircuitos en cada uno de los circuitos interiores de la vivienda:

-CIRCUITO C1 (C1):

Se va a instalar un único circuito para toda la iluminación de la casa, protegido por un único PIA, ya que la potencia prevista oscila entre 200-400 W, debido a que se utiliza iluminación LED, de bajo consumo. La sección para este circuito será de 1.5 mm^2 de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 16 mm^2 , no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de $I_n = 10 \text{ A}$. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 27 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 12 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partiendo de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 1.5 mm^2 , la intensidad admisible es de $I_z = 13.5 \text{ A}$.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 15 \times 0.6 \times 0.75 \times 0.5 = 3.375 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

$$1. \quad 3.37 \leq 10 \leq 13.5$$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. \quad I_2 \leq 1.45 \times I_z = 19.575 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{34.35}{56 \times 1.5} \right)} = 0.360 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 10 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (50 \div 100) \text{ A} \rightarrow 360 > I_{ccm\acute{i}n} > 100 \text{ A}$$

-CIRCUITO C2 (C2):

El circuito C2 incluye únicamente las tomas de uso general. Se van a instalar un total de 8 tomas de uso general. Por tanto, se va a instalar un único circuito protegido por un único PIA. Las características de estas tomas de uso general van a ser las siguientes: Bases de 16A 2p+T (Base C2a). Estas tomas se van a encontrar en los siguientes puntos:

1. 2 tomas en la cocina. La toma 1 será una regleta que incluye 2 enchufes. Situados a una altura de 110 cm del pavimento y a una distancia mayor o igual de 50 cm

respecto del volumen generado por el fregadero. La toma 2 será para el frigorífico, instalada a 70 cm del pavimento al lateral de la parte trasera del frigorífico para poder incrustar éste totalmente a la pared.

2. Una toma en el cuarto de instalaciones de interior. Situada a una altura entre 20/50 cm del pavimento.
3. Tres tomas en el salón. Situadas a una altura entre 20/50 cm del pavimento. Una de las tomas podrá ser una regleta con 2 enchufes.
4. Una toma en el dormitorio. Situada a una altura entre 20/50 cm del pavimento. Opcionalmente se podrá instalar una regleta con 2 tomas.
5. Una toma en el cuarto de instalaciones de exterior.

La sección para este circuito será de 2.5 mm^2 de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 20 mm^2 , no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de $I_n = 16 \text{ A}$. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 28 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 15 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partiendo de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 2.5 mm^2 , la intensidad admisible es de $I_z = 18.5 \text{ A}$.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 10 \times 4 \times 0.2 \times 0.25 = 2 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

$$1. \quad 2 \leq 16 \leq 18.5$$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. \quad I_2 \leq 1.45 \times I_z = 26.825 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{15}{56 \times 2.5} \right)} = 0.840 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (80 \div 160) \text{ A} \rightarrow 840 > I_{ccmin} > 160 \text{ A}$$

-CIRCUITO C3 (C3):

El circuito C3 incluye cocina y horno. Dado que por circuito se permiten 2 tomas únicamente, se van a instalar una toma para el horno y otra para la encimera de inducción. Las características de estas tomas de uso general van a ser las siguientes: Bases de 25A 2p+T (Base ESB 25-5a). Estas tomas se van a encontrar en los siguientes puntos:

1. Toma horno. A 70 cm del pavimento e inmediatamente al lateral de la parte trasera del horno para poder incrustar éste totalmente a la pared.
2. Toma encimera inducción. A 70 cm del pavimento al lateral de la parte trasera de la encimera para poder incrustar ésta totalmente a la pared.

La sección para este circuito será de 6 mm² de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 25 mm², no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de $I_n = 25$ A. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 43 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 7 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partiendo de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 6 mm², la intensidad admisible es de $I_z = 32$ A.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 2 \times 12.6 \times 0.5 \times 0.75 = 9.5 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

$$1. \quad 9.5 \leq 25 \leq 32$$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. \quad I_2 \leq 1.45 \times I_z = 46.4 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Para la protección contra cortocircuitos: UTE C15-712-1 (julio 2013). 8 Protección contra sobrecorriente. 8.2.3 Protección contra cortocircuitos.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{6}{56 \times 6} \right)} = 2.415 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 25 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (125 \div 250) \text{ A} \rightarrow 2415 > I_{ccmin} > 250 \text{ A}$$

-CIRCUITO C4 (C4):

El circuito C4 incluye la lavadora y secadora. Se va a instalar una única toma con 2 enchufes. Las características de esta tomas de uso general son las siguientes: Base de 16A 2p+T (Base C2a). Esta toma se encuentra en el siguiente punto:

1. Situada en el invernadero a una altura de 70 cm del suelo.

La sección para este circuito será de 2.5 mm² de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 20 mm², no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de $I_n = 16$ A. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 28 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 9 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partiendo de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 2.5 mm², la intensidad admisible es de $I_z = 18.5$ A.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 1 \times 11 \times 1 \times 1 = 11 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

1. $11 \leq 16 \leq 18.5$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. \quad I_2 \leq 1.45 \times I_z = 26.825 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{9}{56 \times 2.5} \right)} = 1.222 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (80 \div 160) \text{ A} \rightarrow 1222 > I_{ccmin} > 160 \text{ A}$$

-CIRCUITO C4 (C4)

Este circuito C4 incluye el lavavajillas. Se va a instalar una única toma para el lavavajillas. Las características de esta toma de uso general son las siguientes: Base de 16A 2p+T (Base C2a). Esta toma se encuentra en el siguiente punto:

1. Situada en la cocina a una altura de 70 cm del suelo al lateral de la parte trasera del lavavajillas para poder incrustar éste totalmente a la pared.

La sección para este circuito será de 2.5 mm² de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 20 mm², no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de I_n = 16 A. En este caso, la distancia máxima para que la caída de

tensión sea del 3% es de 28 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 7 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partimos de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 2.5 mm^2 , la intensidad admisible es de $I_z = 18.5 \text{ A}$.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 1 \times 10 \times 1 \times 1 = 10 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

1. $10 \leq 16 \leq 18.5$

Se debe cumplir también la condición 2:

2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z = 26.825 \text{ A}$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\grave{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{7}{56 \times 2.5} \right)} = 1.441 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\grave{i}n} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (80 \div 160) \text{ A} \rightarrow 1441 > I_{ccm\grave{i}n} > 160 \text{ A}$$

-CIRCUITO C4 (C4)

Este circuito C4 incluye el termo eléctrico que también actúa como sistema de climatización. Se va a instalar una única toma para el termo eléctrico. Las características de esta toma de uso general son las siguientes: Base de 16A 2p+T (Base C2a). Esta toma se encuentra en el siguiente punto:

1. Situada en el cuarto de instalaciones de interior situado a una altura de 110 cm del suelo.

La sección para este circuito será de 2.5 mm² de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 20 mm², no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de I_n = 16 A. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 28 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 3 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

$$1. I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2. I_2 \leq 1.45 \times I_z$$

Partiendo de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 2.5 mm^2 , la intensidad admisible es de $I_z = 18.5 \text{ A}$.

Para el cálculo de I_b , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 1 \times 10 \times 1 \times 1 = 10 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

$$1. 10 \leq 16 \leq 18.5$$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. I_2 \leq 1.45 \times I_z = 26.825 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{cc\text{máx}} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{\text{mín}}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{cc\text{mín}} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{\text{máx}}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{3}{56 \times 2.5} \right)} = 2.246 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$U_{\text{nominal}} \geq U_{\text{max}} = 230 \text{ V}$$

$$I_{\text{CN}} > I_{\text{ccmáx}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{\text{ccmin}} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (80 \div 160) \text{ A} \rightarrow 2246 > I_{\text{ccmin}} > 160 \text{ A}$$

-CIRCUITO C5 (C5)

Este circuito C5 incluye el cuarto de baño. Se van a instalar 2 tomas. Las características de estas toma de uso general son las siguientes: Base de 16A 2p+T (Base C2a). Estas tomas se encuentran en el siguiente punto:

1. Situadas en el cuarto baño. Por tanto estarán a una altura de 110 cm respecto del suelo.

La sección para este circuito será de 2.5 mm^2 de Cu, con aislamiento de PVC dentro de tubo de sección 20 mm^2 , no propagador de llama. Se va a instalar un interruptor magnetotérmico de $I_n = 16 \text{ A}$. En este caso, la distancia máxima para que la caída de tensión sea del 3% es de 28 m. En nuestra instalación, se llega a una distancia máxima de 5 m. Por tanto, cumple con lo establecido y dentro de la normativa.

Se va a comprobar que el PIA cumple la condición:

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1.45 \times I_z$

Partimos de la ITC-BT-19, con conductores de Cu con aislamiento de PVC dentro de tubo en montaje superficial (Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cable sin ventilación-Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial), referencia B2. Para sección 2.5 mm^2 , la intensidad admisible es de $I_z = 18.5 \text{ A}$.

Para el cálculo de I_B , se siguen los siguientes pasos:

$$I_b = n \times I_a \times F_s \times F_u$$

Siendo n el número de tomas o receptores, I_a la intensidad prevista por toma o receptor, F_s es factor de simultaneidad (relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total) y F_u es el factor de utilización (factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor).

$$I_b = 2 \times 10 \times 0.4 \times 0.5 = 4 \text{ A}$$

Por tanto, se cumple con la condición 1:

$$1. \quad 4 \leq 16 \leq 18.5$$

Se debe cumplir también la condición 2:

$$2. \quad I_2 \leq 1.45 \times I_z = 26.825 \text{ A}$$

Para el cálculo de cortocircuito, se sigue la ITC-BT 22.

Por tanto, la protección contra cortocircuito queda como sigue:

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{10}{56 \times 6}} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \left(\frac{10}{56 \times 6} + \frac{5}{56 \times 2.5} \right)} = 1.756 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático bipolar:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 3.864 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (80 \div 160) \text{ A} \rightarrow 1756 > I_{ccmin} > 160 \text{ A}$$

Para la instalación eléctrica de interior en cuarto de baño se deben de tener en cuenta los diferentes volúmenes y en cuáles de ellos se van a instalar las tomas receptoras. En este

caso, la toma de corriente más cercana a la ducha, se halla a una distancia respecto del volumen 1 de 1286 mm, es decir, 1.286 m. Por tanto, se pueden clasificar dentro del volumen 3 ambas tomas de corriente. El grado de protección será IP X1. Se pueden instalar tomas de corriente siempre y cuando estén protegidas por corriente diferencial residual de valor no superior a 30 mA. En el CGMP se halla instalado un ID de alta sensibilidad.

2.3.2.3.- CONDUCTORES DE FASE Y PROTECCIÓN

Los conductores activos, como ya se ha descrito, serán de Cu, con las secciones correspondientes en cada caso extraídas de la ITC-BT-25, con tensión asignada de 450/750 V. Conductor unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 1 (-U) y aislamiento de policloruro de vinilo. Conductor tipo H07V-U.

Respecto a los conductores de protección, dado que las secciones de los conductores de fase no exceden en ningún caso 16 mm^2 , serán de la misma sección y aislamiento que los conductores de fase. $S_p = S_f$, excepto en los de la línea de alumbrado que será de 2.5 mm^2 .

Los conductores de protección, en la instalación de interior, estarán presentes en todos los circuitos (C1, C2, C3, C4, C5), conectándose en todos los contactos de tierra de todas las tomas de corriente. Todos los conductores de protección irán a una toma común que partirá hacia el CGMP y de ahí (derivación individual) hasta Caja de Protección y Medida (CPM) para conectarse a la toma de tierra principal.

2.4.- CÁLCULOS INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este apartado se detallan todos los cálculos realizados en la instalación solar fotovoltaica (secciones de los conductores, protecciones, caídas de tensión...) aplicando la normativa vigente descrita en el apartado 1.8. de la memoria.

2.4.1.- CONDUCTORES DE FASE Y PROTECCIÓN

En primer lugar se va a calcular los conductores de la parte de corriente continua, es decir, de los paneles fotovoltaicos al inversor. La intensidad máxima será la calculada en el apartado 1.7.2.1.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

$$I_{scm\acute{a}x} = 6.46 \times 2 = 12.92 \approx 13 \text{ A}$$

La intensidad de diseño es, por tanto, $I_d = 13 \text{ A}$; a partir de este dato se entra en tablas para obtener el dimensionado por el criterio térmico, tabla 1 (ITC-BT-19), donde se elige conductores de PVC (2 conductores F+N) aislados dentro de conductos-perfiles en montaje aparente:

$S = 2.5 \text{ mm}^2$ y la $I_{ADM} = 24 \text{ A}$. Supera con creces la intensidad máxima.

Dado que los cables de cadena van agrupados de 2 en 2, es decir, los cables de cadena de la Matiz 1 van juntos en el mismo tubo hasta la caja de distribución DC en la que se va a conectar, se debe aplicar un factor de reducción de la I_z de los conductores.

Por tanto, en un mismo tubo se encuentran 4 conductores. Siguiendo los factores de corrección de la Tabla A de la ITC-BT-19, el factor a aplicar es: 0.65.

Así pues, la I_z se reduce en un 65 %:

$$I_z' = I_z \times 0.65 = 24 \times 0.65 = 15.6 \text{ A}$$

La nueva intensidad admisible sigue siendo mayor que la $I_{scm\acute{a}x}$. Por tanto se mantiene la sección de 2.5 mm^2 .

Los siguientes cálculos corresponden con los conductores inversor-conexión a red:

$$\text{Si la } P = 4900 \text{ W es la potencia máxima, la } I_{m\acute{a}x} = \frac{P}{U \times \cos(\phi)} = \frac{4900}{230 \times 1} = 21.30 \text{ A}$$

Consideramos la $I_d = 1.25 \times I_{max} = 26.62 \text{ A}$. (ITC-BT-40).

Este conductor tendrá una sección de 4 mm^2 de Cu.

2.4.2.- CAÍDAS DE TENSIÓN

Los cálculos se realizarán de modo que se cumplan los criterios de caída de tensión. Entre el punto de generación y el de intercambio con la red del distribuidor, la caída de tensión será menor al 1.5%.

CAÍDA DE TENSIÓN PANELES-INVERSOR:

$$\Delta U = 2 \times R \times I_d \times \cos(\phi)$$

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

$\rho = 1/56$ para Cu; S es la sección en mm^2 . Para considerar pérdidas por temperatura $\rho = 0.023 \text{ } \Omega/\text{m}$.

$$\Delta U = 2 \times 0.023 \times \frac{15}{2.5} \times 10.34 = 2.85 \text{ V}$$

$$\Delta U(\%) = 2.85 \times \frac{100}{313.6} = 0.91\%$$

CAÍDA DE TENSIÓN INVERSOR-RED:

$$\Delta U = 2 \times R \times I_d \times \cos(\phi)$$

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

$\rho = 1/56$ para Cu; S es la sección en mm^2 . Para considerar pérdidas por temperatura $\rho = 0.023 \text{ } \Omega/\text{m}$.

$$\Delta U = 2 \times 0.023 \times \frac{4}{4} \times 23.2 = 1.0672 \text{ V}$$

$$\Delta U(\%) = 1.0672 \times \frac{100}{230} = 0.464\%$$

La caída de tensión acumulada desde los generadores hasta el punto de conexión a red es la acumulada en ambos tramos, por tanto:

$\Delta U_T = 0.91 \% + 0.464 \% = 1.374 \% < 1.5 \%$. Cumple con la normativa. En el caso que la caída de tensión superase el 1.5 %, la medida a adoptar sería aumentar la sección de los conductores.

2.4.3.- PROTECCIONES

En primer lugar se van a calcular las protecciones correspondientes a la parte de corriente continua:

-Protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos: se va a optar por proteger contra sobrecorriente y cortocircuito para que la instalación solar ofrezca mayor seguridad. Se va a proceder al cálculo frente a posibles cortocircuitos y sobreintensidades en la instalación solar fotovoltaica. Para ello se instalarán en zona fotovoltaica (en cubierta) 8 fusibles tipo gG normalizados según 60269-6, cuatro por cada matriz (F+N).

El dispositivo deberá cumplir las siguientes condiciones:

$$1.- I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$2. - I_2 \leq 1.45 I_z$$

I_B es la corriente de funcionamiento del circuito.

I_z corriente admisible del conductor.

I_n corriente asignada al dispositivo de protección, para los dispositivos de protección regulables I_n es la corriente de regulación elegida (I_r).

$$I_B = 6.4625 \text{ A}$$

$I_z = 24 \text{ A}$, se trata de conductores de Cu de 2.5 mm^2 aislados dentro de conductos-perfiles en montaje aparente.

Por tanto, el dispositivo de protección contra sobrecorrientes deberá cumplir que:

$$6.4625 \leq I_n \leq 24$$

Se va a elegir un calibre de $I_n = 16 \text{ A}$

Debe cumplir la condición 2; además, según IEC 60269-6, se debe cumplir también que $I_f = I_2 = 1.6 \times I_n$, donde I_f es la intensidad convencional de fusión del fusible en tiempo convencional:

$$I_f = 1.6 \times 16 = 25.6 \text{ A}$$

$$I_f = I_2 = 25.6 \text{ A}$$

Por tanto se comprueba si se cumple la condición 2:

$$I_2 \leq 1.45 \times I_z = 30.45 \text{ A. } I_2 \rightarrow 16 \leq 30.45 \text{ A. Sí cumple.}$$

Una vez conocidos los parámetros para la protección contra sobrecargas, se va a calcular la protección contra posibles cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{8}{56 \times 2.5}} = 2.854 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\acute{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{15}{56 \times 2.5}} = 1.522 \text{ kA}$$

Elección de fusibles: Fusibles Gg:

$$I_n = 16 \text{ A}$$

$$I_f = 25.6 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{ocm\acute{a}x} \times \text{numero p. serie} = 46.6 \times 7 \text{ V} = 326.2 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 2.854 \text{ kA}$$

$$I_{f5} < I_{ccm\acute{i}n} = 1.522 \text{ kA}$$

-Protección frente a sobretensiones: se van a instalar descargadores de tensión (varistores). Los dispositivos de protección contra sobretensiones son capaces de garantizar la protección frente a sobretensiones de origen atmosférico, debido a conmutación... En esta instalación se van a utilizar varistores de óxido de zinc. Se trata de dispositivos calificados como categoría 1.

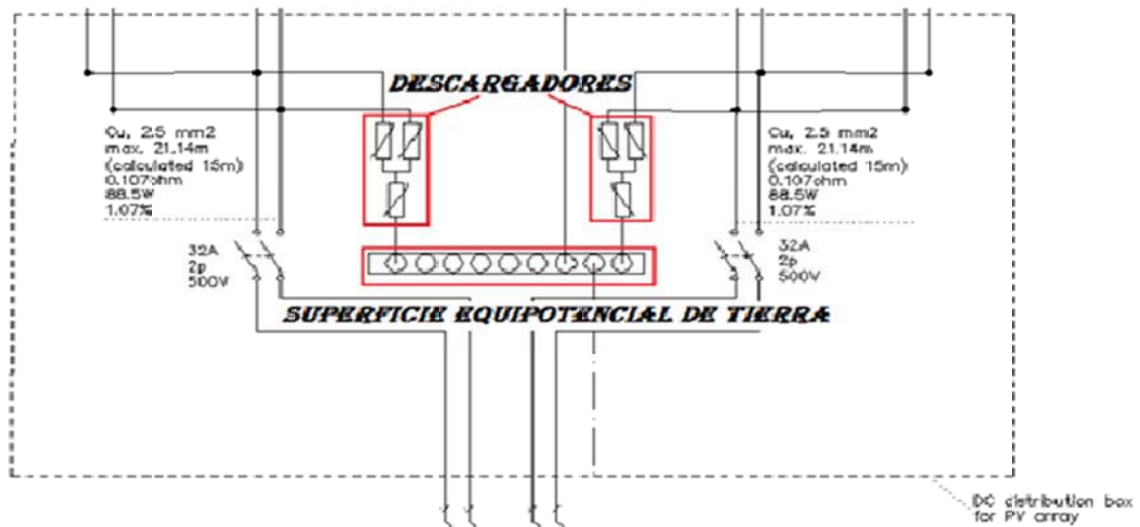
En este caso, U_p debe ser inferior a 1.5 kV, ya que se trata de Categoría I. $U_p \leq 1.5 \text{ kV}$.

Para determinar la U_c , consideramos la $U_{ocm\acute{a}x}$.

$$U_{ocm\acute{a}x} = 46.6 \times 7 = 326.2 \text{ V. Por tanto, la } U_c \text{ debe ser mayor o igual a } 326.2 \text{ V.}$$

Para la elección de I_n , los descargadores Tipo 2, tienen un valor mínimo de corriente nominal de descarga de 5 kA. $I_n = 5 \text{ kA}$.

Dichos descargadores se van a instalar dentro del cuadro de mando y protección DC de la instalación solar. Se conectarán a una superficie equipotencial conectada a tierra para garantizar un buen funcionamiento. En la imagen siguiente se puede observar la conexión:



-Seccionadores: Aunque el inversor lleve incorporado un seccionador, se va a proceder a instalar 2 seccionadores bipolares, uno para cada matriz conectada al inversor. Estos seccionadores serán de 32 A y de 500 V.

-Protección frente a contactos directos e indirectos: los medios de protección contra contactos directos e indirectos se ejecutarán siguiendo las indicaciones en la norma UNE 20.460-4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

1. Protección por aislamiento de las partes activas
2. Protección por medio de barreras o envolventes.
3. Protección por medio de obstáculos.
4. Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Para la protección contra contactos directos, dado que $U_{ocmax} > 60 \text{ V} \rightarrow$ Todos los puntos de conexión deben estar provistos de conectores en sus extremos.

En esta instalación los cables PV deben tener doble aislamiento. Para ello se usarán conectores MC4 como en el inversor. Los cables de los paneles RISEN SYP175S-M $175W_p$ disponen de conectores MC4.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de alimentación encaso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales. Así pues también se protege contra contactos directos. El inversor protege frente a derivaciones a tierra en la parte DC.

En cuanto a las protecciones de la parte de AC de la instalación solar, son las siguientes:

-Protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos: para el inversor elegido se recomienda una protección de 32 A frente a posibles sobrecorrientes.

Protección frente a cortocircuitos:

$$I_{ccm\acute{a}x} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{i}n}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{4.5}{56 \times 4}} = 5.72 \text{ kA}$$

$$I_{ccm\grave{i}n} = \frac{U_f}{2 \times R} = \frac{U_f}{2 \times \frac{L_{m\acute{a}x}}{\rho \times S}} = \frac{230}{2 \times \frac{7}{56 \times 4}} = 3.68 \text{ kA}$$

Elección del interruptor automático unipolar:

$$I_n = 32 \text{ A}$$

$$U_{nominal} \geq U_{max} = 230 \text{ V}$$

$$I_{CN} > I_{ccm\acute{a}x} = 5.724 \text{ kA}$$

$$I_{ccmin} > I_a \text{ Curva C: } (5 \div 10) I_n = (160 \div 320) \text{ A} \rightarrow I_{ccmin} > 320 \text{ A}$$

-Protección frente a contactos directos e indirectos: Para la protección contra contactos directos e indirectos de la parte de AC, se instalará un dispositivo de protección diferencial que cumple con las siguientes condiciones:

El dispositivo de protección diferencial tendrá una sensibilidad de 30 mA, con una tensión nominal mayor de 230 V, intensidad nominal de funcionamiento mayor o igual que el interruptor automático colocado aguas arriba ($I_n \geq 32$ A); en este caso se colocará uno de 40 A tipo B.

La protección diferencial garantiza en todo momento la seguridad de las personas frente a posibles contactos directos o indirectos de las partes activas en el caso que se produzca un fallo de aislamiento en la parte DC o en la parte AC de la instalación solar. Con ello se garantiza la integridad física de las personas.

2.4.4.- PUESTA A TIERRA

Toda la instalación solar estará conectada a tierra con conductores de Cu de 6 mm^2 .

El conductor de protección del inversor se va a realizar con un conductor de Cu con aislamiento de PVC de $S= 6 \text{ mm}^2$.

Todas las masas AC deben conectarse a tierra mediante un conductor de protección

Todas las masas conectadas a un mismo dispositivo de protección deben estar conectadas a conductores de protección conectados a la misma puesta a tierra.

Los conductores de protección deben ser capaces de soportar la intensidad en caso de defecto.

El conductor neutro se debe abrir cuando se produzca un defecto.

El conductor de protección no debe pasar por el circuito magnético del dispositivo diferencial de protección.

2.5.- DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación se muestran los datos técnicos pertenecientes a los componentes utilizados en la instalación:

-PANELES SOLARES

-SEGUIDORES SOLARES

-INVERSOR

RISEN was founded in 1986 and started production of high quality solar cells and photovoltaic modules in 1999 according to ISO 9001:2000.

Risen's products are tested strictly and the quality is certified by the most respected international organizations like TÜV-Rheinland, RINA, UL and CE.

All products are delivered with positive tolerances up to +3% over rated power and detailed flash reports.

An international well known insurance group guarantees for the liability and quality of our products.



Technical data	RISEN SYP170S-M	RISEN SYP175S-M	RISEN SYP180S-M
Max. output (P _{max}) acc. to STC	170 W +3%	175 W +3%	180 W +3%
Mpp voltage (V _{mpp})	35,9 V	36 V	36,7 V
Mpp current (I _{mpp})	4,74 A	4,86 A	4,91 A
No-load voltage (V _{oc})	44,5 V	44,8 V	45 V
Short-circuit current (I _{sc})	5,12 A	5,17 A	5,32 A
Module efficiency	>13,23%	>13,62%	>14,01%
Temperature coefficient (P _{mpp})	-0,50 %/°C	-0,50 %/°C	-0,50 %/°C
Temperature coefficient (V _{oc})	-0,37%/°C	-0,37%/°C	-0,37%/°C
Maximum system voltage	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC
Cells	72 mono-Si	72 mono-Si	72 mono-Si
Cell dimensions	125 x 125 mm	125 x 125 mm	125 x 125 mm
Module dimensions (LxWxH)	1.580 x 808 x 35 mm	1.580 x 808 x 35 mm	1.580 x 808 x 35 mm
Weight	15 kg	15 kg	15 kg
Plug system	MC4	MC4	MC4
Connection cable	4,0 mm ² , 900 mm length	4,0 mm ² , 900 mm length	4,0 mm ² , 900 mm length



Warranties and Certificates

IEC 61215 TÜV Rheinland
IEC 61730 TÜV Rheinland

Product warranty 5 years.

Output warranty 25 years.

12 years on min. 90%;
25 years on min. 80% of rated output

Warranty back Insurance



All information is subject to final confirmation.

For further information www.risen-energy.de



ARRAY TECHNOLOGIES is the leading manufacturer of active solar tracking systems in the world, with all products manufactured in the USA. Utilities, corporations, small businesses, and homeowners all rely on Array's cost-effective, reliable and robust solar tracking and racking systems. For many years, Array's renowned residential products were marketed under the Wattsun brand name. The tradition of excellence continues as the Wattsun products are integrated into Array's DuraTrack and DuraRack product lines.

Visit arraytechinc.com for more information and a list of installers.

Array Technologies Inc.

- 3901 Midway Place NE
Albuquerque, NM 87109 USA
- +1 505.881.7507
+1 855.TRACKPV (872.2576)
- +1 505.881.7572
- residentialsales@arraytechinc.com
commercialsales@arraytechinc.com
- arraytechinc.com

Get moving to maximize power

Get up to 25% more power from your PV system by using the DuraTrack™ HZLA*. This single-axis tracker uses a single drive and motor to move all your modules from East to West, following the sun from sunrise to sunset to maximize power production.

FLEXIBLE SYSTEM

Need more power? Put together multiple DuraTrack HZLA trackers laid out in long or short rows to fit your property's shape. The HZLA's design reduces shading when adding additional trackers to increase system size.

FAST AND EASY TO INSTALL

A universal mounting system accommodates almost any type of module and DuraTrack™ high-speed mounting clamps make installation fast. The DuraTrack HZLA requires only commonly available materials for its foundation and columns.

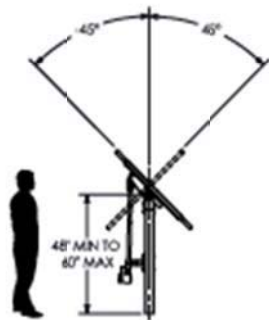
STURDY AND RELIABLE

The DuraTrack HZLA is built to last of galvanized steel and anodized aluminum components. The DuraTrack HZLA is rated to 90mph wind loading and has been proven to stand up to high winds and harsh environments while providing maximum efficiency.

LOW MAINTENANCE

The dry-slide bearings require no lubrication. Just clean your modules regularly to maximize your energy production.

*Annual average compared to fixed rack installation.



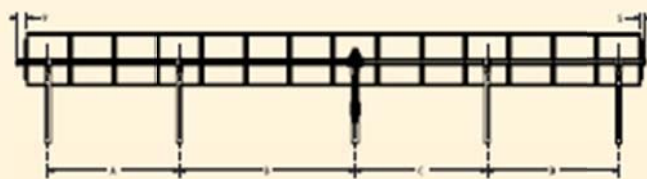
DURATRACK™ HZLA

Large utility companies use solar tracking to increase their return on investment. You can also take advantage of Array's patented light-sensing technology to economically maximize your power harvest.

- 4kW + capacity
- Accommodates up to 16 standard 60-cell modules
- Single axis East to West tracking, 45° to 45°
- Motorized ball screw linear actuator gearing
- Patented light-sensing technology

STRUCTURAL & MECHANICAL SPECIFICATIONS	
System Installation and Specifications	
Tracking/Tracking Type	Horizontal Single Axis Tracker
Tracking range East – West	45° – 45°
Tracking range North – South	Fixed
Energy Gain vs. Fixed-Tilt Rack	Up to 25%, site specific
Module Configuration	12- 16 single standard 60 cell modules in portrait
Modules Supported	Most commercially available
Module Attachment	DuraTrack™ high-speed mounting clamps
Motion East – West	Heavy Duty Linear Actuator, 24 VDC Nominal
Motion North – South	None
Solar Tracking Method and Controls	Closed Loop Optical with Proprietary Control
Tracking Accuracy	+/- 2" standard, field adjustable
Night Time Return	Yes
Allowable Wind Load	IBC 90 MPH, 3 - second gust exposure C
Installation	
Materials	Corrosion resistant high-strength steel and anodized aluminum
Installation on (no welding required)	4 x 4" ID SCH40 steel pipe 1 x 5" ID SCH40 steel pipe
Typical Dimensions (based on standard 60 cell module)	
North – South	Depends on panel size
East – West	40' – 49' length
Height	4' – 5' poles plus half of panel height
Maintenance and General Information	
Required Maintenance	Dry-ride bearings no lubrication, regular cleaning of modules recommended
Warranty	10 year Limited Warranty
Made in the USA	Yes, with U.S. and Imported parts

DuraTrack and DuraRack are trademarks of Array Technologies, Inc.



Dimensions are module-specific. Please contact Array Technologies for more details.

Talk to your local Array installer for help designing a PV system that will maximize your power output and fit your needs.

NBR-144 DURATRACK HZLA REV 060313

Conext™RL single-phase grid-tie inverter

Flexible and efficient residential solar solution

The Schneider Electric Conext™ RL inverters are specially designed to maximize yields for a wide range of rooftops of detached houses and multiple dwellings. The rich MPPT features, high energy efficiency, partial shading algorithm and a wide temperature and voltage operating range enables you to maximize your ROI. Backed by Schneider Electric's global service infrastructure and expertise in energy management, the Conext RL series are the inverters you can trust for quality and reliability.

Why choose Conext RL?



True bankability

- Warranty from a trusted partner with over 177 years of experience
- World leader in industrial power drives, UPS and electrical distribution
- Strong service infrastructure worldwide to support your global needs



Higher return on investment

- Best in class conversion efficiency: 97.5% peak efficiency
- Broad operating range to harvest more energy (early mornings and late afternoons)
- Higher ROI with dual MPPT
- Shade tolerant MPPT algorithm designed to minimize the effect of partial shading on the energy output



Designed for reliability

- Robust design through rigorous Multiple Environmental Over Stress Testing (MEOST) and Temperature Humidity Bias (THB)
- IP65 compliant rugged, completely sealed unit to stand the harshest environmental conditions



Flexible

- Dual MPPTs with wide MPPT voltage range (160-500V*) to support multiple roof orientations
- Ability to support unbalanced arrays
- Local as well as remote monitoring options available to track PV plant performance



Easy to service

- No moving parts (e.g. fans) for low maintenance and increased uptime
- Easily replaceable communication card
- Integrated DC switch (optional)



Easy to install

- Compact unit that allows easy and fast mounting with included bracket
- Pluggable AC and DC connectors (MC4)
- Auto country/multilingual configurations



Available in 3, 4 and 5 kW

Product applications



Flat roofs



Multiple pitched roofs



Partial shading



Odd number of modules



Different orientation roofs (East - West)

* Full power MPPT voltage range for RL 3000E: 160-500V; RL 4000E/5000E: 180-500V

www.schneider-electric.com/solar

Schneider
Electric

Conext RL

Device short name	RL 3000 E	RL 4000 E	RL 5000 E*
Electrical specifications			
Input (DC)			
MPPT voltage range, full power	160 - 500 V	180 - 500 V	180 - 500 V
Operating voltage range	90 - 550 V	90 - 550 V	90 - 550 V
Starting voltage	100 V	100 V	100 V
Max. input voltage, open circuit	550 V	550 V	550 V
Number of MPPT	2	2	2
Max. input current per MPPT	10 A	12 A	18 A
Max. short circuit current per MPPT	13.9 A	16.7 A	25.0 A
Nominal input power for max. output	3.2 kW	4.2 kW	5.3 kW
Max. DC input power per MPPT	3.2 kW	3.2 kW	3.5 kW
DC connection type	MCA, 2 pairs (1+1)	MCA, 4 pairs (2+2)	MCA, 4 pairs (2+2)
DC switch	Integrated (optional)	Integrated (optional)	Integrated (optional)
Output (AC)			
Nominal output power	3 kVA	4 kVA	5 kVA
Nominal output voltage	230 V, single-phase	230 V, single-phase	230 V, single-phase
Isolation	Transformerless	Transformerless	Transformerless
AC voltage range	184 V - 276 V	184 V - 276 V	184 V - 276 V
Frequency	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Frequency range	50 / 60 Hz +/- 5 Hz	50 / 60 Hz +/- 5 Hz	50 / 60 Hz +/- 5 Hz
Max. output current	13.9 A	18.2 A	23.2 A
Total harmonic distortion	<3 %	<3 %	<3 %
Power factor (adjustable)	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag	0.8 lead to 0.8 lag
AC connection type	IP67 connector	IP67 connector	IP67 connector
Efficiency			
Peak	97.5%	97.5%	97.5%
European	97.0%	97.0%	97.0%
General specifications			
Power consumption, night time	<1 W	<1 W	<1 W
IP degree of protection	IP65 (electronics and balance)	IP65 (electronics and balance)	IP65 (electronics and balance)
Climatic category (per IEC 60721-3-4)	4K4+	4K4+	4K4+
Cooling	Natural convection	Natural convection	Natural convection
Enclosure material	Aluminium	Aluminium	Aluminium
Product weight	20.0 kg (44.1 lb)	21.0 kg (46.3 lb)	24.0 kg (52.9 lb)
Shipping weight	25.0 kg (55.1 lb)	25.0 kg (55.1 lb)	30.0 kg (66.1 lb)
Product dimensions (H x W x D)	42.0 x 48.0 x 16.0 cm (16.5 x 18.9 x 6.3 in)	42.0 x 48.0 x 16.0 cm (16.5 x 18.9 x 6.3 in)	44.5 x 51.0 x 17.7 cm (17.5 x 20.1 x 7.0 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	50.5 x 59.5 x 29.5 cm (19.9 x 23.4 x 11.6 in)	50.5 x 59.5 x 29.5 cm (19.9 x 23.4 x 11.6 in)	56.6 x 61.9 x 33.1 cm (22.3 x 24.4 x 13.0 in)
Ambient air temperature for operation	-20 to 65°C (-4°F to 149°F)**	-20 to 65°C (-4°F to 149°F)**	-20 to 65°C (-4°F to 149°F)**
Operating altitude	Up to 2000 m	Up to 2000 m	Up to 2000 m
Relative humidity	4 - 100% condensing	4 - 100% condensing	4 - 100% condensing
Noise emission (at 1 m distance)	<40 dbA	<40 dbA	<40 dbA
Features and options			
Embedded data logger	365 days		
Display	LCD 2-line 16 digits, 2 Buttons		
Communication interface standard/optional	RS 485, MODBUS / Ethernet (with built-in web server)		
Multifunction relay	Yes		
Warranty in years standard/optional	5 / 10		
Regulatory approvals			
Electrical safety	CE marked for the Low Voltage Directive EN / IEC 62109-1 EN / IEC 62109-2 AS3100/AS5033		
Grid interconnection	VDE-AR-N 4105, RD1699, CEI 0-21, G5&2, G83/1, UTE C15-712-1, AS4777, VDE 0126, EN50438, IEC 62116, IEC 61727		
Environmental	RoHS, REACH		
EMC	CE marked for the EMC directive 2004-108-EC Emissions: EN 61000-6-3 (residential) Immunity: EN 61000-6-2 (industrial)		
Available product variants			
Standard	PVSNVC3000 (RL 3000 E)	PVSNVC4000 (RL 4000 E)	PVSNVC5000 (RL 5000 E)
With integrated DC switch	PVSNVC3000S (RL 3000 E-S)	PVSNVC4000S (RL 4000 E-S)	PVSNVC5000S (RL 5000 E-S)
Monitoring accessories			
Local monitoring	Ethernet card (PVSCMC1105)		
Remote monitoring	Conext Monitor 20 (PVSCMC1123)		
Specifications are subject to change without notice. *4.6 kW for Germany ** -20°C cold start temperature.			

2.6.- PRODUCCIÓN ANUAL DE ELECTRICIDAD

En esta apartado se va a calcular, por medio de la base de datos PVGIS, la producción anual de electricidad generada (energía generada).

Para el cálculo de la energía generada por el sistema fotovoltaico correspondiente, conectado a la red, se utiliza la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{P_{\text{pico}} \times F_s \times G}{G_{\text{cim}}}$$

donde:

- G: recurso solar expresado en kWh/m²/día. Valor de la irradiación sobre el plano horizontal del generador, obtenido a partir de $\alpha = 0^\circ$ (Azimut) y con un eje de seguimiento.
- P_{pico}: es la potencia pico de la instalación solar, expresada en kW_p.
- F_s: es el factor de sombreado. Se considera igual a 1.
- G_{cim}: parámetro de conversión igual a 1 kW/m².

A partir del número de paneles a instalar, la potencia de cada panel y, por tanto, la potencia pico total de la instalación (4.9 kW_p), se han obtenido los siguientes resultados de energía diaria, mensual y anual para la instalación en Francia y también para su ubicación en España, en Castellón de la plana:

En Francia (Versalles):

MES	G (Wh/m2/día)	Ep (kWh/día)	Epmes (kWh/mes)
ENERO	1,24	6,07	188,35
FEBRERO	2,08	10,19	285,37
MARZO	4,02	19,69	610,63
ABRIL	6,57	32,19	965,79
MAYO	6,94	34,00	1.054,18
JUNIO	7,72	37,82	1.134,84
JULIO	7,33	35,91	1.113,42
AGOSTO	6,45	31,60	979,75
SEPTIEMBRE	5,15	25,23	757,05
OCTUBRE	2,91	14,25	442,02
NOVIEMBRE	1,44	7,05	211,68
DICIEMBRE	0,97	4,75	147,34
Promedio	4,40	21,56	657,53
Producción total	52,82		7.890,47

En España (Castellón de la Plana):

MES	G (Wh/m2/día)	Ep (kWh/día)	Epmes (kWh/mes)
ENERO	3,49	17,10	530,13
FEBRERO	4,85	23,76	665,42
MARZO	6,38	31,26	969,12
ABRIL	8,03	39,347	1.180,41
MAYO	8,87	43,46	1.347,35
JUNIO	9,92	48,60	1.458,44
JULIO	9,97	48,85	1.514,44
AGOSTO	8,75	42,87	1.329,12
SEPTIEMBRE	6,99	34,25	1.027,53
OCTUBRE	5,38	26,36	817,22
NOVIEMBRE	3,87	18,96	568,89
DICIEMBRE	3,2	15,68	486,08
Promedio	6,64	32,54	991,16
Producción total	79,7		11.893,96

3.- PLANOS

Los planos realizados en este proyecto son los siguientes:

- PLANO 1: DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA
- PLANO 2: DISTRIBUCIÓN INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
- PLANO 3: ESQUEMA UNIFILAR INSTALACIÓN ELÉCTRICA VIVIENDA
- PLANO 4: ESQUEMA UNIFILAR INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

4.- PLIEGO DE CONDICIONES

4.1.- NORMATIVA APLICABLE

El apartado 1.8 de la memoria contiene la normativa que se debe cumplir.

4.2.- CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

CONDUCTORES ELÉCTRICOS:

-Derivación individual:

Según ITC-BT-15, las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos de montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN-60.439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y contruidos al efecto.

Los conductores a utilizar serán de cobre, unipolares y aislados, siendo su nivel de aislamiento 450/750 V. Para el caso de multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de 0.6/1 kV. La sección mínima de los conductores será de 6 mm² para los cables polares, neutro y protección.

-Circuitos interiores:

Los conductores eléctricos empleados en la ejecución de los circuitos interiores serán de cobre aislado, con tensión nominal de aislamiento de 750 V. La sección de éstos viene determinada por la ITC-BT-19.

CONDUCTORES DE NEUTRO:

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas y de corriente continua, será según la ITC-BT-19 en su apartado 2.2.2., en instalaciones de interior, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios. La sección del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN:

Según la ITC-BT-26, en su apartado 6.1.2, los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos y su sección será la indicada según la ITC-BT-19.

Las conexiones de estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido o por piezas de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul para el conductor neutro
- Amarillo-verde para el conductor de protección

TUBOS PROTECTORES:

Los tubos deberán soportar sin deformación alguna, 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno y 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la ITC-BT-21, en su apartado 1.2.

SISTEMAS GENERADORES FOTOVOLTAICOS:

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente. El módulo llevará de forma claramente visible el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación. Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65. Los marcos laterales serán de aluminio o acero inoxidable. Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondiente valores nominales de catálogo. Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células. La estructura del panel se conectará a tierra. Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios para la desconexión.

ESTRUCTURA SOPORTE:

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve. Los puntos de sujeción de los módulos serán suficientes en número. La tornillería para la sujeción será realizada en acero inoxidable. Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no producirán sombras sobre los módulos. Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras.

INVERSORES:

Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día. Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

Principio de funcionamiento: fuente de corriente.

- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- Sistema anti-isla.

Los inversores cumplirán incorporarán las protecciones frente a:

- Cortocircuitos en alterna
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango
- Sobre tensiones, mediante varistores.
- Perturbaciones presentes en la red como microcortes, ausencia y retorno de la red, etc.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

Incorporará los controles como encendido y apagado general del inversor, conexión y desconexión a la interfaz de CA.

Las características eléctricas de los inversores son:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar del 10%.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0.5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0.95, entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar a red.

El grado de protección de los inversores será como mínimo de IP20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. El rango de operación de los inversores dependiendo de la temperatura irá de 0 °C y 40°C y entre 0 % y 85% de humedad relativa.

CABLEADO FOTOVOLTAICO:

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. La caída de tensión no debe ser superior de 1.5% en CC y en CA menor del 2%. Se incluirá toda la longitud de cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos y para no tener la posibilidad de engancharse por el tránsito normal de personas. El cable de CC será de doble aislamiento.

CONEXIÓN A RED:

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

MEDIDAS:

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 sobre medidas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

PROTECCIONES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

PUESTA A TIERRA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se justificarán los elementos utilizados para garantizar esta condición. Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección de continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra.

ARMÓNICOS Y COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA:

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el RD 1663/2000 sobre armónicos y compatibilidad electromagnéticas en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

4.3.- NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

COLOCACIÓN DE TUBOS:

El trazado de las canalizaciones se efectuará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación. Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial, tanto en techo como en paredes, se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será como máximo de 0.50 m. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios. Es conveniente disponer los tubos normales a una altura mínima de 2.5 m siempre que sea posible, para evitar daños mecánicos.

CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN:

Las conexiones entre conductores en el interior de la vivienda se van a realizar en el interior de cajas apropiadas de material aislante. Las dimensiones de estas cajas deben permitir alojar holgadamente todos los conductores que debe contener y su profundidad equivaldrá al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

Tal y como se indica en la ITC-BT-21, punto. 3.1, en las canales protectoras de grado IP4X éstas solo pueden abrirse con herramientas, y según la norma UNE-EN 50.085-1, se podrá realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismo.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA:

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia. Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de ellas.

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:

·Protección contra sobreintensidades: los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos, exceptuando los conductores de protección.

·Protección contra sobrecargas: los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas se utilizarán los fusibles calibrados o interruptores automáticos con curva térmica de corte.

·Protección contra cortocircuitos: debe preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que puede presentarse en el punto de su instalación. Como dispositivos de protección contra sobrecargas se utilizarán los fusibles calibrados o interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Se instalarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual de la vivienda del abonado. Se establecerá un cuadro de distribución de donde partirán los circuitos interiores y en el que se instalará un interruptor automático general que permita su accionamiento manual y que esté dotado de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local, y un interruptor diferencial destinado a la protección contra contactos indirectos.

PEQUEÑOS INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma UNE-EN 60898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V para los interruptores automáticos unipolares.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000, 15000, 20000 y 25000 A.

Las características de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Los interruptores deberán llevar visible la corriente asignada precedida de la característica de disparo instantáneo, el poder de corte asignado en amperios y la clase de limitación de energía. Los bornes destinados exclusivamente al neutro deben estar marcados con la letra N.

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DE BAJA TENSIÓN:

Son interruptores cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en CA y 1500 V en CC. Estos interruptores deberán estar marcados por la intensidad asignada y la capacidad para el seccionamiento.

FUSIBLES:

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma IEC 60269-6: 2012: Fusibles de baja tensión. Esta norma es aplicable a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna en los que la tensión asignada no sobrepase los 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250 A.

Éstos deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido diseñados.

INTERRUPTORES CON PROTECCIÓN INCORPORADA POR INTENSIDAD DIFERENCIAL RESIDUAL:

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán a la norma UNE-EN 61009.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 10, 30 A.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN:

- Deberán soportar la influencia de los agentes exteriores a los que estén sometidos con el correspondiente grado de protección.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible, contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo y cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomas una posición intermedia.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DE ORIGEN ATMOSFÉRICO:

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones en la instalación eléctrica de la vivienda.

Estos dispositivos deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En instalaciones con esquema TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS:

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos se ejecutarán siguiendo las indicaciones en la norma UNE 20.460-4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Para la protección contra contactos directos, dado que $U_{ocm\acute{a}x} > 60 \text{ V} \rightarrow$ Todos los puntos de conexión deben estar provistos de conectores en sus extremos.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de alimentación encaso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales. Así pues también se protege contra contactos directos. El inversor protege frente a derivaciones a tierra en la parte DC.

Este dispositivo diferencial deberá actuar en un tiempo de corte no superior a 5s.

Cualquier masa no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:

24 V en locales o emplazamientos húmedos o mojados.

50 V en el resto de casos.

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

R es la resistencia de puesta a tierra (Ohm).

V_c: Tensión de contacto

I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimos de la corriente de defecto, en a, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

INSTALACIONES EN CUARTOS DE BAÑO O ASEO:

La instalación se ejecutará según lo especificado en la ITC-BT-27. Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0.05 m por encima del suelo.
- Volumen 1: Limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2.25 m por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- Volumen 2: Limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0.6 m; y entre el suelo y el plano horizontal situado a 2.25 m por encima del suelo.
- Volumen 3: Limitado a una distancia de ésta de 2.4 m. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2.25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección será IPX7 y no está permitida la instalación de mecanismos. En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4; se utilizará IPX2 por encima del nivel más alto de un difuso fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de

hidromasaje y en baños comunes en lo que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4 se utilizará IPX2 por encima del nivel más alto de un difuso fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en lo que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. En el volumen 3 el grado de protección necesario será IPX5 en baños comunes en lo que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza.

Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivos de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA:

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección Se llevarán a cabo según la ITC-BT-18.

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que el valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta la ITC-BT-24.

Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga tienen que poder circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitudes térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de 2.5 mm^2 si disponen de protección mecánica y de 4 mm^2 si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección y de los conductores de tierra están definidas en la instrucción ITC-BT-18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. Las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección y de unión equipotencial principal.

Queda prohibido intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

4.4.- PRUEBAS REGLAMENTARIAS

COMPROBACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA:

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V, y como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

4.5.- CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un instalador autorizado o técnico competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Personal técnico competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

4.6.- CERTIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un instalador autorizado.

4.7.- LIBRO DE ÓRDENES

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

5.- ESTUDIO ECONÓMICO

5.1.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A continuación se detalla el presupuesto de la instalación eléctrica de la vivienda. También se incluye el precio con los electrodomésticos y alumbrado empleados en el prototipo de vivienda eBRICKhouse:

DESCRIPCIÓN		UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	PRECIO TOTAL (€)
PROTECCIONES	ICP.M C60N 1P+N 25A	1	65,28 €	65,28 €
	iID 2P 40A 30mA AC	1	183,62 €	183,62 €
	iK60N 1P+N 32A C	1	49,98 €	49,98 €
	iK60N 1P+N 10A C	1	21,13 €	21,13 €
	iK60N 1P+N 16A C	5	21,50 €	107,50 €
	iK60N 1P+N 25A C	1	22,56 €	22,56 €
	iPRF1 12.5r 1P+N 350 V	1	267,70 €	267,70 €
	C120N 2P 63A C 10000A 415V MINIATURE	1	161,69 €	161,69 €
	VIGI C120 125A 2P 300 MA A ADAPTABLE RES	1	470,82 €	470,82 €
	Fusible gG DF3 FN63 y portafusible	1	48,01 €	48,01 €
CAJA PARA ICP Y CGMP		1	30,01 €	30,01 €
CPM (CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA)		1	365,95 €	365,95 €
OTROS (CABLEADO, CAJAS EMPALME, TUBOS DE PROTECCIÓN, BORNEROS...)		1	884,92 €	884,92 €
PRECIO TOTAL (IVA incluido)				2.679,17 €

PRECIO TOTAL CON ELECTRODOMÉSTICOS DE GAMA ALTA A++ E ILUMINACIÓN LED (IVA INCLUIDO)	9.879,17 €
---	-------------------

5.2.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

En este apartado se desglosa el presupuesto de la instalación fotovoltaica:

DESCRIPCIÓN		UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	PRECIO TOTAL (€)
PROTECCIONES	iC60N 2P 32A C	1	70,65 €	70,65 €
	iID 2P 40A 30mA AC	1	183,62 €	183,62 €
	iPRD40r 600DC	2	268,02 €	536,04 €
	Seccionador 500 V DC	2	65,97 €	131,94 €
	Fusible gG DF2 CN16 y portafusible	8	21,08 €	168,64 €
PANELES RISEN ENERGY 175SYP-S-M		28	166,67 €	4.666,67 €
INVERSOR CONEXT RL 5000 E-S		1	1.679,19 €	1.679,19 €
SEGUIDORES SOLARES DURA TRACK HZLA		4	1.985,74 €	7.942,96 €
CAJA DISTRIBUCIÓN DC FOTOVOLTAICA		1	365,95 €	365,95 €
CAJA DISTRIBUCIÓN AC FOTOVOLTAICA		1	274,67 €	274,67 €
CAJA FUSIBLES PANELES		4	13,42 €	53,68 €
INTERCABLEADO DE MÓDULOS Y CABLEADO HASTA PUNTO DE CONEXIÓN A RED		1	225,41 €	225,41 €
OTROS (BORNEOS, CONECTORES MC4...)		1	90,04 €	90,04 €
PRECIO TOTAL (IVA incluido)				16.389,46 €

5.3.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

En primer lugar se va a calcular el Presupuesto de Ejecución Material (PEM):

El PEM es la suma de los presupuestos parciales del proyecto, representa el coste del objeto del proyecto y corresponde con el precio que le cuesta al contratista ejecutar la obra. Este proyecto tiene 2 presupuestos parciales (PP1 es la instalación eléctrica de la vivienda, sin electrodomésticos, y el PP2 corresponde con la instalación fotovoltaica, ambos sin IVA):

Presupuestos Parciales	PEM
PP1	2.116,54 €
PP2	12.947,67 €
TOTAL PEM	15.064,21 €

Para calcular el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), primero hay que considerar unos gastos generales entorno al 13% del PEM, aparte del 6 % de beneficio industrial. De esta manera se obtiene el Parcial PEC:

	PARCIAL PEC
PEM	15.064,21 €
13% PEM (GASTOS GENERALES)	1.958,35 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL (6% PEM)	903,85 €
TOTAL	17.926,41 €

Con todo ello, el PEC asciende a:

	PEC
PARCIAL PEC	17.022,56 €
21% IVA	3.574,74 €
TOTAL	20.597,30 €

El Presupuesto de Ejecución por Contrata del diseño de la instalación eléctrica y solar fotovoltaica del prototipo Solar Decathlon Europe 2014 de la Universitat Jaume I, asciende a la cantidad de VEINTE MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS (20.597,30 Euros).

5.4.- PERIODO DE RETORNO (PR)

El Periodo de Retorno (PR) es el número de años en los cuales se recupera la inversión realizada; en este caso se considera tanto la instalación eléctrica como la instalación solar fotovoltaica del prototipo éBRICKhouse, para su emplazamiento en Castellón de la Plana. Para ello se ha tenido en cuenta el precio de la energía con un aumento del 1% anual (tarifa regulada subgrupo b.1.1; se considera también que el precio de la energía no varíe), la energía generada anual, el tiempo de vida de la instalación solar (aproximadamente unos 25 años con un deterioro del 80% respecto del primer año), la energía consumida anual, en torno a 6683 kWh/año y el beneficio promedio anual teniendo en cuenta la actualización de los beneficios de cada año respecto del año de referencia.

El periodo de retorno (PR) es el tiempo en el que se recupera la inversión realizada. Para ello se debe saber la inversión total (PEC) y el beneficio promedio anual actualizado durante la vida útil de la instalación, ya que el PR es el cociente entre ambos términos:

$$PR = \frac{INVERSIÓN\ TOTAL}{BENEFICIO\ ANUAL}$$

Así pues, consideramos dos casos:

CASO 1: con incremento del precio de la energía del 1% anual.

CASO 2: sin incremento del precio de la energía.

En el caso 1, considerando que la venta de energía sea cada año más premiada, el periodo de retorno es de 7.63 años. Por tanto, la instalación estaría amortizada entorno a los siete años y medio.

En el caso que el precio de la energía no varíe, caso 2, el periodo de retorno aumenta en 1 año respecto del caso 1, siendo éste de 8.58 años.

Lo que hace que el periodo de retorno sea superior a 5-6 años, son los seguidores solares, ya que el precio es bastante mayor que utilizando estructuras fijas; no obstante, con seguidores se obtiene mayor energía en horas de menor radiación, lo que supone una gran ventaja respecto a los sistemas convencionales fijos.